

29
2010



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

VIA ELASTICA

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A:
JULIO CESAR CORTES LIRA

ASESOR: ING. RAFAEL ABURTO VALDEZ



MEXICO, D. F.

1994

**TESTS CON
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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
60-I-070

SR. JULIO CESAR CORTES LIRA
Presente

En atención a su solicitud, me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor Ing. Rafael Aburto Valdés, y que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de ingeniero civil:

"VIA ELASTICA"

- I. INTRODUCCION
- II. DIFERENCIAS ENTRE VIA ELASTICA Y VIA CLASICA
- III. ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA VIA ELASTICA
- IV. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIA ELASTICA
- V. CONCLUSIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Coordinación de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de esta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que se deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar examen profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Ciudad Universitaria a 30 de abril de 1987.
EL DIRECTOR

DANIEL RESENDIZ NUÑEZ

DEDICATORIA:

Quiero expresar, mi agradecimiento, a todos aquellos que de alguna manera me ayudaron en le desarrollo y que desinteresadamente me apoyaron en todo el transcurso de mi carrera profesional.

Así pues, le doy gracias a mi padre Ingeniero Ramiro Cortés Lozano (QEPD) por sus enseñanzas y consejos a lo largo de mi vida. A mi madre, Sra. Longina Lira Colín, quien con su -- apoyo y cariño me supo sacar adelante.

Con gran amor, a los tres grandes cariños de mi vida: Marycarmen, Carolina, y Karen.

A mis amigos, Miguel Gual, Fernando Cortés, Ernesto Camacho, mis compañeros de generación, de ferrocarriles, y de BNCI

A toda mi familia, en especial a Guille, y a Pepe por su coraje en seguir adelante.

A Ricardo y a Ramiro, mis hermanos.

Por último a tres profesionales que me han guiado en el - transcurso de mi carrera profesional; Ing. Rafael Aburto Valdez Ing. Francisco Goroztiza P. y al Lic. Miguel Luis Anaya Mora.

A todos, Gracias.

INDICE

I. INTRODUCCION

- I.1. BREVE HISTORIA DEL FERROCARRIL
- I.2. NECESIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO

II. DIFERENCIAS ENTRE VIA ELASTICA Y VIA CLASICA

- II.1 BREVE DESCRIPCION DE VIA CLASICA
 - II.1.1. DURMIENTES DE MADERA
 - II.1.2. SISTEMAS DE FIJACION
 - II.1.3. RIELES
- II.2 ANALISIS COMPARATIVO

III. ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA VIA ELASTICA

III.1 OBRA ACCESORIAS

- III.1.1 CORTES Y TERRAPLENES
- III.1.2 CUNETAS Y CONTRACUNETAS
- III.1.3 ALCANTARILLAS
- III.1.4 METODOS DE SUBDRENAJE
 - III.1.4.1 CAPAS PERMEABLES
 - III.1.4.2 DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA
 - III.1.4.3 SUBDRENES INTERCEPTORES
TRANSVERSALES
 - III.1.4.4 DRENES DE PENETRACION TRANSVERSAL
- III.1.5 PUENTES
- III.1.6 TUNELES

III.2 BALASTO Y SUB-BALASTO

- III.2.1 DEFINICION
- III.2.2 PROPIEDADES
- III.2.3 MATERIALES
 - III.2.3.1 PIEDRA TRITURADA
 - III.2.3.2 RESIDUOS
 - III.2.3.3 GRAVA
 - III.2.3.4 GRAVA CIMENTADA
 - III.2.3.5 GRAVA DE RIO
 - III.2.3.6 ESCORIA

- III.2.3.7 GRANITO DESINTEGRADO
- III.2.3.8 CENIZAS
- III.2.3.9 ARENA
- III.2.3.10 CLASES DE BALASTO CON POCA VIA O NULA UTILIZACION

- III.2.4 REQUERIMIENTOS A.R.E.A. Y A.S.T.M
- III.2.5 COLOCACION DEL BALASTO

- III.2.5.1 DISTRIBUCION
- III.2.5.2 ELEVACION DE LA VIA
- III.2.5.3 CALZADA DE LA VIA

III.3 DURMIENTES DE CONCRETO

- III.3.1 HISTORIA DE LOS DURMIENTES DE CONCRETO
- III.3.2 ESTADISTICAS A NIVEL MUNDIAL
- III.3.3 DESCRIPCION DE LOS DISTINTOS TIPOS DE DURMIENTES DE CONCRETO
- III.3.4 ANALISIS, DISEÑO Y COMPORTAMIENTO DE LOS DURMIENTES DE CONCRETO.

- III.3.4.1 DEFINICION DE LA CARGA RODANTE
- III.3.4.2 CARGA COOPER E72
- III.3.4.3 COMPORTAMIENTO DINAMICO DE LA VIA
- III.3.4.4 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLEXIONANTES

- III.3.5 FABRICACION DEL DURMIENTE DE CONCRETO
- III.3.6 ENSAYES AL DURMIENTE DE CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD

- III.3.6.1 ENSAYES
- III.3.6.2 ENSAYES AL INSERTO DEL SISTEMA DE FIJACION
- III.3.6.3 CONTROL DE CALIDAD

III.4 SISTEMAS DE FIJACION

- III.4.1 CONSIDERACIONES
- III.4.2 ENSAYES
- III.4.3 TIPOS DE FIJACIONES
- III.4.4 ESTUDIO DEL SISTEMA DE FIJACION R.N.

- III.4.4.1 CONCEPTOS PRELIMINARES
- III.4.4.2 COLOCACION GRAPA
- III.4.4.3 CONSERVACION DEL SISTEMA DE FIJACION R.N.

III.5 RIELES

- III.5.1 DEFINICIONES
- III.5.2 BREVE HISTORIA DEL RIEL
- III.5.3 DIVERSOS TIPOS DE RIELES
- III.5.4 COMPOSICION QUIMICA DEL RIEL
- III.5.5 FABRICACION DEL RIEL
- III.5.6 DEFECTOS DEL RIEL
- III.5.7 COLOCACION DE LARGOS TRAMOS DE RIEL SOLDADO
 - III.5.7.1 DILATACION Y CONTRACCION
 - III.5.7.2 DEFINICION DE TEMPERATURAS
 - III.5.7.3 CONDICIONES PARA CONSTITUIR LOS "LRS"
 - III.5.7.5 PROCEDIMIENTO DE LIBERACION
 - III.5.7.6 CALCULO DE ALARGAMIENTO DE LOS "LRS"
- III.5.8 SOLDADURA ALUMINOTERMICA
 - III.5.8.1 INTRODUCCION
 - III.5.8.2 EJECUCION
 - III.5.8.3 INSPECCION Y ENSAYO A LAS SOLDADURAS ALUMINOTERMICAS.

IV. SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIA ELASTICA

- IV.1 CONSIDERACIONES
- IV.2 CONCEPTOS PRELIMINARES

- IV.2.1 PLANEACION
- IV.2.2 RECONOCIMIENTO Y LOCALIZACION
- IV.2.3 DEFINICION DE CURVAS

IV.3 DIVERSOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS

- IV.3.1 TENDIDO DE VIA
- IV.3.2 VARIEDAD DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS
 - IV.3.2.1 EMPLEANDO PORTICOS
 - IV.3.2.2 EMPLEANDO GRUAS Y PLATAFORMAS DE "LORRY'S"
 - IV.3.2.3 EMPLEANDO GRUA Y UNA COMBINACION DE PLATAFORMA
 - IV.3.2.4 EMPLEANDO PORTICOS FIJOS Y UN TRINEO
 - IV.3.2.5 SISTEMA CONSTRUCTIVO FRANCES
 - IV.3.2.6 SISTEMA SECMAFER

IV.4 CONSERVACION DE VIA ELASTICA

IV.4.1 INTRODUCCION

IV.4.2 NIVELACION MECANICA

IV.4.2.1 UNIDADES VIBRATORIAS

IV.4.2.2 CICLO AUTOMATICO DE CALZADO

IV.4.2.3 COMPRESION

IV.4.2.4 PROFUNDIDAD DEL CALZADO

IV.4.2.5 ALTURA DE LOS CABEZALES

IV.4.2.6 SEPARACION DE LAS PATAS

IV.4.3 SISTEMA DELTA

IV.4.3.1 LEVANTE Y NIVELACION

IV.4.3.2 NIVELACION EN CURVAS

IV.4.3.3 LEVANTE CONTINUO

IV.4.3.4 LEVANTE CON OBSTACULOS

IV.4.3.5 LEVANTE DISCONTINUO

IV.4.4 ALINEAMIENTO

IV.4.4.1 ALINEAMIENTO EN TANGENTE

IV.4.4.2 ALINEAMIENTO EN CURVA

IV.4.4.3 PRECAUCIONES

IV.4.5 REGULACION DE BALASTO

IV.4.6 COMPACTACION DE BALASTO

V. CONCLUSIONES

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

I.1 BREVE HISTORIA DEL FERROCARRIL

Ferrocarril es el nombre que se aplica a un sistema de transporte terrestre integrado por vías de dos carriles paralelos de acero, durmientes, balasto, subbalasto, terracerías y equipo - rodante que por dichas vías transita.

Inglaterra, país donde el proceso de industrialización tuvo avances importantes, fue el lugar donde la idea de transportar mercancías y gentes por medio de ferrocarril tuvo sus orígenes.

En realidad antes de 1600, carros de caballos, con ruedas de ceja, corrían por rieles de madera en las minas de Europa. Así para 1760, Abraham Darby, dueño de una fundidora en Inglaterra había logrado técnicas asombrosas. Su esposa escribió lo siguiente: "Ha hecho caminos con durmientes y rieles. Un carro con tres caballos acarrea tanto como 20 animales. En los últimos --- años se han tendido rieles de hierro vaciado. Tenemos en total cerca de 30 kilómetros de tales caminos. Las ruedas de hierro para estos carros creo que son invento de mi esposo."

James Watt, en 1765 había hecho de la máquina de vapor un instrumento más apto para la industria, soñaba con "aplicar la máquina de vapor al movimiento de carros de ruedas". La máquina

adecuada apareció en un carro de vapor en 1769 por Nicolás Cugnot, Ingeniero del ejército francés. A diferencia de la máquina de --- Watt, la de Cugnot, trabajaba por la fuerza directa de la elevada presión del vapor sobre dos pistones. El carro en sí impulsado por un sistema de trinquetes y retenes lograba dar algunas vueltas a una velocidad restringida. (unos tres kilómetros por hora), pero la potencia era excelente. El Gobierno Francés tenía otras precauciones por lo que Cugnot y su máquina maravillosa se perdieron en la indiferencia del olvido. Este fue el hecho más importante para el transporte terrestre desde el descubrimiento de la rueda. Por primera vez esta se movía en cualquier dirección por una fuerza que no era ni animal ni humana. Además cambiaba la función de la rueda. Hasta entonces había sido un medio pasivo para reducir la fricción entre la carga y la dura superficie de rodamiento, representada por los caminos.

Pero al hacer Cugnot, que su máquina transmitiera energía a las ruedas las convirtió en palancas que realmente movían la carga. Este es el principio básico del movimiento de trenes, automóviles y camiones hoy en día.

La invención de la máquina de vapor indujo a Ricardo -- Trevithick (1771, 1833) a diseñar una máquina de vapor montada sobre ruedas capaz de desarrollar fuerza suficiente para impulsar su propio movimiento. Con tal máquina se logró el 22 de febrero de 1804, arrastrar "10 toneladas de hierro, 5 vagones y 70 hombres".

Cuatro años después en una exhibición en Londres, Trevithick arrastró un carro de pasajeros mediante una locomotora. Fue el primer tren de pasajeros así como el de Pen-y-darran había sido el primer tren de carga.

En 1813 construyó Guillermo Hedley dos locomotoras de vapor para las minas de carbón de Wylam, las que dependían de su propio peso para la tracción por adhesión.

Jorge Stephenson tenía fama de ser el mayor experto en máquinas de vapor en 1813 en Killingworth. El éxito que alcanzó - Stephenson tuvo su máximo esplendor al construir en 1813 su primera locomotora. A su vez propuso la locomotora de vapor como medio de tracción para el ferrocarril de Stockton a Darlington. Este ferrocarril proyectado en 1818 e inaugurado el 27 de Septiembre de 1825, fue el primero que se destinó al transporte de pasajeros como servicio regular. Era de una sola vía de 61 kilómetros y contaba con apartaderos para dar paso cada 400 metros.

En el hemisferio occidental fue Juan Stevens llamado en los Estados Unidos "el padre de los ferrocarriles", quien obtuvo - en 1815 la primera concesión, en el Estado de Nueva Jersey para -- construir un ferrocarril. No logró conseguir dinero ni crédito. Gridley Bryant construyó en 1826 el ferrocarril de Quincy Mass. - E.U.A. Esta línea de 4.7 kilómetros era de tracción animal y se utilizaba para transportar granito desde canteras cercanas a Quincy hasta el río de Neponcet.

Aquí en México la historia del ferrocarril se remonta a 1837 cuando se otorgó la primera licencia para la construcción del Ferrocarril Mexicano, de Veracruz a México, a favor de don Francisco de Arillaga. Esta concesión pasó por diversas manos y en su construcción se trabajó constantemente, si bien con gran lentitud. Las guerras civiles y la intervención francesa no le afectaron; se continuó la construcción y se operaron los tramos concluidos. El Presidente Juárez inauguró el tramo México-Puebla en --- 1869 para que finalmente fuera inaugurada la línea México-Veracruz en 1873 por el Presidente Lerdo de Tejada.

Fue la primera troncal que se puso en operación a nuestro país y la distinguía el notorio carácter de canal de tráfico importador que aún conserva.

La carga que llega a Veracruz por vía marítima representa uno de sus más importantes renglones de ingreso.

Desde la administración del señor Sebastian Lerdo de Tejada, se dejó sentir una fuerte tendencia en pro del fomento de los ferrocarriles, si bien condicionada al deseo de que los propietarios fuesen mexicanos o empresas nacionales; a falta de --- ellos, los gobiernos de los estados. No se formuló un plan vial ni se estudiaron las necesidades del país, sino que ilusionados por el frenesí de otros, al igual que ellos, en México se iniciaron numerosas obras dispersas y anárquicas. Para 1899 se habían otorgado 222 concesiones de las que 145 se abandonaron.

La economía mexicana y la norteamericana, siempre unidas, aceleraron la construcción de los ferrocarriles bajo la presidencia de Porfirio Díaz.

En lo siguiente, compañías estadounidenses lograron tener concesiones del gobierno para construir líneas a lo largo del territorio mexicano con el propósito de conectarlas con líneas ferroviarias de Estados Unidos.

Así con esta política las líneas ferroviarias mexicanas servían principalmente para abastecer de minerales a los Estados Unidos.

Después de esta etapa tras de difíciles gestiones por parte del gobierno mexicano se formó en 1908 Ferrocarriles Nacionales de México. Así se evitó el monopolio estadounidense.

Para 1910 había el 75% de vías actuales. Conformando con esto, gran parte de la infraestructura ferrocarrilera de México.

Durante la revolución mexicana se utilizó para transporte de tropas el ferrocarril trayendo como consecuencia un gran deterioro de las vías existentes para esa época.

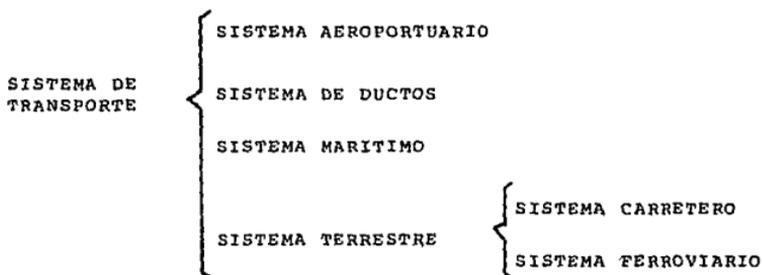
En consecuencia Ferrocarriles Nacionales de México tuvo la tarea de reconstruir las Vías dañadas. Junto a esta tarea se modernizó el sistema operativo de las líneas del sistema ferroviario.

I.2 NECESIDAD DEL SISTEMA FERROVIARIO

"Si no se hubiera inventado el ferrocarril, sería necesario inventarlo"

Mucho se ha hablado de que el ferrocarril se encuentra atrasado, de que es ineficiente, etc. Pero si alguna vez el ferrocarril se detuviera completamente, existiría un caos que nos reflejaría la necesidad del ferrocarril.

Los sistemas de Transporte quedan agrupados de la siguiente manera:



Dentro de los dos últimos, el transporte ferroviario juega un papel importantísimo en cuanto a carga pesada, ya que es más económico transportar carga de este tipo en cuanto a volumen como a distancia.

Las estadísticas nos muestran que en carreteras, se transportan el 95% de pasajeros y 70% de mercancías.

Ante estas perspectivas el ferrocarril tiene como meta descongestionar el volumen de transportación de las carreteras.

Para lograr estas metas Ferrocarriles Nacionales de México se ha propuesto aumentar su capacidad de transporte y también mejorar su servicio. Y a su vez, para lograr esto, se deben de modernizar los sistemas administrativos y operativos. También se debe de poner énfasis a los trabajos de conservación de vía, y capacitación del personal encargado de éste.

Lo anterior, conjuntado con una autosuficiencia financiera llevaría a Ferrocarriles Nacionales de México a un primer plano en cuestión de necesidad del sistema ferroviario.

Cabe citar que para que Ferrocarriles se modernice se debe de atender la posibilidad de renovar la vía tradicional con vía elástica, así como su construcción.

II DIFERENCIAS ENTRE VIA ELASTICA Y VIA CLASICA

Una de las maneras para catalogar si la vía elástica es económicamente factible, es comparándola con la vía tradicional o clásica.

Ahora bien, el objetivo siguiente es describir brevemente la vía clásica. La vía elástica se hablará ampliamente en los siguientes capítulos.

II.1 BREVE DESCRIPCION VIA CLASICA

La estructura de una línea férrea está constituida -- por rieles, sistema de fijación, durmientes, balasto, subbalasto y terracerías.

Así, para la vía clásica la estructura está compuesta por: rieles, clavos de fijación, durmientes de madera, balasto, -- subbalasto y terracerías.

Y para la vía elástica la estructura está compuesta -- por: rieles, sistema de fijación elástica, durmientes de concreto (monoblock o biblock), balasto, subbalasto y terracerías.

De lo anterior, vemos a simple vista que la diferen-- cia estriba en los elementos de fijación y durmientes.

A continuación describiremos los elementos de fija--- ción y durmientes para la vía clásica o tradicional.

II.1.1 DURMIENTES DE MADERA

El durmiente es un elemento que forma parte de la vía con el que se obtiene fijación, escantillón apropiado, alineamiento y nivelación adecuados, todo esto con el fin de que exista un -- apoyo para soportar el equipo rodante.

En el capítulo I se explicó el desarrollo de la vía férrea y en el mismo el durmiente de madera fue el pionero en cuanto a durmientes se refiere.

El durmiente de madera puede estar constituido por:

- a) Maderas blandas
- b) Maderas duras

Como ejemplos de maderas duras tenemos el roble, -- ébano, encino, cedro, etc. y como ejemplos de maderas blandas tenemos a todas las variedades de coníferas como el pino.

Las zonas madereras que en la actualidad se están -- explotando producen durmientes para los ferrocarriles del país, -- abasteciendo a las plantas de impregnación.

En la actualidad las entidades federativas donde es posible explotar madera, y en consecuencia pueden ser fuentes de provisión de durmientes para ferrocarril, son los siguientes: Tamaulipas, San Luis Potosí, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Campeche y -- Quintana Roo.

El durmiente de madera es severamente perjudicado -- por diversos parásitos y agentes del intemperismo. Entre los parásitos que se pueden mencionar se hallan las hormigas, hongos y en general gérmenes que atacan la madera; es decir, obtienen aire, temperatura y alimento adecuado. Los hongos se alimentan de la celulosa y de la lignina de la madera.

Esto, obviamente, reduce considerablemente la vida útil del durmiente. Pensando en esto, se le aplican tratamientos a base de preservativos.

La preservación de maderas se hace a base de procesos físicos y químicos que las protegen contra la acción destructora de agentes y parásitos.

Esta protección deberá de tener gran penetración al interior del tejido celular del durmiente. También debe ser capaz de soportar a la lluvia, sol y nieve. Por su grado de toxicidad debe rechazar el ataque de los insectos y hongos.

Las sustancias utilizadas para impregnación son:

Creosota,
Aceite Impregmol,
Cloruro de Zinc,
Acetato de Sodio,
Fluoruro de Sodio,
Cromato de sodio,
Pentaclorofenol, etc.

Ferrocarriles Nacionales de México usa en sus plantas de impregnación una mezcla de 40% de creosota y 60% de aceite impregmol.

La manera de impregnar el durmiente es la siguiente:

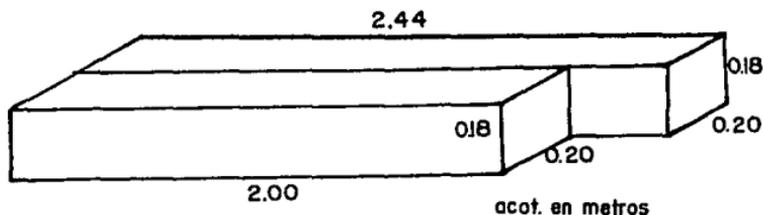
En una cámara de impregnación se entongan los durmientes de madera, se produce un vacío de 55 cm de Hg sosteniendo lo de 15 minutos a 1 hora. Se deja pasar aire comprimido y se mantiene la cámara a una presión de 70 a 80 lbs/pulg² manteniéndola de 20 a 30 minutos. Después se le inyecta el impregnante, aumentando la presión hasta 180 a 200 lb/pulg² manteniéndola durante el tiempo requerido.

Ya tratados los durmientes de madera están listos para ser instalados en la estructura de la vía férrea.

Las dimensiones de un durmiente de madera son:

VIA ANCHA:

18 cm de espesor
 20 cm de ancho
 2.44 m de largo
 (7" x 8" x 8')



VIA ANGOSTA:

18 cm de espesor
 20 cm de ancho
 2.0 m de largo
 (7" x 8" x 6 3/4')

El porcentaje de durmientes que en mal estado se -- pueden tener en cualquier vía férrea, para considerar que ésta se encuentra en condiciones aceptables no debe ser mayor al 10%. Se puede considerar que hasta con un 15% de durmiente malo, la vía - se encuentra en condiciones normales, pero por ningún motivo esto debe ser mayor al 20% en vías troncales.

Desde hace mucho tiempo se han tenido problemas para la adquisición de durmientes de madera debido primero a la resistencia sistemática de los proveedores para entregar las cuotas marcadas por la Ley, aduciendo que el precio autorizado es muy reducido, y segundo, a que las vedas decretadas en diversas regio--nes del país reducen las zonas de explotación y las alejan de los lugares de aplicación y de las plantas de impregnación. Esto ocasiona aumento en el costo del durmiente por lo que el problema para Ferrocarriles cada día se agrava más.

Se ha podido determinar que la Vida útil media de - un durmiente de madera es de 19.25 años en el sistema ferrocarrilero, por lo que se requieren 116 piezas por cada kilómetro al -- año. Considerando 25,861 km* de troncales y ramales en números - redondos se requerirían 2'999,876 durmientes al año necesarios para atender lo que se llama la conservación regular. Puede mencionarse que la vida útil del durmiente de madera se podría aumentar si se tuviera planeada debidamente la adquisición, impregnación, transportación y colocación de los mismos.

Las dimensiones del durmiente de madera antes mencionadas están en función del peso del tren que transita por la vía. La carga máxima, se presenta donde se apoya el riel. Es decir, el riel transmite la carga al durmiente íntegramente y éste a su vez la transmite al balasto. Por lo tanto, el durmiente debe ser lo suficientemente largo para distribuir el peso de la carga de manera uniforme al balasto y terraplén.

Un durmiente de madera pesa aproximadamente 80 kilogramos, lo que permite que 2 personas puedan maniobrar con él fácilmente. El espaciamiento de los durmientes de madera es de 50 cm de centro a centro. Obteniéndose en un kilómetro de vía 2,000 durmientes.

El durmiente de madera puede soportar y fijar tanto una vía con tramos de riel soldado, como una vía de riel ordinario. La primera implica clavos y placas metálicas como elemento de fijación y planchuela.

II.1.2 SISTEMAS DE FIJACION

El desarrollo del elemento de unión entre los dos rieles tuvo una evolución paralela a la evolución de la vía a través de los años. Así los primeros diseños fueron muy rudimentarios y consistían en poner bloques de madera atornilladas en los extremos del riel.

El actual elemento de unión entre rieles en vía tradicional o clásica se llama planchuela. Esta debe soportar cargas de alta intensidad. Pensando en estas altas cargas su diseño es meticulosamente determinado, llegando a establecer la forma final que ahora posee y de material de acero.

En la mayoría de las vías férreas del país los rieles tienen longitudes de entre 9 y 12 metros y se unen mediante planchuelas de 4 o 6 tornillos dependiendo del peso del mismo. Es decir, que al poner la planchuela la continuidad del riel se ve interrumpida. Cabe mencionar que una de las funciones de la planchuela es la de permitir contracciones y expansiones producidas por los cambios bruscos de temperatura.

La planchuela consta de tres partes principales:

CABEZA

ALMA

BASE

Las planchuelas por su forma pueden ser de solera o planas, de cordón y angulares.

Así, podemos formar el siguiente cuadro:

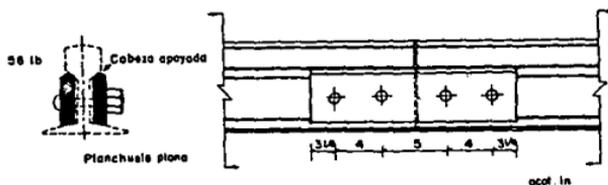
T I P O

I Solera o planas

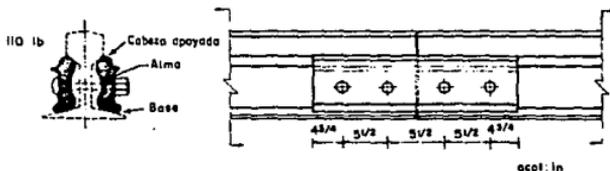
PLANCHUELA II Cordon

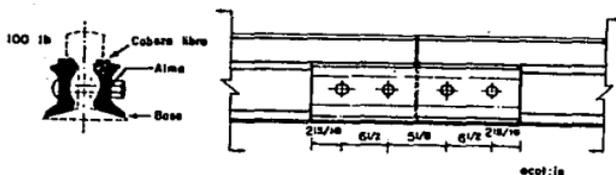
III Angulares.

Como ejemplo del tipo I tenemos la tipo Angular para un riel de 56 Lb.

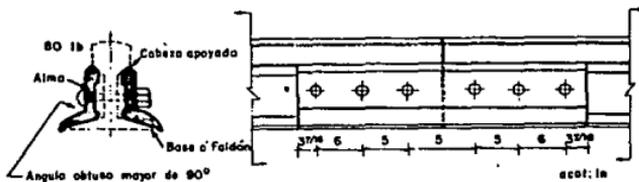
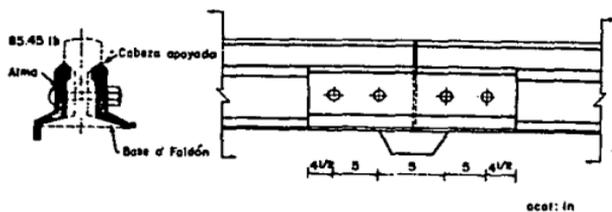


Las planchuelas del tipo II de cordón son una modificación de las del tipo I. Como ejemplo tenemos para un riel de 110 lb/yd de "cabeza apoyada" y de 100 lb R.E. de "cabeza libre".



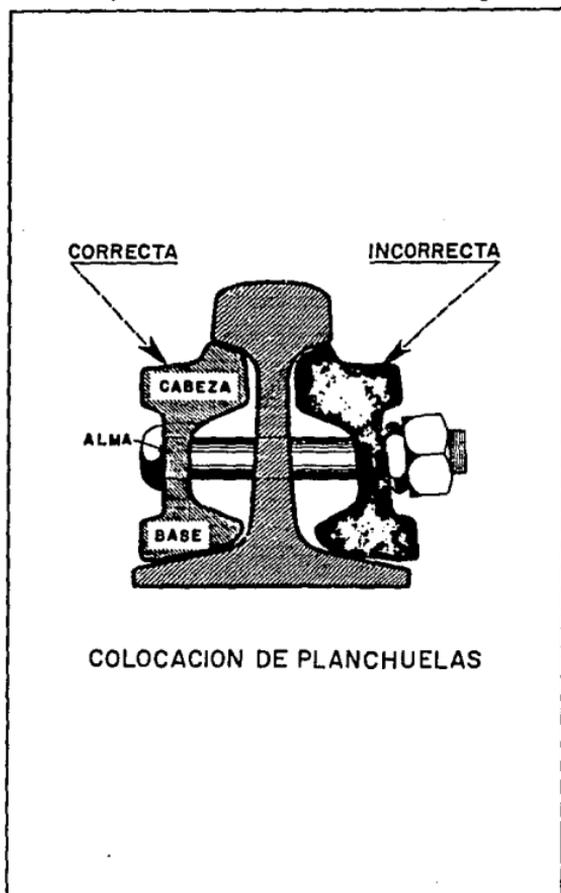


Las planchuelas del tipo III ó angulares se caracterizan porque la base forma un ángulo de más de 90° y la base tapa totalmente el patín del riel. Son de "cabeza apoyada".



La colocación de las planchuelas juega un importante papel dentro de la construcción de la vía férrea, ya que si es tán mal colocadas, éstas hacen que el riel no tenga la movilidad adecuada ante cambios bruscos de temperatura. Se debe tener en cuenta en los trabajos de supervisión de la vía férrea.

En la gráfica siguiente se observa como debe ser su colocación correcta, así como de los elementos que la componen.

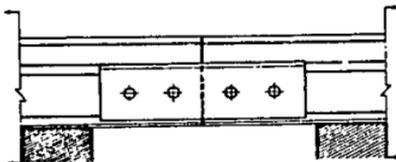


Al unir dos rieles por medio de una planchuela existen dos posibilidades:

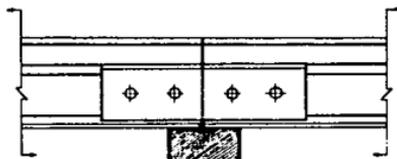
- a) que la junta quede suspendida.
- b) Que la junta quede apoyada.

En la primera, la junta se encuentra colocada entre dos durmientes.

En la segunda, la junta se encuentra apoyada en el durmiente.



JUNTA SUSPENDIDA



JUNTA APOYADA

Cuando por causas ajenas se tienen que unir dos rieles de diferente calibre las planchuelas anteriormente mencionadas quedan obsoletas. Así por ejemplo, si se quiere unir un riel de 56 lb con otro de 75 lb, nos enfrentamos ante un grave problema.

Aquí es cuando se utilizan las llamadas "planchuelas de compromiso". En la siguiente gráfica se observa lo anterior.



Planchuela de compromiso

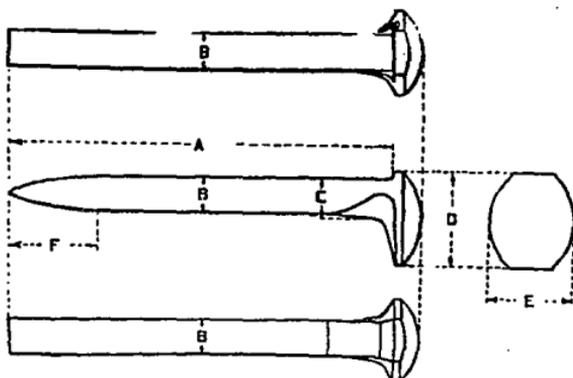
La sujeción entre riel y durmiente se logra gracias a los clavos de vía. El diseño de éste es tal que termina en punta para lograr separar las fibras de la madera sin cortarlas ni aplastarlas, dejando que la madera confine a la punta del clavo y así no permitir que el agua penetre por la ranura del clavo.

Existen diversidad de clavos dependiendo del calibre del riel. En la siguiente tabla I se observan las dimensiones del clavo.

Para la sujeción también se utilizan clavos con rosca y para utilizarlos se requiere perforar el durmiente con barrenos de diámetro menor para que el clavo con rosca al entrar no deje ningún espacio.

Para clavar cualquier tipo de clavos se debe utilizar una máquina especial para que se eviten los golpes diagonales que abocarden la entrada y reduzcan la fuerza de apriete.

CLAVOS DE FERROCARRIL



LARGO A	GRUESO B	GRUESO C.	CABEZA		LARGO F	Cantidad aproximada en un cuñete de 100 kg	Usado para riel de: (peso en lbs. por yarda)						
			LARGO D	ANCHO E									
Pulg./mm	Pulg./mm	Pulg./mm	Pulg./mm	Pulg./mm	Pulg./mm								
21½	64	3/8	10	3/8	10	1	25	3/4	19	3/4	19	1678 } 1422 } 1323 }	8—9
3	76	3/8	10	3/8	10	1	25	3/4	19	3/4	19		11—12
3½	89	3/8	10	3/8	10	1	25	3/4	19	3/4	19		14—16
3½	89	1/2	13	9/16	14	1¼	32	11/16	27	7/8	22	684	20
4	102	1/2	13	9/16	14	1¼	32	11/16	27	1	25	662	25—30
4½	114	1/2	13	9/16	14	1¼	32	11/16	27	1	25	590	35
5	140	1/2	13	9/16	14	1¼	32	11/16	27	1	25	490	40
5½	140	9/16	14	5/8	16	17/16	37	11/8	32	11/8	29	374	45—100

El tirafondo es un elemento de unión que se utiliza especialmente para maderas blandas. Como ejemplos tenemos los siguientes:



Tirafondo con grapilla de acero



Tirafondos de fijación para durmiente de madera

Aparte de los elementos antes mencionados, tenemos a la placa de asiento para riel. Estas se utilizan especialmente en curvas donde la acción del riel sobre el durmiente de madera ejerce una gran fuerza cortante haciendo que el durmiente de madera se preserve más tiempo.

En efecto, es en las curvas donde todo el sistema de fijación está expuesto a una fuerza lateral que tiende a volcar al riel y el riel a su vez trata de extraer el clavo en 1.2 y 1.5 Ton. por eje de rueda.

Los esfuerzos a los que está sometido el sistema de fijación:

El A.R.E.A. (American Railway Engineering Association) dictamina que la planchuela debe tener como resistencia --- 10,000 lb/pulg² esto equivale a 7,084 kg/cm² y como esfuerzo de fluencia 70,000 lb/pulg² y equivale a 4,959 kg/cm².

Así también dictamina el A.R.E.A. los momentos resistentes para las diferentes planchuelas según el riel.

TIPO	MOENTO RESISTENTE (Pulgadas-Libra)
90 RA	299,700
100 RE	360,900
115 RE	382,500
132 RE	508,500
140 RE	585,000

II.1.3 RIELES

Primero definiremos que el riel es una barra perfilada de acero laminado, que se utiliza en las vías de ferrocarril para sustentar y guiar al equipo móvil.

Más adelante veremos las partes constituyentes del riel, por ahora sólo diremos que el riel utilizado para la vía clásica es el riel ordinario.

El riel ordinario es el que tiene una longitud que varía entre los 33' (10.0584 m) y 39' (11.8872m) de cualquier calibre y que para formar la vía se unen entre sí por medio de planchuela.

La vida útil del riel para la vía clásica se ve mermada debido al constante golpeteo que sufre por parte de las ruedas del equipo rodante. Este golpeteo es causado debido a la separación que hay entre riel y riel.

Al igual que en el equipo rodante este impacto tiene efectos negativos en el riel dada su repetición, la geometría de sus extremidades sufre cambios hasta el punto en que se vuelve inoperante. El choque va desgastando las extremidades del riel -- de tal manera que lo vuelve también inoperante.

Los esfuerzos a los que está sometida la vía clásica se ven aumentados debido a la fuerza de impacto que produce el golpeteo antes mencionado. La vía clásica presenta en el riel -- una concentración de esfuerzos en las extremidades generadas por las fuerzas de impacto.

II.2 ANALISIS COMPARATIVO.

Hasta ahora hemos hablado de la vía clásica y de -- sus elementos componentes. Se supone que para analizar cuál de -- los dos tipos de vías es conveniente, se debe estudiar la vía --- elástica. Pero será tema de estudio en los capítulos posterior-- res.

C U A D R O C O M P A R A T I V O

VIA CLASICA

Gastos de conservación mayores
Baja vida útil de riel
Método de fijación (clavos) ineficaz
Vida útil del durmiente (madera) baja
Confort para los pasajeros escaso
Velocidades equipo rodante bajas
Conservación mayor
Bajo costo por durmiente
Bajo costo por patentes
Durmientes expuestos a materia orgánica

VIA ELASTICA

Gastos de conservación menores
Alta vida útil de riel
Método de fijación (elástica) ineficaz
Vida util del durmiente (concreto) alta
Confort para los pasajeros ideal
Velocidades equipo rodante altas
Conservación menor
Alto costo por durmiente
Alto costo por patentes
Durmientes inmunes a materia orgánica

La comparación entre los dos tipos de durmientes -- (concreto y madera) puede quedar definida por la relación obtenida de El Cembureau de Suecia.

VENTAJAS DEL DURMIENTE DE CONCRETO RESPECTO *
AL DURMIENTE DE MADERA

- a) Gran peso, lo que es favorable para la permanencia y estabilidad de la vía.
 - b) Reducción de los esfuerzos y consecuentemente de la deformación de los rieles.
 - c) Excelente ubicación de los rieles y mantenimiento del calibre de la vía.
 - d) Resistencia al intemperismo
 - e) Invulnerabilidad al ataque de organismos animales y vegetales.
 - f) Posibilidad de producción ilimitada.
 - g) Costo sin fluctuaciones, producto de la escasez y la especulación, analizable con precisión
 - h) Vida útil de más de 50 años (comprobada)
 - i) Recorrido de vía más silencioso y reducción de posibilidad de descarrilamiento.
 - j) Aumento de vida útil del material rodante y de los rieles.
 - k) Reducción del 4% en el uso de combustible.
-

La Asociación de Ferrocarriles Franceses aclara la necesidad de vía elástica en los siguientes puntos:

- a) La vía elástica solamente se justifica en tramos de muy alto tráfico y de alta velocidad

- b) La duración de los rieles y de los durmientes debe ser casi igual y debe tenerse presente que al soldar riel su vida se incrementa en un 50%.
- c) Para soldar riel sobre durmiente de madera el radio mínimo debe ser de 800 metros y deben tenerse diferencias extremas de temperaturas no superiores a 80 grados; el balasto debe ser abundante, cuidadosamente conservado y no hacer trabajo de conservación de vía cuando la temperatura sea superior a la de su instalación; es siempre aconsejable aumentar el número de durmientes por kilómetro.
- d) La calidad de los rieles y la calidad de sus soldaduras deben ser excelentes; el durmiente de concreto por su mayor peso, presenta mayor seguridad a los esfuerzos laterales; estos esfuerzos laterales pueden compensarse escogiendo una temperatura neutra de instalación más elevada, de manera de tener siempre más esfuerzo de tracción que de comprensión.
- e) La vía moderna es totalmente incompatible con la vía clavada, las fijaciones deben tener un apriete de 1.5 toneladas en durmientes de madera y de 2.5 toneladas tratándose de durmientes de concreto.
- f) Si aumenta la producción del durmiente de concreto su precio baja y si aumenta la producción del durmiente de madera su precio sube.
- g) Cuando sólo se dispone de durmiente de duración corta o incierta, no debe construirse vía elástica.

Las anteriores consideraciones fueron dictadas en el año de 1966 para las necesidades de aquellas épocas en Francia.

Cabe aclarar que en Francia y en toda Europa la carga - por eje es de 20 toneladas, mientras que en E.U.A. y en México es de 30 toneladas por eje.

III ELEMENTOS DE LA SUPERESTRUCTURA DE LA VIA ELASTICA.

Los elementos con que consta un camino los podemos agrupar - en dos grandes grupos:

a) SUBESTRUCTURA

b) SUPERESTRUCTURA

La subestructura comprende obras accesorias como lo son:

Cortes y terraplenes

Alcantarillas

Cunetas y contracunetas

Drenes

Puentes y Túneles

Estas obras, cabe mencionar, son aplicables a cualquier camino.

La superestructura, específicamente para la vía elástica, - la comprenden los siguientes elementos:

Subbalasto

Balasto

Durmientes

Sistema de Fijación

Rieles

Ahora pues, describimos las obras accesorias.

III.1 OBRAS ACCESORIAS

III.1.1 CORTES Y TERRAPLENES

Estas obras son consecuencia del trazo geométrico de proyecto y de las especificaciones del mismo. En un camino de cualquier clase siempre se van a tener estas obras.

DEFINICIONES

Taludes: Se le conoce con el Nombre genérico de taludes - cualquiera superficies inclinadas respecto a la horizontal que haya de adoptar permanentemente las masas de tierra.

Ladera: Es cuando se produce un talud, en forma natural sin intervención humana.

Cortes: Cuando un talud es hecho por el hombre se le denomina corte. En éste se realiza una excavación en una formación férrea natural.

Taludes artificiales: Son los lados artificiales de los terraplenes.

Los cortes en una vía férrea constituyen el problema más complejo de geotecnia. En el presente trabajo nos concretaremos a mencionarlos únicamente, ya que el problema principal, su estabilidad, es tema que nos llevaría gran tiempo.

Los factores de que depende la estabilidad de un corte son:

a) Factores geomorfológicos

- a.1) Topografía de los alrededores y geometría del corte.
- a.2) Distribución de las discontinuidades y estratificaciones.

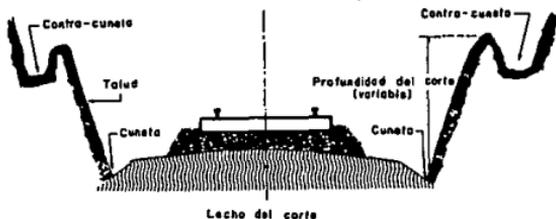
- b) Factores internos.
- b.1) Propiedades mecánicas de los suelos constituyentes.
- b.2) Estados de esfuerzos actuantes.
- c) Efectos climáticos, y concretamente, el agua superficial y subterránea.

De los factores antes mencionados, el ingeniero civil tiene pleno control y puede conocerlos perfectamente sobre los dos -- primeros. En cuanto al tercero (inciso c) el ingeniero tiene poco control. Este control se limita a saber sobre posibles cauces subterráneos, y en cuanto a el agua superficial sólo se tienen esta--dísticas.

Así entonces el problema que en cualquier camino se tiene es el de supervisar posibles tubificaciones provocadas por la acción del agua y que ponen en peligro la estabilidad del corte.

Para ejemplificar un corte disponemos de la siguiente figu

ra:



En el proyecto del trazo geométrico aparecerán cortes y terraplenes; así, cuando la línea pase por una sobreelevación se llamará corte y cuando pase por arriba del terreno natural se llamará terraplén.

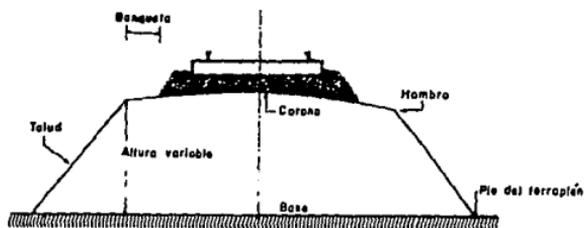
Al ejecutar un corte debemos tener especial cuidado en su profundidad, ya que si se tiene que emplear un corte muy profundo hay que analizar la posibilidad de construir un túnel.

La inclinación para cortes es variable según los factores mencionados antes. Pero por ejemplo se Pueden dar en roca sana inclinaciones de 1:4 o 1:5.

Como regla general en terrenos de buena calidad la inclinación es 1:1. En los de mediana calidad llegan hasta 3:2 y en los arcillosos se dan hasta 2:1.

Las cuadrillas de conservación debe tener cuidado en quitar rocas o piedras o materiales sueltos que presenten el peligro de caer a la corona de la vía. Si el tamaño de las piedras es tal que al removerlas pueda ocasionar desperfectos en la corona habrá que protegerla. También debe tener cuidado en cortes en tierra, - tendrá que mantenerse el talud con una vegetación tal que permita el libre escurrimiento del agua y a la vez evite la erosión del material y que éste sea acarreado a las cunetas.

El terraplén tiene la siguiente configuración:



La parte superior del terraplén se llama corona. Esta debe tener una forma curva con objeto de que el agua de la lluvia escorra por los lados y no se acumule. Es de vital importancia ya que se puede filtrar el agua formando bolsas de agua que al drenarse - pueden ocasionar hundimientos que ponen en peligro la vía.

A la formación curva de la corona se le llama "bombeo del terraplén".

En los terraplenes el problema es, como en los cortes, su estabilidad. Dos de los problemas principales son:

- Corrientes de agua al pie de la corona
- Escurremientos debidos al bombeo del terraplén.

El primero se controla desviando los cauces y lo segundo - se evita colocando en el talud del terraplén especies vegetales, - dependiendo su clase, del tipo de clima imperante en la región.

La cuadrilla de conservación debe tener especial cuidado - en las siguientes dimensiones reglamentadas:

- a) Ancho de la corona
- b) Ancho de la banqueta
- c) Conservar el ángulo de inclinación del talud.
- d) El funcionamiento correcto del bombeo del terraplén.

Es de vital importancia que el ancho de la corona sea el reglamentario, puesto que si el ancho no es el indicado pueden -- ocurrir deslaves de balasto que hacen que los durmientes queden en banda y se resquebrajen. Esto en un posible descarrilamiento de -- trenes puede resultar de consecuencias más fatales que las norma-- les, ya que no se cuenta con los anchos de banqueta reglamenta--- rios.

Para clasificar los estados de cortes y terraplenes se ha utilizado la siguiente clasificación:

En buen estado

En regular estado

En mal Estado

En buen estado se Puede decir que son aquellos cortes y te rraplenes que tienen la sección completa, que su drenaje trabaja - correctamente, que se encuentran debidamente compactados y que no presentan ningún problema ni peligro al paso de los trenes.

En regular estado son los que ya su sección no está completa, que el drenaje no funcione bien o que no se encuentran bien -- compactadas y que aunque no son un peligro inminente al paso de -- los trenes, si causan problemas para una operación ferroviaria eficiente.

En mal estado son los que no tienen su sección completa, les falta el drenaje o no se encuentran bien compactadas, por lo -- cual es necesario ejecutar trabajos de bastante consideración para dejarlas en buen estado ya que pueden significar un peligro al paso de los trenes.

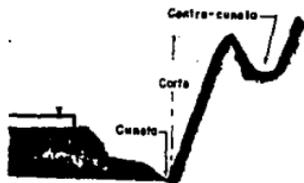
Los terraplenes pequeños o de grandes dimensiones siempre estarán presentes en las vías.

III.1.2 CUNETAS Y CONTRACUNETAS

Definición:

Se llaman cunetas a las zanjas de sección determinada construidas en uno o ambos lados de la corona de los cortes, destinadas a recoger y encauzar hacia afuera del corte el agua que escurre como efecto del bombeo de la superficie de la corona, así como la que escurre por los taludes de los cortes.

Se llaman contracunetas a los canales de sección y ubicación determinada que se construyen en las laderas del lado aguas -- arriba de una obra vial y que tienen por objeto impedir que el -- agua que escurre llegue a la obra.



El principal trabajo de conservación que se les da a las cunetas y contracunetas es su limpieza. Esta es primordial para un buen drenaje. Si se descuida este aspecto se corre el peligro de que se azolven y se obstruyan cunetas y contracunetas. Hay que poner especial cuidado para que la capa vegetal no invada cunetas ni contracunetas.

El diseño de cunetas se hace como cualquier diseño de canales. En este caso el canal es triangular. La pendiente de la cuneta debe ajustarse a las condiciones del lugar. Esta pendiente debe ser tal que sea lo suficiente pronunciada para que el agua no se estanque y produzca fango. Pero también no debe ser tan pronunciada porque las velocidades que alcanza el agua pueden ser altas y producir socavación.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes en su boletín de "Normas y Procedimientos de Conservación y Reconstrucción de Carreteras" dictamina que en ningún caso deberá permitirse que

una cuneta o contracuneta tenga azolve u otro obstáculo que ocupe más de un tercio de su profundidad. El material removido deberá depositarse dentro de los límites del derecho de vía a las alcantarillas.

Si las cunetas están hechas de mampostería se debe vigilar las infiltraciones de tal manera que no las haya.

Si por alguna razón la contracuneta pasa por alguna oquedad o grieta en el piso se debe de rellenar de concreto o mampostería. Esto, claro, se debe estudiar haciendo sondeos antes de construir la contracuneta, ya que si se construye una contracuneta con filtraciones pone en peligro la estabilidad del corte.

Las contracunetas deben tener una pendiente mínima de 0.3%.

Las cunetas también cuentan con este requisito y además deben tener como mínimo: 30 centímetros de ancho y deben de estar como mínimo 30 cm. bajo la subrasante dotada de taludes de acuerdo con el material del terreno y no podrá tener menos de 0.3% de pendiente.

III.1.3 ALCANTARILLAS

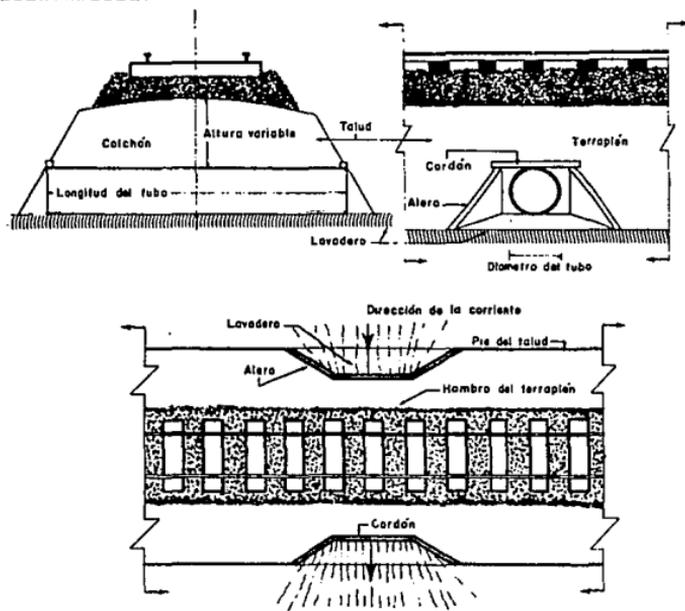
Definición:

Alcantarilla es una estructura de claro menor de 6 metros, con colchón o sin él, o mayor de 6 metros con colchón, que tiene por objeto permitir el paso del agua en forma tal que el tránsito en una obra vial pueda ser permanente en todo tiempo bajo condiciones normales o anormales imprevistas.

Toda vía férrea a lo largo de su tendido atraviesa accidentes topográficos como ríos, canales, riachuelos y pequeñas corrientes intermitentes. Para lograr drenar bajo la vía férrea estas corrientes se utilizan las alcantarillas.

Para evitar la socavación la alcantarilla se debe de construir con concreto, mampostería u otro material. Las alcantarillas se obstruyen por: arbustos, materia vegetal, piedras, etc. - para que no se obstruyan las alcantarillas deben de tener según sea el caso, desarenadores o cajas de azolve.

En la figura podemos apreciar las partes constituyentes de la alcantarilla.



Boquillas: Se construyen, a la entrada y salida del agua en las alcantarillas, de concreto, mampostería o de ladrillo.

Cordón: Se construye a fin de evitar que el material del talud caiga a la entrada de la alcantarilla.

Aleros: Evitar que el material caiga sobre la entrada de la alcantarilla. También encauzan el agua para proteger el terraplén para que no sea deslavado por la corriente.

Lavadero: Tienen como fin evitar la socavación a la entrada y salida de la alcantarilla, se construyen de mampostería o losas de concreto.

La Secretaría de Comunicaciones y Transportes establece - que la limpieza debe de efectuarse cada 6 meses. Una vez antes - de la temporada de lluvias y otra durante éstas. Esto con el fin de que en ningún caso lleguen a tener azolve u otro obstáculo -- que obstruya más del 20% del área de la sección transversal o que en altura sobrepase la tercera parte del claro vertical de la alcantarilla.

III.1.4 METODOS DE SUBDRENAJE

Uno de los principales enemigos contra los que el ingeniero se enfrenta es el agua subterránea. Esta es causa de que taludes fallen por derrumbe o deslizamiento. El agua proveniente de lluvias se infiltra en el suelo año tras año, logrando junto con las aguas de formación y magmáticas un presente peligro para la estabilidad de los taludes.

Así el agua subterránea se divide en:

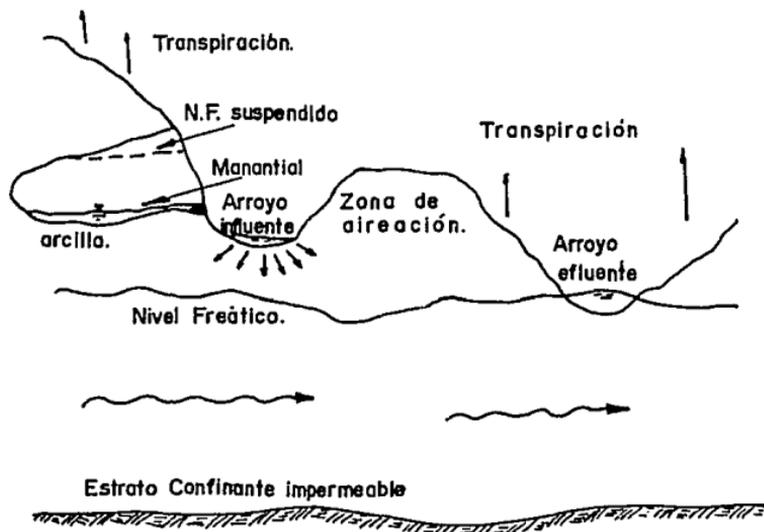
Agua meteórica; esta es caída de la atmósfera en forma de lluvia o Nieve.

Agua de formación; es la que ocupa los espacios entre sedimentos que quedaron en el fondo de los océanos y lagos, generalmente salada.

Agua magmática; es producto de la actividad volcánica, -- magmática o de la condensación de vapores derivados de magmas profundos. Esta es la más abundante.

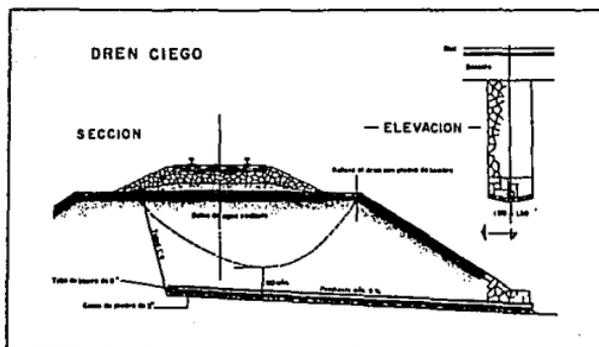
El agua subterránea puede almacenarse de varias maneras. La mayor parte se encuentra en los vacíos entre las partículas de suelo o en las cavidades, fracturas y fallas de las rocas; una parte menor puede formar ríos o lagos subterráneos.

FORMAS DE AGUA SUBTERRANEA.



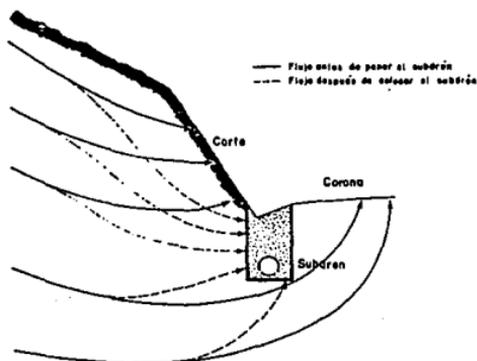
III.1.4.1 CAPAS PERMEABLES.

Es frecuente que en las vías férreas aparezcan grandes cantidades de agua; en estos casos puede ser útil la colocación de capas permeables bajo el terraplén. Estas capas son de espesor razonable que se colocan abajo del terraplén y están constituidas de material de filtro de manera que con ayuda de una pendiente transversal adecuada y de unas correctas instalaciones de salida puedan drenar el agua que se infiltre desde los cortes o cunetas o que ascienda por subpresión de niveles inferiores.



III.1.4.2 DRENES LONGITUDINALES DE ZANJA.

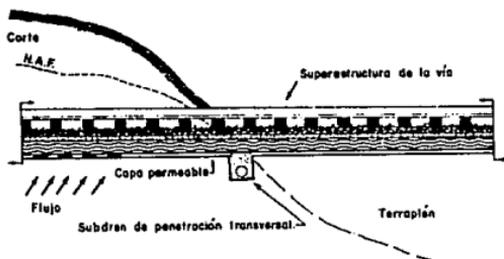
En las laderas es común que el agua freática fluya según la configuración de la superficie. Cuando en estas laderas se tenga que hacer una excavación (cortes) se producirá un flujo hacia la excavación que tenderá a saturar los taludes y las terracerías.



El subdrén consiste en una zanja de profundidad adecuada y que puede ser como mínimo de 1 a 1.5 m. provista de un tubo perforado en su fondo y rellena de material filtrante; el agua colectada por el tubo se desaloja por gravedad a algún bajo o cañada en - que su descarga sea inofensiva.

III.1.4.3 SUBDRENES INTERCEPTORES TRANSVERSALES.

Este depósito de drenaje es igual en principio a los subdrenes en zanja. Los distingue la dirección en los que se desarrollan, que ahora es normal al eje de la vía terrestre. Si no se coloca este subdrén interceptor podría suceder que el flujo de agua proveniente del corte entrase en el terraplén provocando en éste - asentamientos o deslizamientos.

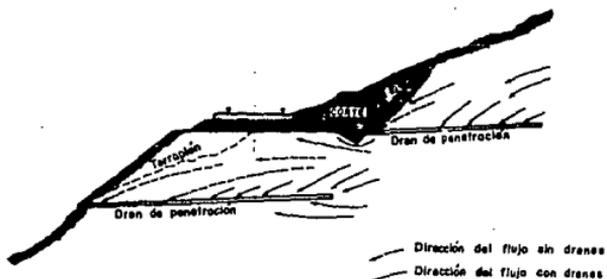


III.1.4.4 DRENES DE PENETRACION TRANSVERSAL.

Son instalaciones de subdrenaje que se utilizan específicamente para abatir del interior de los taludes del corte las presiones generadas por el agua, que provocan las fallas del corte.

Estos drenes son tubos perforados en todo su diámetro y penetran en el terreno natural en dirección transversal al eje de la vía férrea para captar aguas internas y abatir presiones naturales. Este tubo es de 5 cm. de diámetro, galvanizado y protegido por una película de asfalto para protegerlo contra la corrosión. La inclinación del tubo oscila entre los 5% y 20%, considerando como pendiente promedio 10% que es la más común.

La descarga se hace a cunetas, a tubos colectores, etc. a donde las aguas sean inofensivas. La parte del tubo próxima a la salida debe quedar sin perforaciones y obstruir así el tubo.



III.1.5 PUENTES.

En el presente trabajo no se detalla conceptos sobre diseño y construcción de estas obras, sólo mencionaremos algunos aspectos referentes a operación y mantenimiento.

Para 1971 existían en la red ferroviaria 8,348 puentes, de los cuales 3,341 eran definitivos y 5,007 provisionales.

Hoy nos encontramos con 2,580 puentes de baja capacidad -- que Ferrocarriles Nacionales tiene pensado rehabilitar 500 puentes al año.

Este concepto de rehabilitación lo podemos clasificar en:

- a) Reconstrucción
- b) Reparación
- c) Sustitución total
- d) Ampliación

La reconstrucción (inciso a) consiste en sustituir parcialmente algunos elementos estructurales que por razones de antigüedad se encuentran deteriorados.

La reparación (inciso b) consiste en hacer trabajos de conservación general de la estructura sin reponer elementos principales de la misma.

El trabajo de sustitución (inciso c) consiste en reemplazar elementos "fatigados" por elementos nuevos. Este reemplazo se hace necesario para evitar el colapso de la misma.

Y por último, la Ampliación (inciso d), tiene por objeto aumentar la longitud total de un puente o sobreelevar su rasante para ampliar su área hidráulica en función de las necesidades hidráulicas del cruce.

En cuanto a los Puentes provisionales como muchos de ellos se encuentran sobrados, por lo que respecta al área hidráulica necesaria se considera pertinente que de acuerdo con su comportamiento hidráulico a través de su vida útil o auxiliado con estudios de campo se fijen las dimensiones geométricas básicas para programar la sustitución de estas estructuras definitivas.

Para hacer los trabajos en puentes (provisionales o definitivos) se hace tomando en cuenta dos factores:

1) Prioridad de los trabajos debido a la urgencia con que se presente.

2) Por importancia de la misma vía férrea. Es decir, se deben de efectuar estos trabajos en las vías que muevan más tonelaje de carga, o por la cantidad de gente transportada.

Es necesario tener en cuenta, que las continuas interrupciones en las líneas férreas durante las épocas de lluvias se deben en su gran mayoría a la deficiencia hidráulica de los princi

pales puentes del sistema, originando trastornos en la operación ferroviaria y pérdida para las empresas.

Por lo anterior, se hace obligatorio que el sistema ferroviario nacional cuente con un catálogo de puentes a lo largo de la red ferroviaria, para con esto llevar un control en la prioridad de mantenimiento y operación de puentes. Actualmente Ferrocarriles Nacionales de México emprende estas actividades en el Sistema Ferroviario Nacional.

III.1.6 TUNELES

Las excavaciones subterráneas tienen interés fundamentalmente, desde el punto de vista de estabilidad y de procedimientos de excavación, y forman un renglón muy especial dentro de las técnicas de excavación.

DEFINICION

Los túneles pueden definirse como "estructura" subterráneas dedicadas al transporte de personas o bienes, construidas generalmente, sin afectar la superficie. El propósito de los túneles es asegurar la transportación de esas personas o bienes a través de ciertos obstáculos como montañas, ríos, áreas urbanas densamente pobladas, etc.

Estas "estructuras" subterráneas se pueden dividir en dos principales grupos que son:

- (1) Túneles para tránsito.
- (2) Túneles para conducción.

Los cuales se pueden clasificar a su vez en:

(1) Túneles para tránsito:

- a) Túneles para ferrocarril
- b) Para peatones
- c) Para navegación
- d) Para transporte urbano

(2) Túneles para conducción:

- a) Túneles de presión para centrales hidroeléctricas
- b) Túneles para abastecimiento de agua.
- c) Túneles para alojar instalaciones diversas, para -- servicios públicos, energía, comunicaciones, etc.
- d) Túneles para drenaje.

Es obvio que los túneles que nos interesan son los túneles para ferrocarril (1 inciso a)

Al proyectar el trazo geométrico de la vía se encuentran - problemas presentados por obstáculos de la naturaleza. En espe-- cial, en Ferrocarriles se tiene el problema de las montañas, dada - la configuración topográfica de México. Así pues el trazo geomé-- trico de cualquier vía férrea es casi seguro que tendrá que pasar por estos obstáculos.

Existen varias opciones para salvar este obstáculo:

La primera es el corte del mismo obstáculo:

La segunda es la construcción de un túnel



La decisión se toma haciendo un estudio de factibilidad -- económica sobre las dos opciones.

Este estudio de factibilidad, así como el diseño estructural del túnel es tema de estudio que nos requeriría mucho tiempo. Así es que aquí nos concretaremos a enunciar los principales objetivos que debe cumplir un túnel.

III.2 BALASTO Y SUBBALASTO.

III.2.1 Definición.

Se llama balasto a cierta clase de material escogido, tal como piedra quebrada, grava, escoria ("grasa"), cenizas, etc., - que se coloca sobre el lecho de la vía de un ferrocarril para -- dar apoyo a los durmientes. El balasto los mantiene alineados y nivelados permitiendo arrojar el agua fuera de ellos y haciendo posible el alineamiento, nivelación y elevación de la vía o - bien la renovación de los durmientes sin tocar el lecho. Cuando se coloca correctamente y tiene suficiente espesor, el balasto - proporciona un soporte firme y uniforme a los durmientes y dis-- tribuye por igual la presión causada por el peso y empuje de los trenes que transitan por la vía.

Como vemos, un material bueno para balasto debe proporci--onar un drenaje adecuado y con esto el agua no puede estancarse - abajo o alrededor de los durmientes. Con el balasto se puede -- alinear y nivelar la vía si ésta así lo requiere.

El balasto debe ser tal, que no permita el crecimiento de vida vegetal sobre la vía. Esto se logra colocando un balasto libre de polvo y tierra.

Un material que cumpla con los requisitos anteriores será el ideal

III.2.2 Propiedades.

Hay muchas propiedades físicas y químicas que determinan -- las cualidades de un buen balasto.

1. Debe ser duro, denso, con partículas angulares y esquinas puntiagudas y fragmentos cúbicos que proveen de buen drenaje.

2. Alta durabilidad y cualidades abrasivas para resistir impactos por tráfico de carga sin excesiva degradación.

3. Mínimos fragmentos longitudinales para mejor facilidad de consolidación.

4. Alta resistencia a los cambios de temperatura, así como a los ataques químicos y baja absorción que la provea de durabilidad.

5. Libre de propiedades cementantes, Así, las partículas degradadas no siempre cementan y no reducen la capacidad de drenaje como tampoco causan distribuciones indeseables de cargas.

6. Alta resistencia eléctrica para reducir fugas de corriente que podrían causar corrosión a los componentes de la Vía y dañar estructuras metálicas.

Las cualidades antes mencionadas para balasto proveen la máxima estabilidad en la sección del balasto y reducen las permanentes deformaciones en la superestructura de la vía férrea.

III.2.3 Materiales.

Se han usado y se usan diversos materiales como balasto. La selección depende de los materiales que se tengan a la mano, así como de su precio. A continuación se inserta una lista de algunos materiales empleados como balasto. Esta Lista ha sido ordenada de acuerdo con las opiniones de varios ferrocarriles respecto a los méritos del material para ser balastado:

- 1) Piedra triturada
- 2) Granito desintegrado
- 3) Escoria triturada ("grasa")
- 4) Grava lavada
- 5) Grava crivada
- 6) Grava de río (boleos)
- 7) Piedra mineral
- 8) Grava de mina
- 9) Cenizas
- 10) Residuos de la trituración de piedra "Screening"
- 11) Cuarzo
- 12) Arena
- 13) Grava cementada
- 14) Escoria granulada

Es obvio pensar que si ponemos un balasto de muy buena calidad, éste encarece el costo de la sección. Así, es recomendable - usar alguna de las clases de balasto más baratas (tales como grava de mina, arena o la que por su cercanía al lugar sea barata) para cubrir la cama de la vía en toda su anchura, formando la mitad del espesor total requerido. Es así como nace el concepto de subbalasto o balasto inferior. Este constituye así, la base sobre la cual se coloca el balasto más costoso para completar la sección requerida.

A continuación se detalla la sección de balasto correspondiente a cada material.

III.2.3.1 Piedra Triturada.

El balasto ideal es el de la piedra triturada. Llena mejor todos los requisitos.

El balasto de piedra triturada consiste en piedra que ha sido quebrada en fragmentos pequeños, generalmente por un medio mecánico. Las rocas pesadas y duras, sin huecos ni grietas y que no absorban agua ni se desintegren a causa de que el agua contenida se congele, son las rocas ideales para obtener esta piedra.

La piedra caliza, el granito, basalto y lava volcánica son las variedades más usadas.

Aquí no se detallará el procedimiento de obtención de la piedra triturada.

Las especificaciones recomendadas por la A.R.E.A.* para balasto de Piedra triturada se sintetizan brevemente a continuación: La piedra para balasto deberá ser triturada en fragmentos - angulares, bastante uniformes que, en cualquier posición pasen por malla de 2 3/4" y no pasen a través de una malla de 3/4". El balasto de piedra debe ser triturado en tal forma que todos los tamaños comprendidos entre el límite inferior (por lo general 3/4") y el superior (generalmente 2 3/4") estén presentes en cantidades -- aproximadamente iguales en todo el conjunto. Esta mezcla uniforme

*American Railway Engineering Association

de tamaños hace que el balasto sea fácil de calzar y se mantenga - firmemente en su lugar. Los Ferrocarriles Nacionales de México es pecifican la piedra triturada, la que tiene tamaño máximo de 1 1/2" y de tamaño mínimo 3/4".

El balasto de piedra triturada se usa principalmente - en las vías troncales, donde lo esencial es contar con una base só lida para la vía. Sus aristas filosas deberán sujetar al durmiente a la vez que acuñarse con las de las piedras adyacentes, en tal -- forma que la vía se mantenga firmemente alineada y a nivel.

La piedra triturada constituye uno de los materiales - para balasto más limpios. Cuando la vía está balastada y revesti- da correctamente presenta un aspecto sumamente atractivo y además carece casi por completo de polvo y de vegetación.

III.2.3.2 Residuos ("Screening")

Residuos ("screening") de piedra es el nombre dado al material que cae de la primera criba, o sea, la de 3/4", con una planta trituradora. Tal producto no puede usarse como balasto por el hecho de que al endurecerse el polvo contenido en la mezcla con vierte al material en una masa sólida.

Los residuos de piedra obtenidos de una quebradora pue den volver a pasarse por otra criba, cuyas aberturas tengan un diá- metro de 1/4". Ese nuevo cribado elimina el polvo y las partícu- las finas y deja piedras de tamaño comprendidos entre 1/4" y 3/4" como máximo. Este material de segundo cribado puede utilizarse co mo subbalasto.

III.2.3.3 Grava.

La grava es piedra que ha sido triturada por agentes naturales y después alisada y a veces redondeadas por la acción del agua a lo largo de las costas o las corrientes de agua.

Cuando la grava está desprovista de tierra, constituye un balasto de muy buena calidad, propio para las vías de ferrocarril y apenas inferior a la piedra triturada. La grava compuesta de distintos tamaños, todos los cuales pasen por una malla con perforaciones de 1 1/2" de diámetro se considera la mejor. En otros aspectos la aceptación de grava para balasto se determina por la proporción y la graduación de la arena y piedrecillas que contenga la mezcla. Los Ferrocarriles Nacionales de México aceptan grava que pase por anillos de 2 1/2" y se retienen en la malla número 10.

III.2.3.4 Grava Cementada.

Se le da el nombre de grava cementada a la grava que ha sido cubierta por la naturaleza con marga u óxido de hierro. Algunos depósitos en ciertas localidades están situados en tal forma que el agua mineral, se filtra entre ellos y deposita marga y hierro en estado sólido sobre la grava. La única forma de poder usarla como balasto con resultados satisfactorios es mezclándola en la proporción de dos partes de grava cementada con una parte (o más) de grava limpia de río. Algunas veces se emplea tal como se extrae del depósito como subbalasto, pero no es recomendable.

III.2.3.5 Grava de Río

La grava de río se obtiene de los lechos de cursos fluviales. En la mayoría de los casos, los lechos de grava en los -- ríos han sido depositados y provienen de otras fuentes.

La grava de río común está compuesta de guijarros que van desde 1 hasta 2 pulgadas de diámetro hasta la arena gruesa . - Contiene Pocos agregados grandes y por lo general carece de arena muy fina. La grava de río mantiene una ventaja sobre los otros ma- teriales para balasto; ésta es que las aristas redondeadas de los guijarros no cortan la superficie de los durmientes, aún bajo un - tráfico intenso. Esto tiene a prolongar la vida de los durmientes usados con dicho balasto.

III2.3.6 Escoria.

Se le da el nombre de "escoria" o "grasa" al producto del desperdicio del proceso de fundición de los minerales en las - fundiciones u hornos del metal. El abastecimiento de escorias se reduce a aquellas regiones del país donde se encuentran localiza-- dos hornos o fundiciones de fierro y acero o minerales. La esco-- ria es tan barata, o más que otros materiales usados como balasto.

La mayoría de los ferrocarriles, cuyas vías pasan por regiones donde se benefician minerales, usan grandes cantidades de escoria gruesa como balasto. Esta proporciona un buen drenaje, -- quita el crecimiento de la vegetación, no produce polvo y puede -- ser limpiada en la vía. Posee en general, las mismas propiedades y cualidades de la piedra triturada.

Algunas escorias están compuestas de aristas duras y filosas. Dicho material se utiliza sólo cuando la vía esté provista de durmientes duros, puesto que un durmiente blando es presa de la acción cortante de la escoria.

III.2.3.7 Granito desintegrado.

Todas las variedades están formadas por pequeños cristales unidos entre sí por medio de cierto material cementante; además, que probablemente al enfriarse la costra terrestre, este granito estuvo sometido a un proceso de enfriamiento distinto al del granito común. El material cementante entre sus partículas se debilitó a tal grado que cualquier sacudida leve hace que una parte de la masa rocosa se desprenda y desintegre en sus partículas o cristales.

Este material constituye un balasto casi ideal. Es súmamente pesado ($1,780 \text{ kg/m}^3$ de la vía), no produce polvo, se drena con gran facilidad y no se hincha a causa de las heladas. Sus aristas no cortan ni a los durmientes blandos. Conserva a la vía firmemente dentro de su línea y nivel.

III.2.3.8 Cenizas.

Las cenizas utilizadas como balasto provienen de residuos del carbón quemado por las locomotoras o los hornos. Las cenizas son porosas y absorben humedad en mayor grado que cualquier otro material para balasto. Estas impiden el paso de la arcilla húmeda por sus superficies, contrariamente a lo que sucede sobre las superficies de la grava y la piedra triturada. Si están limpias y tienen buen drenaje no se hinchan a consecuencia de las heladas.

Las cenizas son buenas para balasto en líneas de tráfico ligero, tendidas sobre lechos húmedos o arcillosos. Son insuportables como subbalasto en lechos húmedos. No se recomienda en vías troncales como balasto superior, ya que pronto las reduce a polvo.

III.2.3.9 Arena.

La arena utilizada como balasto se define como el conjunto de partículas granulares de roca reducidas por agentes naturales a tamaños que pasen por una malla de 1/4 de pulgada. Cuando en alguna vía se carece de balasto de calidad superior a la de la arena se puede utilizar ésta con resultados regulares.

Las arenas más gruesas, si están limpias, sostienen regularmente la vía bajo cualquier clase de tráfico. Son fáciles de trabajar cuando están húmedas y difíciles cuando están secas. Requieren banquetas amplias. Sostiene la vía bastante bien cuando el tráfico es ligero, pero es difícil de mantenerlo en su lugar y los vientos fuertes lo sacan de la vía; por lo tanto, no presta seguridad como balasto.

Las soluciones que se han utilizado a lo largo de la historia son: en primer lugar, regar aceite a lo largo del lecho de arena, con el fin de retardar que el viento lo aleje de la vía y también como preventivo en el crecimiento de la vegetación. En segundo lugar, se tiene la solución de sembrar a propósito un tipo especial de pasto denominado "pasto de Bermuda". Este no crece y no perjudica a las locomotoras ni levanta polvo. Si bien es cierto

to que la vegetación tiende a pudrir los durmientes, también lo es que este tipo de vegetación logra mantener en la vía la arena utilizada como balasto.

III.2.3.10 Clases de Balasto con Poca o Nula Utilización.

A lo largo de la historia del ferrocarril se han utilizado diversos tipos de materiales para balasto que actualmente no se utilizan por sus pocas cualidades. Hay que hacer notar que si se han utilizado es porque no se tienen bancos de material adecuados como balasto ideal.

- Cuarzo

Se utiliza la variedad de cuarzo llamado horsteno - que es una roca de pedernal desintegrado en depósitos naturales. - Mantiene la vía en línea y nivelada. Su uso se limita a líneas de poco tráfico.

- Conchas de Ostras.

Se han utilizado hasta cierto grado como balasto en la vecindad de los bancos de ostras de considerable extensión, donde es posible obtenerlas a costos ínfimos. No son buenas como balasto; ya que contienen bastante cantidad de materia animal, se desmenuzan con el tráfico y crece la vegetación.

- Tierra.

La tierra común y corriente que se encuentra a lo largo del derecho de vía se usa en lugar de balasto. Esta se utiliza sólo en casos muy especiales, cuando no se tiene al alcance ningún otro tipo de balasto mencionado en los anteriores apartados.

III.3.2.4 Requerimientos a A.R.E.A. y A.S.T.M.

La Asociación Americana de Ingeniería Ferrocarrilera - que por sus siglas en inglés se denomina A.R.E.A. (American Railway Engineering Association) ha creado los requerimientos que el balasto debe cumplir. Junto con el Organismo antes citado colaboró la Sociedad Americana de Pruebas a los materiales que por sus siglas en inglés se denomina A.S.T.M. (American Society of Testing of Materials).

Las normas y prácticas recomendadas por la A.R.E.A. no son aceptadas a nivel internacional ni tampoco a nivel estadounidense, así es que las describiremos como una guía de consulta en la tabla siguiente:

PRUEBA	VALOR	LIMITE
A.S.T.M. C235 dureza de partículas de agregados gruesos	3.0%	Por Peso
A.S.T.M. C117. Materiales finos de la Malla No. 200 en Agregados Minerales por Lavado	0.5%	Por Peso
A.S.T.M. C142. Arcilla y partículas que se desmenuzan fácilmente en agregados.	0.5%	por Peso
A.S.T.M. C88 Solidez de Agregados por Uso de Sulfato de Sodio o Sulfato de Magnesio.	7%	Por peso después de 5 ciclos
A.S.T.M. C131 (C535) . Resistencia a la abrasión de pequeños o largos agregados gruesos por usarlos en la máquina de Los Angeles.	35%	Por Peso

PRUEBA	VALOR	LIMITE
A.S.T.M. C127. Peso específico y Absorción de Agregados gruesos.	A.R.E.A.	(4, 3, y 24)

Anteriormente, hemos visto las especificaciones del A.R.E.A. pero hay algo que no queda claro y que son las pruebas A.S.T.M.. Ahora las describiremos:

1. A.S.T.M. C235 "Dureza de Agregados (Partículas - Gruesas) "

Esta prueba determina el monto de materiales suaves y pobremente unidos, así esa separación de partículas son fácilmente separables del material. Un material con excesivas partículas blandas es muy probable que sufra una desintegración rápida.

2. A.S.T.M. C117 "Materiales finos que pasan por la Malla No.200 en Agregados Minerales por Lavado."

Esta prueba determina el monto de materiales finos -- que pasan por la malla Número 200. Excesivos materiales finos -- producen la falta de drenaje en el balasto.

3. A.S.T.M. C142 "Arcillas y Partículas que se desmenuzan fácilmente en Agregados".

Esta prueba determina el monto de las Arcillas y en general de partículas que pueden desmenuzarse fácilmente. Como es bien sabido, la presencia de arcilla en exceso produce poco -- drenaje y provoca la vida vegetal.

4. A.S.T.M. C88 "Solidez de Agregados por uso de Sulfato de Sodio y Sulfato de Magnesio."

Esta prueba provee de información útil para juzgar la solidez del agregado sujeto a la acción del tiempo. El rompimien

to de agregados por la acción del tiempo puede causar una rápida - degradación del balasto y restringir el drenaje.

5. A.S.T.M. C131 (535) --"Resistencia a la abrasión de pequeños o largos agregados gruesos por usarlos en la máquina de Los Angeles"

Esta prueba determina el desgaste del material del balasto. Una excesiva abrasión reduce el tamaño de las partículas, impidiendo el buen drenaje y reduciendo la capacidad del balasto de soporte.

6. A.S.T.M. C127 "Peso específico y absorción de -- Agregados gruesos"

Esta prueba determina el volumen. Peso específico aparente y absorción de los agregados gruesos. Una alta absorción de agua puede provocar que en tiempos fríos haya congelamiento en la vía.

III.2.5 Colocación del Balasto

Una vez colocado el subbalasto con los materiales descritos anteriormente, se procede a la colocación del balasto.

III.2.5.1 Distribución.

Ante cualquier trabajo de balastado en un tramo de vía las operaciones a realizarse dependen de dos factores:

- a) Tipo de equipo
- b) Método de Distribución del balasto.

El equipo a usarse es el siguiente:

- Carros selectivos para servicio múltiple
- Carros convertibles para servicio múltiple
- Carros de Volteo
- Góndolas de Tolvas Transversales.
- Plataformas.

Los carros selectivos para servicio múltiple son el -- equipo ideal. Estos se emplean para fletes cuando no se utilizan - para trabajos de vía. El nombre de selectivos les viene porque per- miten escoger el método más apropiado para la distribución de balas to en el momento y lugar de hacer la descarga.

Las compuertas localizadas en el interior del carro es es tán diseñadas para abrirse por el centro, los lados o una combina-- ción de ambos. Así, la distribución de balasto puede llevarse a ca bo de la siguiente forma:

- a) En la parte central de la vía entre los rieles.
- b) A los lados de la vía (uno u otro)
- c) A ambos lados
- d) Al centro y a uno o ambos lados de la vía.

Debe tenerse presente que, una vez abiertas las com--- puertas de descarga, no es posible cerrarlas sino hasta que se haya vaciado el material. Cuando se haya abierto una o más compuertas-- el carro debe seguir moviéndose hasta descargarse en su totalidad.

Cuando se descarga un tren de estos carros por las compuertas centrales, es conveniente que un trabajador ayude al operador que controla las descargas. Dicho trabajador deberá aflojar - las compuertas centrales de cada carro y abrirlas lo suficiente pa - ra que empiece a salir el balasto. Esto facilita que el operador abra después las compuertas exactamente hasta donde lo desee. El operador, caminando al lado de cada carro, regula cuidadosamente - la salida del material a fin de que salga la cantidad adecuada. - Cuando un carro esté casi vacío el operador comienza a abrir las - compuertas del carro siguiente, teniendo cuidado de abrir el segun - do carro antes de que termine la descarga del carro precedente. El tren debe moverse a una velocidad de 5 a 6 kilómetros por hora --- mientras vaya descargando. A este paso y con las compuertas cen- - trales totalmente abiertas se deposita suficiente material para le - vantarlo o elevar la vía de 4 a 5 pulgadas (10 a 13 centímetros).

Dos precauciones importantes que se deben tener al des - cargar el balasto, son las siguientes:

1) Nunca deberán abrirse simultáneamente las compuer - tas centrales de dos carros cargados.

2) No debe pararse el tren al estar distribuyendo ba- - lasto algún carro.

Si se abren las compuertas centrales de dos carros al mismo tiempo, puede resultar que el tren se pare. Una vez parado el tren, mientras se descarga algún carro por la compuerta central, será difícil echarlo a andar nuevamente. En cualquiera de los ca-

Los puede haber peligro de descarrilamiento debido al exceso de balasto en la vía.

Los demás procedimientos con los otros carros no se describirán aquí por desuso.

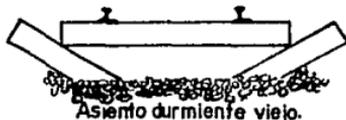
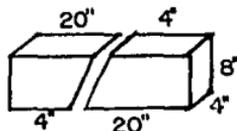
III.2.5.2 Elevación de la Vía.

Una vez que ya se ha distribuido el balasto en la vía, se coloca éste bajo los durmientes mediante un levantamiento general, consistente en ir alzando sucesivamente tramos de vía por medio de gatos, hasta la altura uniforme deseada y se calza el balasto bajo los durmientes.

La operación en sí, de levantar la vía se divide en tres etapas distintas: elevación mediante los gatos, calzamiento y alineamiento.

La vía es levantada por medio de gatos para permitir la colocación de balasto bajo los durmientes. Los gatos se operan por pares y deberán colocarse siempre en la parte exterior del riel y opuestos el uno al otro. Se utiliza al mismo tiempo un nivel de vía cercano a los gatos, puesto que a ambos lados de la vía deberán alzarse uniformemente. Una vez levantada la vía a su altura deseada, el balasto se coloca en su lugar bajo los durmientes por medio de las herramientas adecuadas, lo que constituye el calzamiento de la vía.

Una variación consiste en soportar cada durmiente de apoyo mediante dos cuñas de madera dura en vez de calzarlo. La figura muestra las dimensiones de las cuñas y su forma de insertarlas.



El número de gatos indispensable en la labor, dependerá del peso del riel, de la altura del levantamiento, de que la vía haya sido vaciada, etc. Debe evitarse causarles fatigas innecesarias a los rieles y uniones cuando traten de flexionarse por falta de gatos.

La niveleta es el dispositivo más usado de los que se han diseñado para obtener una superficie uniforme. Una niveleta es de 6 pies a 8 pies de largo (1.80 m - 2.40 m), 8 pulgadas de ancho (20 cm) y un espesor de 1 1/4 pulgadas (3.175 cm).

III.2.5.3 Calzado de la vía.

El calzamiento adecuado y uniforme de todos los durmientes es de mucha importancia para evitar la formación de bolsas de agua, el descenso de nivel bajo las juntas de los rieles con el consiguiente vencimiento de éstos y que la vía quede en banda. Los durmientes mal calzados hacen difícil conservar el buen alineamiento y escantillón.

Cuando los durmientes están mal calzados, el peso de las cargas sobre la vía tiende a flexionar los durmientes hacia abajo, compactándose el balasto más en los extremos que en el centro del durmiente como resultado de esta acción.

A fin de evitar estos defectos, los durmientes deben calzarse con firmeza únicamente de los rieles hacia afuera y a una distancia de 40 a 50 cm. hacia adentro de los rieles, dejando de apisonarse la parte central en la que solamente se acomoda o "embodega" el balasto sin compactarlo.

Más adelante se describirá un sistema de calzamiento, nivelación, compactación, etc. Este sistema es la herramienta más útil con que cuenta el ingeniero para lograr un sistema constructivo de vía elástica más eficiente. Este tema se aborda ampliamente en el capítulo IV.

III.3 DURMIENTES DE CONCRETO

En el capítulo II.1 ya hablé de los durmientes de madera. Pero no son los únicos en general tenemos durmientes de varios tipos:

- a) de madera
- b) de acero
- c) de concreto
 - monoblock
 - biblock

Los durmientes que forman parte de una vía elástica - son los de concreto en cualquiera de sus dos formas.

III.3.1 Historia de los Durmientes de Concreto.

Como consecuencia de las obvias debilidades del dur-- miente de madera, siempre ha estado en la mente de los técnicos - la búsqueda de materiales más apropiados para cumplir la función del durmiente. En 1884, Monier, el jardinero francés que patentó el concreto armado, diseñó y patentó el primer durmiente de con-- creto.

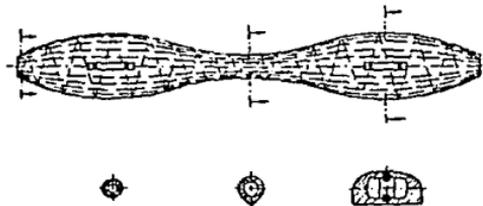


Fig. El diseño de Monier (1884).

Anteriormente en 1840 los ferrocarriles ingleses y -- alemanes habían abandonado el uso de durmientes de piedra natural por considerarlos inapropiados. Asimismo, en 1870 se inició la utilización de durmientes de acero a pesar de su alto costo (hoy aún lo usan los ferrocarriles suizos que tienen más o menos 2/3 partes de su sistema equipado con durmientes de acero).

Finalmente, en 1910 los ferrocarriles suecos, franceses y alemanes, fomentaron la utilización de durmientes de concreto armado de tipo bi-block con algún éxito y los italianos, el uso de asbesto-cemento con resultados poco satisfactorios.

En todos los casos esta búsqueda de nuevos materiales se llevó a cabo sin la presión de la necesidad y con recursos para investigación insignificantes. El verdadero ímpetu ocurrió al comienzo de la segunda guerra mundial en 1939, y fue de naturaleza económica. La escasez de madera y su precio alto e inestable motivaron a los ferrocarriles británicos, alemanes y franceses a emprender resueltamente la búsqueda de un material opcional. Ya en ese momento el concreto pretensado era una realidad y algunos fabricantes ingleses y franceses tenían diseños preliminares. Lo que siguió fue primero un uso cauteloso del concreto pretensado y luego, en la década de 1950, la sustitución definitiva del durmiente de madera por el durmiente de concreto pretensado.

Hoy en día más de la mitad de la longitud de las vías europeas tienen durmientes de concreto pretensado instalados y su uso es prácticamente excluyente de otros materiales. Cada país --

tiene sus propios diseños y los métodos de fabricación optimizan en cada caso las tecnologías locales.

En Estados Unidos el proceso de incorporación del durmiente de concreto pretensado ha estado comparativamente retrasado. En 1970 Gerwick, citó como factor de este atraso: "...en primer lugar el costo combinado con el hecho de que a muchas empresas ferrocarrileras son dueñas de bosques, aserraderos y plantas de tratamiento como consecuencia, la comparación de costos se ha realizado mediante valores irrealmente bajos para el durmiente de madera. Sin embargo, una comparación con los precios del mercado demuestra que el durmiente de concreto pretensado es competitivo", y añade "... la creciente escasez, decreciente calidad y los mayores costos de la madera hacen que su reemplazo total por durmientes de concreto pretensado sea sólo materia de tiempo".

Diez años después en 1980, Venuti, en artículo para la revista Concrete International informa que ya se han instalado más de 4 millones de durmientes y que la producción anual pasa ya de un millón de durmientes. Hoy, 10 años después el uso del durmiente de concreto pretensado está generalizado y en ciertos casos como los sistemas de transporte colectivo (METRO) no se contempla otra alternativa.

III.3.2 Estadísticas a Nivel Mundial.

A continuación se presenta en la tabla los países más representativos del mundo, el número de durmientes en servicio, - así como su producción anual en miles.

ESTADÍSTICAS MUNICIPALES DE DURMIENTES DE CONCRETO TESIS VIA ELÁSTICA		
PAIS	DURMIENTES EN SERVICIO (MILLONES)	PRODUCCIÓN ANUAL (MILES)
EUROPA		
Austria	3	
Belgica	1	100
Bulgaria	1.7	
Checoslovaquia	8	1100
Dinamarca	1.7	
Finlandia	1.5	50
Francia	35	
Alemania Fed.	44	940
Alemania Dem.	18	
Hungría	13	600
Irlanda	1.7	24
Italia	9	750
Noruega	1	250
Polonia	13	
Portugal	1.7	
Union Sovietica	84	
España	20	320
Suecia	5	350
Suiza	1	
Reino Unido	31	1000
Yugoslavia	2.5	
T O T A L	296.8	5484
AFRICA		
Argelia	1	
Senegal	1	
Sud-áfrica	20	1750
Tunez	1.7	
Zambia		60
Zimbawe	2	100
T O T A L	25.7	1910
ASIA		
China	50	
India	1.7	600
Iran	1	
Iraq	1.7	500
Japon	22	500
Jardenia		100
Korea	3	
Malasia		100
Arabia Saudita		250
Turquia	5	
Vietnam	1.7	
T O T A L	86.1	2050
NORTEAMERICA		
Canada	3	400
Mexico	4.5	700
Estados Unidos	3	300
T O T A L	12.5	1400
SUDAMERICA		
Brazil	3	
AUSTRALIA		
	7	

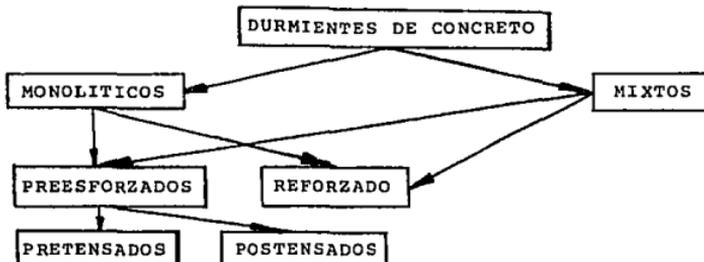
Los países que cuentan con un millón de durmientes en servicio son: Holanda, Marruecos, Paquistán, Rodesia, Taiwán, Cuba, Costa Rica, Congo y Jamaica.

A continuación se presenta en la tabla los diferentes tipos de durmientes de concreto, el país creador y los principales usuarios.

TESIS VIA ELASTICA		
TIPO DE DURMIENTE	PAIS CREADOR	PRINCIPALES USUARIOS
MONOBLOCK pretensado preesforzado	Reino Unido.	Reino Unido Australia Canada China Checoslovaquia Hungria India Irak Japón Noruega Polonia Sudáfrica Suecia U.S.A. Union Soviética Yugoslavia
MONOBLOCK Postensado Prestorzado	Alemania	Alemania Federal Austria Finlandia India Italia México Turquía
BIBLOCK	Francia	Francia Argelia Belgica Brasil Dinamarca India México Portugal Sudáfrica España Suiza

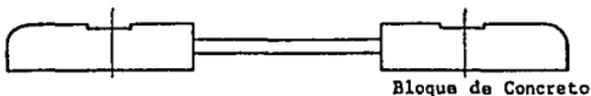
III.3.3 Descripción de los Distintos Tipos de Durmientes de Concreto.

Podemos agruparlos en el siguiente cuadro.

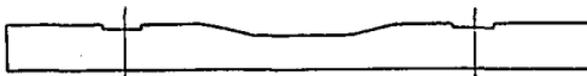


En México el durmiente de mayor uso y que actualmente hay más instalados es el de tipo monolítico postensado. Y en menor escala el mixto reforzado.

Barra Calibradora



(a) Bi-bloque



(b) Monobloque

DURMIENTES RS

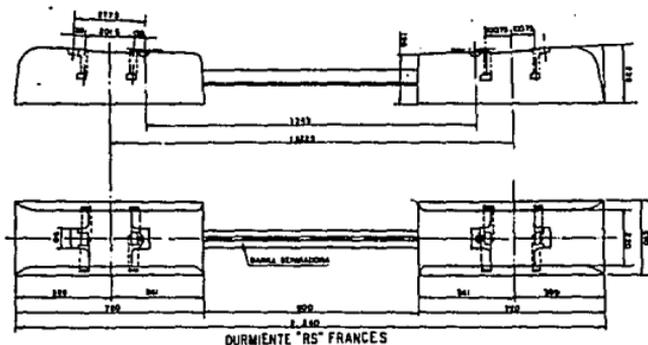
Estos durmientes se componen de 2 blocks de concreto armado de (22 x 30 x 22 cm.) unidos por una barra metálica que les permite flexibilidad.

Los blocks son zapatas que transmiten presiones casi uniformes al balasto, en tanto que la borra no recibe reacciones importantes del balasto a causa de su pequeña sección y de admitir cierta flexibilidad elástica sin afectarse la medida del escantillón. Esta barra pesa aproximadamente 14 kilogramos y puede obtenerse de la relaminación de rieles viejos, cuyo metal resiste perfectamente los esfuerzos y la oxidación.

El refuerzo es muy simple y lo forman 2 parrillas de cuatro varillas cortas de 5/16" con cuatro trozos de alambón (separadores) ligados por una espiral helicoidal de 3/16" con diámetro de 15 cm y paso de 4 cm.

El refuerzo pesa menos de 7 kg de fierro por cada -- dos blocks que se deben separar mediante la barra de fierro estructural de 2 metros de largo con un peso máximo de 14 kg.

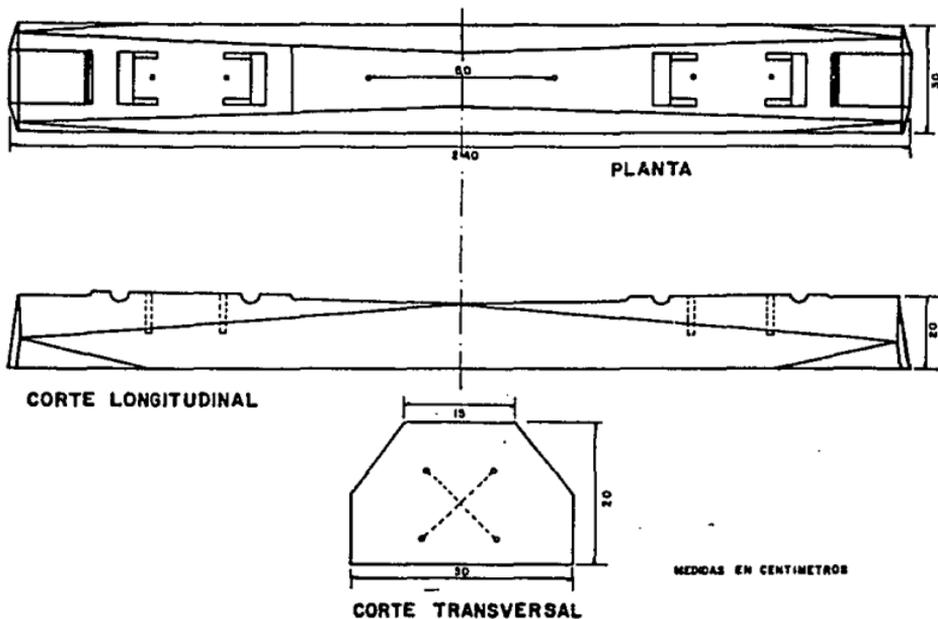
Una de las ventajas del durmiente R.S., es que se -- pueden "soldar" las barras cortadas por los golpes máximos y admitirse los daños menores causado por descarrilamientos leves, - en especial cuando el balasto protege a las ruedas descarriladas.



Durmientes DYWIDAG

Existen diversas dimensiones de este tipo de durmiente. Las características referentes a su peso y capacidad de carga y esfuerzos admisibles están en función del equipo que soportarán, su velocidad, ancho de la vía y fijación del riel. El acero que conforma el preesfuerzo se caracteriza por tener una alta resistencia a la tensión, ser bastante tenaz, resistir a la corrosión, bajo tensión y fluir muy poco. Su esfuerzo en el límite es de $14,000 \text{ Kg/cm}^2$.

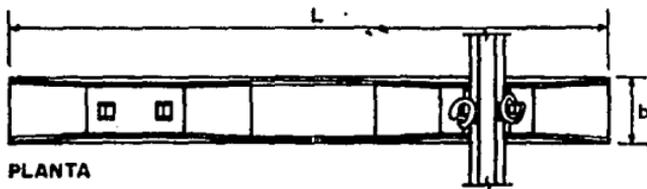
Lo mencionado anteriormente se refiere únicamente a --
 los durmientes instalados en México. Es decir, que los durmientes
 instalados en México sólo son el Dywidag y el durmiente RS.



DURMIENTE DYWIDAG.



ELEVACION



PLANTA

L 8'-3" to 9'-0" (2.515 to 2.743 m)

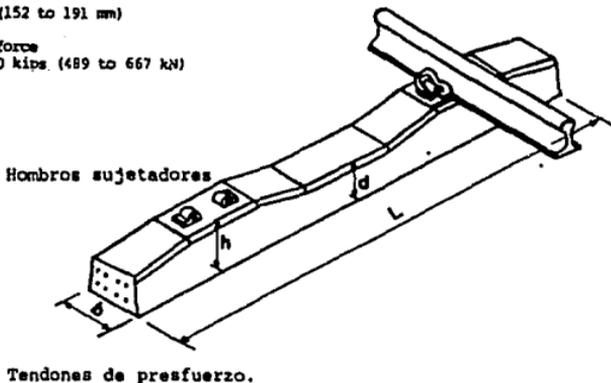
b 10½ to 12" (267 to 305 mm)

h 9 to 10" (229 to 254 mm)

d 6 to 7½" (152 to 191 mm)

Prestressing force

110 to 150 kips. (489 to 667 kN)



Hombros sujetadores

Tendones de presfuerzo.

Fig. Configuración del durmiente y dimensiones típicas.

III.3.4 Análisis, Diseño y Comportamiento de los Durmientes de Concreto.

Elementos de Diseño

III.3.4.1 Definición de la Carga Rodante

Las fuerzas internas a las que está expuesto un durmiente de concreto, debido al paso del ferrocarril, son de diversa índole y a su vez muy complejas. En este análisis intervienen diversos componentes de la superestructura de la vía férrea como: Rieles, sistema de fijación, durmientes, balasto, subbalasto y terraplén. (en ese orden). Es decir, las fuerzas originadas por el paso del ferrocarril hacen interactuar a todo el sistema de superestructura de la vía férrea.

Podemos decir que el objeto de la vía (tradicional, elástica o cualquier otra) es soportar y guiar el ferrocarril.

La vía entonces recibe cargas repetidas.

- La carga es variable
- La frecuencia de cargas es variable.

La vía está condicionada por los factores externos e internos.

a) factores externos

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| -Características de los ejes | } | <ul style="list-style-type: none"> Cantidad Diámetro de las ruedas Carga por eje (considerando las vibraciones) |
|------------------------------|---|--|

- El Tráfico { Volumen
Configuración
Velocidad
- Medio ambiente { El tiempo o sus cambios repetitivos
El suelo y sus características.
 - Resistencia
 - Estabilidad
 - Humedad

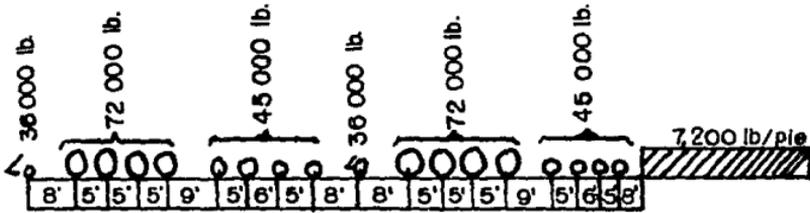
b) Factores Internos

- Geometría: Curvas y pendientes
- La superestructura de la vía
 - + Riel (continuo o en tramos)
 - + Durmiente (con sus características propias)
 - + Fijación
 - + Balasto - Calidad
 - Espesor
- El comportamiento Elástico.

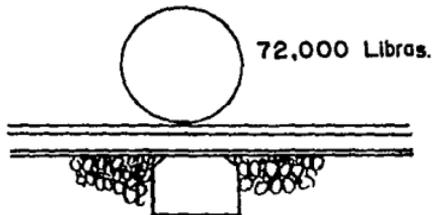
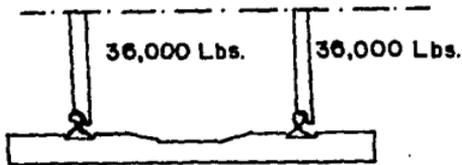
III.2.4.2 Carga Cooper E72

Como lo vimos anteriormente, los factores externos son muchos. Es por eso que es necesario definir un modelo teórico. --
Ante esta necesidad nace la carga Cooper E72.

Este modelo (figura) sirve para calcular todas las obras del ferrocarril; por ejemplo, un puente.



Para diseñar un durmiente se toma en cuenta la carga mayor.



III.3.4.3 Comportamiento Dinámico de la Vía.

El hecho de que el ferrocarril pase ocasiona lo que llamamos carga estática. Ahora bien, el ferrocarril al moverse produce lo que llamamos carga dinámica.

- Factor de Impacto

Se define ante esta situación el factor de impacto (ω)

Así

$$F \text{ dinámica} = F \text{ estática} \times \omega$$

Este factor de impacto depende de:

- La configuración del ferrocarril (carga Cooper E72)
- La velocidad del ferrocarril
- Las características de la vía.

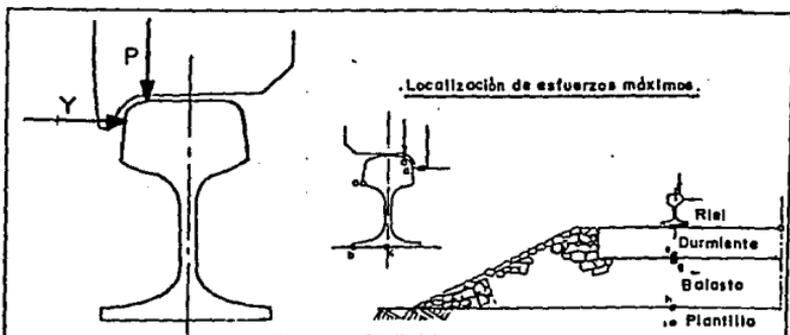
Este factor de impacto entonces depende de las mediciones hechas en campo y en laboratorio.

- Factor de Distribución

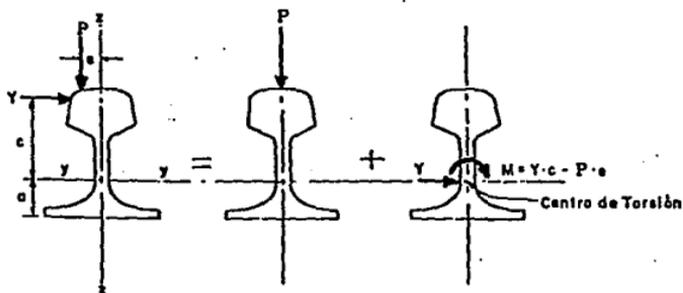
El tren descarga todo su peso a las ruedas, éstas a su vez al riel y el riel al durmiente. Pero ¿cómo se descarga de la rueda al riel?

La rueda produce sobre el riel una fuerza que se descompone en una fuerza horizontal y una vertical.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**



A su vez podemos descomponer estas fuerzas (horizontal y vertical) en una fuerza concentrada más una fuerza horizontal que coincida su eje de acción sobre el eje neutro más un momento actuando sobre el centro de torsión así:

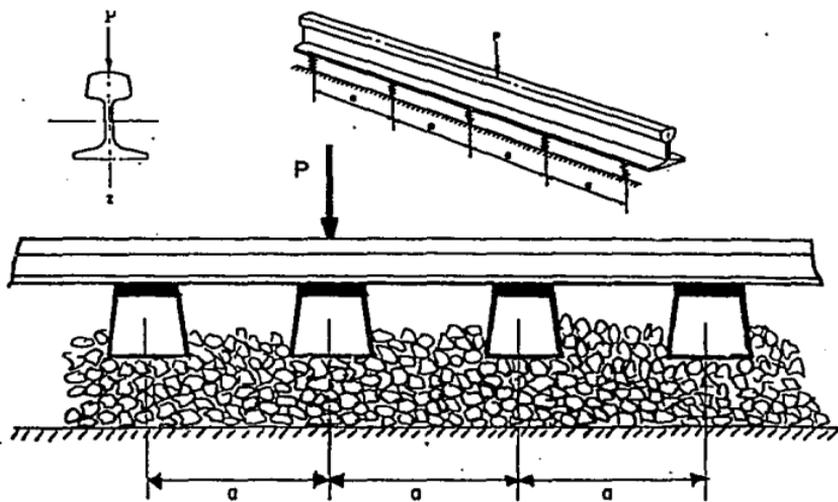


Para el caso (1) esta carga P la soporta totalmente el durmiente.

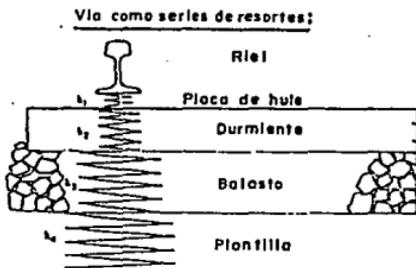
Para el caso (2) la fuerza Y (horizontal) y el momento de torsión son soportados por el sistema de fijación.

Con esto podemos concluir que el sistema de fijación es muy importante (tanto como el durmiente). A la fecha no podemos seguir un proceso de diseño de fijación, pero nos podemos --- guiar con la experiencia obtenida a través del tiempo y las pruebas de laboratorio.

El riel está apoyado sobre el suelo a través de soportes (durmientes) espaciados a una distancia "a" cada uno de ellos.



Cada soporte es en realidad 4 elementos que tienen su propia elasticidad:



-- Primero la placa de hule distribuye la fuerza al --
durmiente. (elasticidad K_1 .)

-El durmiente distribuye la fuerza al balasto (elasti-
cidad K_2)

-El balasto distribuye la fuerza a la terracería (elas-
ticidad K_3):

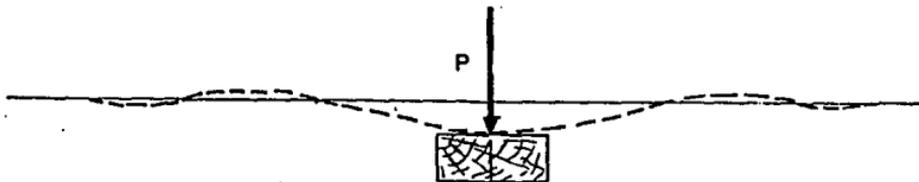
-Terracería con su propia elasticidad (elasticidad K_4)

Así, la elasticidad total del conjunto es K

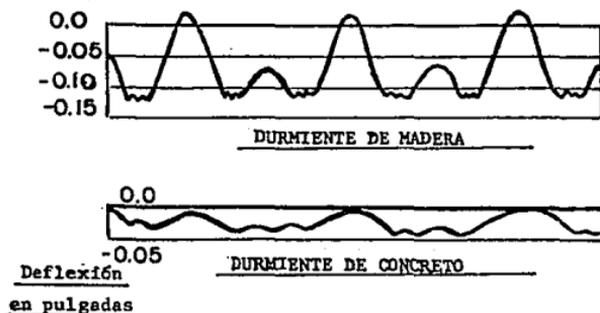
$$\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4}$$

El valor de K difiere según sea un durmiente de con-
creto o uno de madera.

Imaginemos que un eje de ferrocarril pasa sobre una -
vía. La deformación sería aproximadamente:



Obviamente, las deformaciones sobre un durmiente de madera son mucho mayores que sobre un durmiente de concreto.



Curva de deflexión para una serie de cargas

El durmiente de concreto transmite una fuerza mayor, es por esto que permite un espaciamiento mayor entre durmientes. Además, la deflexión es mínima, es por esto, que tendremos menos durmientes por kilómetro con el durmiente de concreto. (1,680 -- durmientes por km. con separación de 62 cm.). Con durmiente de madera tenemos 2,000 durmientes por km. con separación de 50 cm.).

El esfuerzo que se transmite de riel a durmiente depende de:

- Elasticidad K del conjunto.
- Espaciamiento entre durmientes.

Es por esto que nace el concepto de Factor Distribu--
ción.

Donde tenemos que:

$$F \text{ cálculo} = F \text{ dinámica} \times \phi$$

Si tenemos carga de 72,000 kbs (carga Cooper E72), en
tonces:

$$F \text{ estática} = 72,000 \text{ lbs.}$$

$$F \text{ dinámica} = F \text{ estática} \times \alpha$$

$$F \text{ cálculo} = F \text{ dinámica} \times \phi$$

Especificaciones para el proyecto y construcción de -
durmientes de concreto reforzado y/o presforzado, tipo monolítico
para carga Cooper E72.

Los durmientes deberán satisfacer la Carga Cooper E72
del manual AREA, debiéndose utilizar un factor de distribución de
0.51 para un espaciamiento de durmientes de 60 cm. centro a cen--
tro y un factor de impacto y velocidad de 2.50, por lo que la car
ga mínima de diseño por eje será de 41.7 toneladas y de 20.8 tone
ladas por riel, ya incluyendo los efectos antes mencionados.

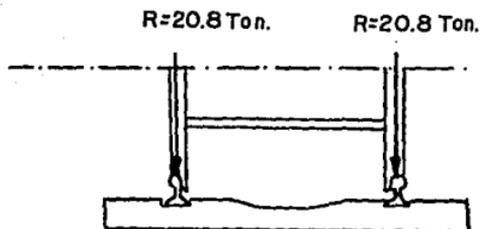
$$F \text{ estática} = 72,000 \text{ lbs.} = 32,70 \text{ toneladas}$$

$$\alpha = 2.5$$

$$\phi = 0.51$$

$$F \text{ cálculo} = 32.7 \times 2.5 \times 0.51 = \underline{41.7 \text{ toneladas}}$$

$$R \text{ cálculo por riel} = \frac{41.7}{2} = \underline{20.8 \text{ toneladas}}$$



ELEMENTOS DE ANALISIS

III.3.4.4 Reacción del Balasto

Si suponemos que el durmiente es una viga, podemos analizarlo como tal. La placa de hule del sistema de fijación sólo transmite la carga.

El paso del ferrocarril ocasiona compactación del balasto. Conforme aumenta el tiempo aumenta la compactación debido al ferrocarril. Esto repercute en la reacción del balasto.

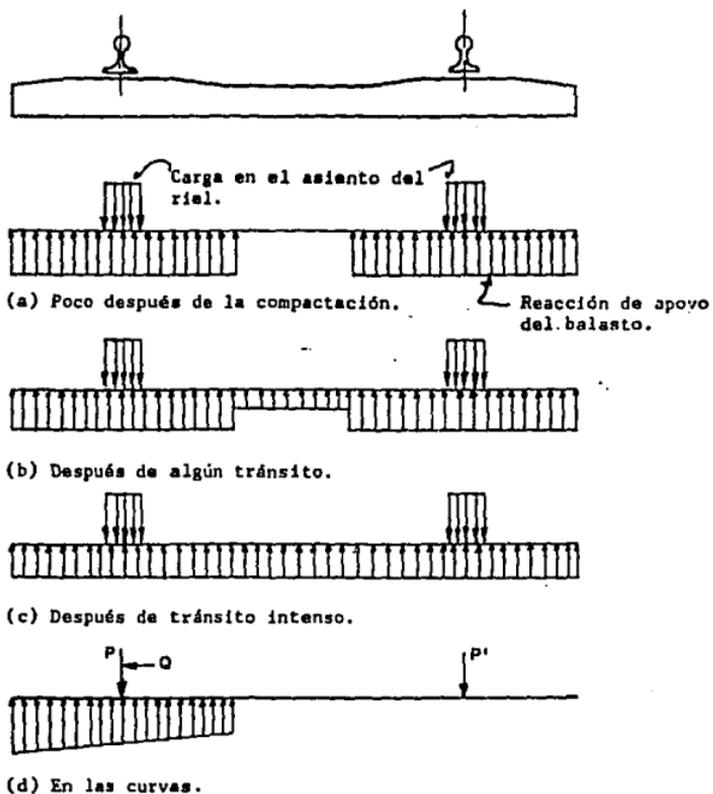


Fig. Reacciones en el apoyo del durmiente para diversas condiciones de carga.

En el primer caso tenemos que la superestructura de la vía es recientemente colocada y por lo tanto el balasto está casi sin compactarse. Es por eso que la reacción sólo se produce abajo del asiento del riel, y es P.

En el segundo caso consideramos que ha pasado un cierto volumen de tráfico. El balasto ahora está compactado a su nivel normal. Ahora la reacción bajo el asiento del riel es P y al centro del claro P/2. Cabe aclarar que esto es lo que llamamos -- condiciones normales de servicio.

En el tercer caso tenemos que el ferrocarril ha pasado sobre la superestructura en bastante tiempo y no se ha dado conservación adecuada. Es por estos que el balasto está fuertemente comcompactado y la reacción está uniformemente repartida bajo el durmiente. Esto es una condición anormal de servicio.

Y por último, en el cuarto caso corresponde a la reacción del balasto en curvas. La experiencia nos dice que los maquinistas que operan el ferrocarril disminuyen la velocidad en curvas restando con esta acción el efecto dinámico.

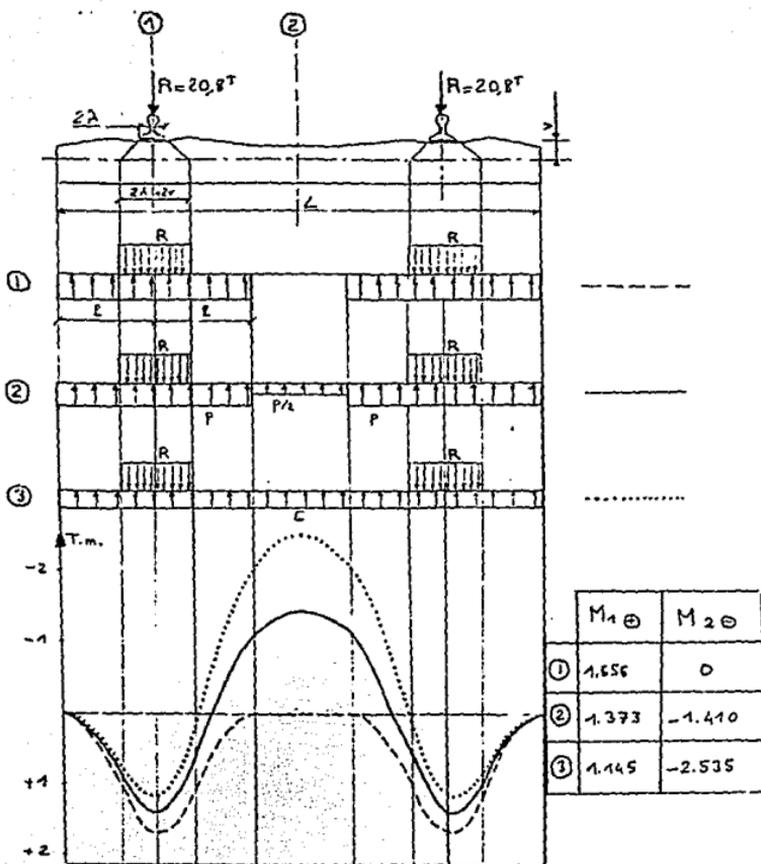
III.3.4.5 DIAGRAMA DE MOMENTOS FLEXIONANTES.

Los diagramas de momentos flexionantes están en función de las dimensiones del durmiente (λ y ψ).

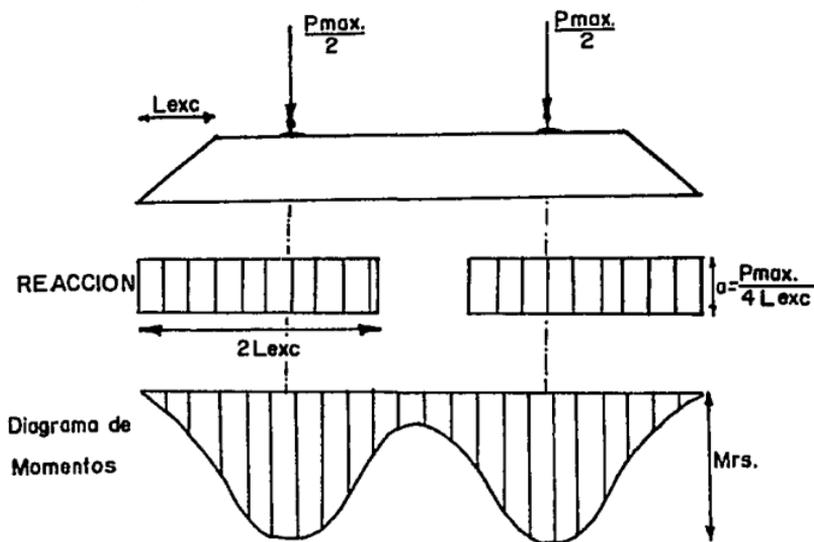
Para el ejemplo de la siguiente página hemos considerado una carga $R = 20.8$ toneladas y tres reacciones del balasto que son:

- 1) Sin compactar
- 2) Condiciones normales
- 3) Condiciones anormales

De los diagramas podemos concluir que hay en el asiento del riel un momento máximo positivo y al centro del durmiente - un momento máximo negativo. Es por esto que se considera que la fibra extrema inferior del asiento del riel está trabajando a tensión y la fibra extrema superior al centro del durmiente también.



MODELO ESTÁTICO SIMPLE PARA LA DETERMINACION DE MOMENTOS
EN EL ASIENTO DEL RIEL.



Para la obtención del valor de M_{rs} usamos la siguiente fórmula obtenida a partir de experimentos.

$$M_{rs} = \frac{a \cdot L_{exc}^2}{2} = \frac{P_{max.} \cdot L_{exc}}{8}$$

III.3.5 FABRICACION DEL DURMIENTE DE CONCRETO.

A través de la historia los durmientes de Concreto que ha utilizado México son tres:

- a) El durmiente de concreto monolítico pretensado
- b) El durmiente de concreto monolítico postensado
- c) El durmiente mixto o biblock

Cada uno se fabrica, como es obvio, de distinta manera. Así tenemos que para el durmiente pretensado se fabrica con técnicas distintas a los otros tipos. Esto trae como consecuencia que - los tres tipos de durmiente los fabriquen distintos tipos de empresas distintas; por ejemplo:

El durmiente de concreto monolítico pretensado lo fabrica COMECOP (Compañía Mexicana de Concreto Pretensado).

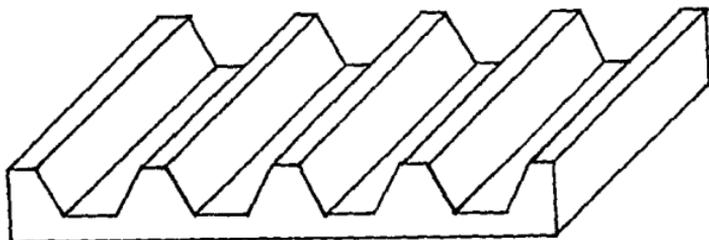
El durmiente de concreto monolítico postensado lo fabrica ITISA (Impulsora Tlaxcalteca de Industrias, S.A.)

El durmiente biblock actualmente no se fabrica.

En el caso del durmiente monolítico pretensado COMECOP su fabricación se lleva de acuerdo a la siguiente descripción:

Es obvio pensar que para fabricar los durmientes se tengan que utilizar moldes para su colado. Es decir, estos moldes hacen las veces de cimbra. Una vez que ya se tienen los moldes, se limpian perfectamente, se engrasan con aceite soluble para que cuando el durmiente ya esté perfectamente fraguado pueda desmoldarse -- sin mayores dificultades. Cabe mencionar que para COMECOP lo ideal

es fabricar 4 durmientes a la vez. Esto es que los moldes son para 4 durmientes. El croquis da una idea sobre los moldes:



El durmiente de concreto se construye, como se ve en --- los compartimientos, al revés.

Una vez que se tienen los moldes perfectamente limpios se aplica una capa de aceite desmoldante que facilita la operación de desmoldeo.

A continuación se arma el espécimen de acuerdo a los siguientes pasos:

- a) Se colocan las 4 primeras líneas de alambre de preesfuerzo.
- b) Se colocan las 4 placas de sujeción del perno de anclaje y sobre éstas, las cuñas del desague (unisel).
- c) Se aplica la tensión a las 4 primeras líneas de preesfuerzo.
- d) Se amarran las cuñas del desague (unisel) y las 4 primeras líneas de preesfuerzo.
- e) Se colocan las segundas líneas de alambre de preesfuerzo y se procede a su puesta en tensión.

f) Se colocan 2 parrillas de acero de refuerzo amarradas sobre el ras a nivel de las 5 segundas líneas de alambre de preesfuerzo.

g) Todo lo anterior se realiza sobre mesas de transferencia sobre las cuales se desplazan los moldes.

Toda vez que el molde está armado, este se traslada a una mesa vibratoria en donde queda sujeto firmemente a ella. Así es llenado y compactado por vibración entre 2 y 8 minutos.

El concreto mezclado se tiene sobre una tolva dosificadora que permite a su vez la descarga uniforme sobre una tolva distribuidora. Esta tolva distribuidora descarga a los moldes.

El molde colado y vibrado se traslada a un túnel en donde se realiza un curado del concreto con vapor a temperaturas controladas.

El túnel de curado cuenta con 3 niveles con 16 moldes en cada nivel, es decir, 192 durmientes curándose todos al mismo tiempo, a una temperatura máxima de 70°C.

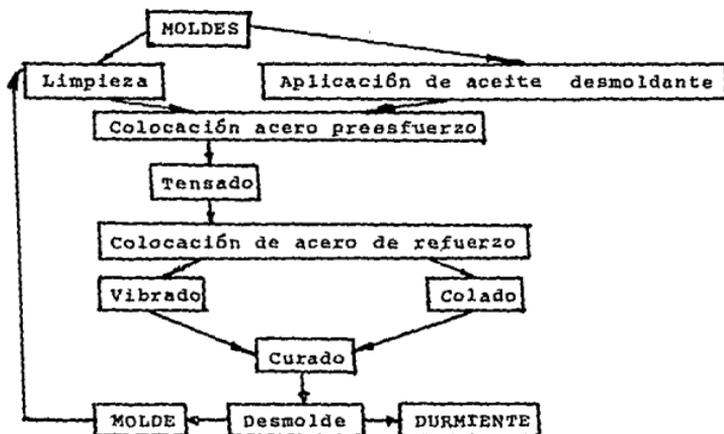
A la salida de la cámara de curado, el molde se traslada hasta la parte inferior de una máquina hidráulica de desmoldes. En esta fase del proceso se inducen los esfuerzos de precompresión en el concreto producidos por el preesfuerzo aplicado.

Al producto terminado se le quitan los tornillos y las placas de tensión.

Después se sella con mortero los alveolos de preesfuerzo y con gasolina se elimina el unisel que quedó ahogado en el durmiente.

Así, se inicia nuevamente la operación de limpieza y el proceso se efectúa nuevamente.

Gráficamente lo podemos ilustrar así:



Los durmientes son almacenados en un patio donde reciben un curado adicional mediante riego por aspersión durante un período mínimo de 7 días.

El durmiente de concreto COMECOP fue resultado de un diseño de acuerdo al A.R.E.A. (American Railway Engineering Association) Capítulo 10 Sección 1.9.

Este durmiente pesa 340 kg aproximadamente con un volumen de 139 litros. El concreto tiene una resistencia mínima de 490 kg/cm² a la compresión en probetas cilíndricas y de 65 kg/cm² a la tensión por flexión en vigas. La dosificación se hace en una planta marca ELBA de acuerdo al peso de los materiales.

Hay que aclarar que el método anterior de fabricación es exclusivo de COMECOP.

Como este trabajo sólo se limita a conceptos básicos -- los procesos de fabricación del durmiente monolítico postensado y el durmiente biblock no se hablarán por considerarse de extensión amplia.

Una de las causas de no mencionar los procesos de fabricación es la de saber que cada fábrica de durmientes en el mundo tiene su propio proceso de fabricación. Así es que es imposible mencionarlos todos.

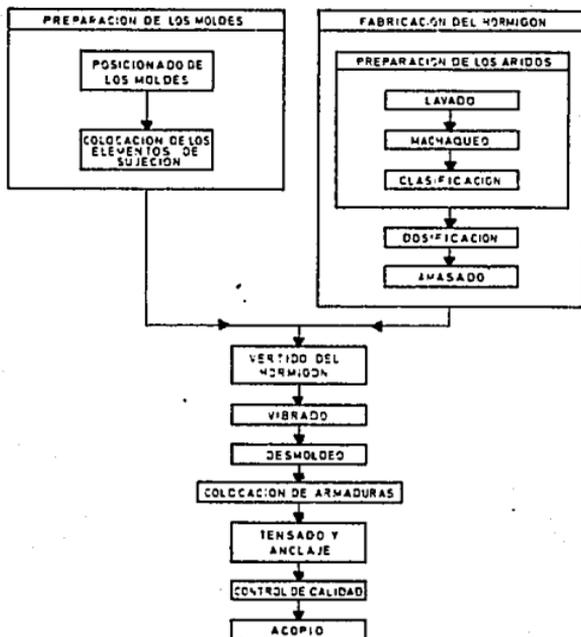
III.2.6 ENSAYES AL DURMIENTE DE CONCRETO Y CONTROL DE CALIDAD.

III.3.6.1. ENSAYES.

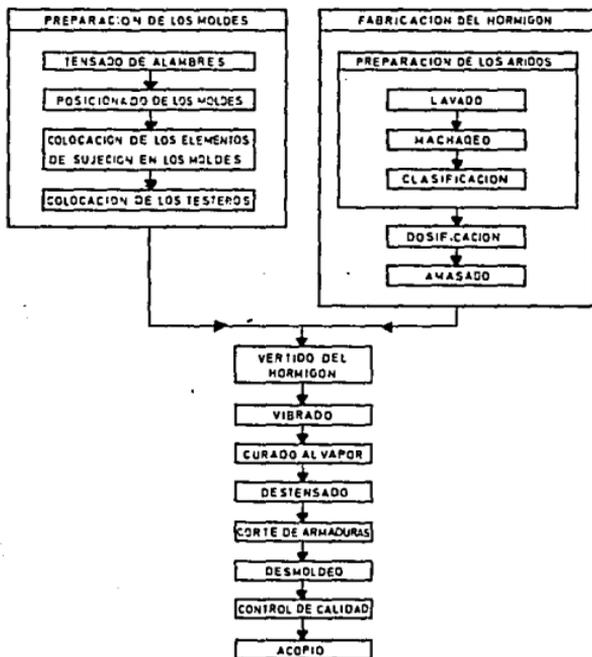
A lo largo de la historia del ferrocarril los durmientes de concreto han avanzado en su diseño y concepción. Esto -- quiere decir que las dimensiones del durmiente son consecuencia de diversos ensayos que se le hacen tratando de representar lo -- que en realidad ocurre en el campo.

Diversos organismos en el mundo han propuesto especificaciones y requisitos mínimos de comportamiento que deben satisfacer los durmientes y fijaciones se someten a éstos ensayos separados o en conjunto.

Esquema del proceso de fabricación de traviesas postensadas

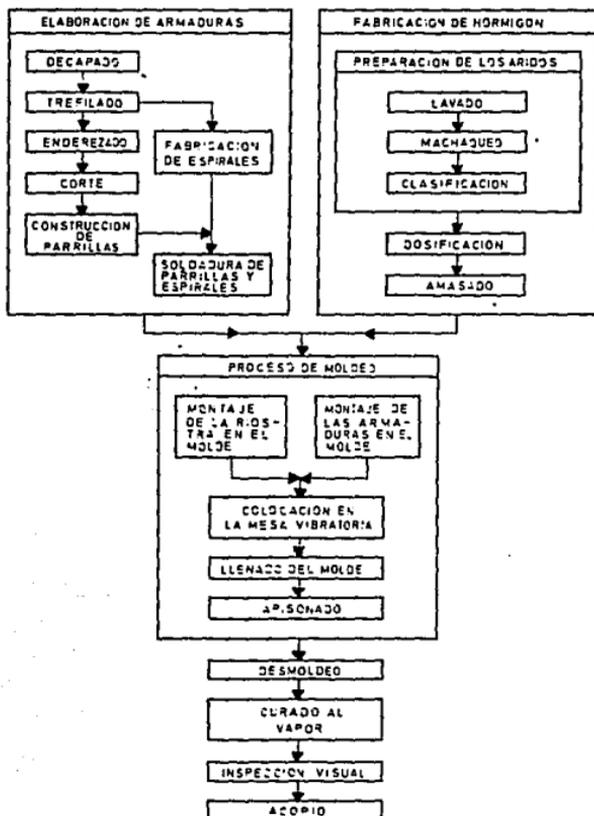


Esquema del proceso de fabricación de traviesas pretensadas



Fabricación de traviesas monobloc postensadas

Esquema del proceso de fabricación de traviesas de dos bloques



En México, Ferrocarriles Nacionales de México, así como la Secretaría de Comunicaciones y Transportes S.C.T. se basan en los reglamentos de la A.R.E.A. para llevar a cabo estos ensayos.

- Descripción de LOS ENSAYES

- Momentos Flexionantes en el Asiento del Riel.

Aquí se evalúa la capacidad en el asiento del riel para resistir momentos, positivos o negativos. En cualquiera de los dos casos anteriores el ensayo se realiza aplicando una carga vertical creciente hasta llegar a la carga especificada. Esta carga depende de la distancia del centro del apoyo del riel al paño del durmiente. Los momentos especificados por la A.R.E.A. dependen de la longitud del durmiente y de la separación entre ellos en la vía.

La carga se mantiene 3 minutos. Durante este tiempo un inspector se encarga, con una lupa, de observar probables fisuras en el área mencionada. Estas fisuras pueden ser microscópicas y apenas perceptibles al ojo humano. Es por eso que se debe emplear la lupa y una fuente de luz.

Se ensaya primero momento negativo y después momento positivo en los dos extremos del durmiente. Después de esto se carga repetidamente el asiento del riel.

Así se carga la zona de asiento del riel con momento -- flexionante positivo hasta agrietar el durmiente al nivel del re-fuerzo longitudinal inferior.

Debe someterse a 3,000.000 de ciclos de carga con una - variación sinusoidal y con una frecuencia de 10 hz. con una carga de cada ciclo de 1,810 kg.

- Momentos Flexionantes al Centro del Durmiente.

A la zona del centro se le aplican momentos flexionantes, tanto positivos como negativos midiendo su capacidad de resistencia.

Para momento flexionante negativo se aplican cargas especificadas no mayores de 2,270 kg por minuto. La carga se mantiene 3 minutos y se examina.

- Adherencia

En este ensaye se vuelve a cargar el riel como en la -- prueba de Momento Flexionante Positivo en el asiento del riel. - La prueba de adherencia se satisface al no haber deslizamientos de los tendones de refuerzo mayor de 0.025 mm. Este deslizamiento se registra con extensómetros cuya precisión es de 1/10000 pulgadas colocados en la parte inferior del refuerzo.

III.3.6.2 ENSAYES AL INSERTO DEL SISTEMA DE FIJACION

- Extracción del Inserto.

Aquí se aplica una carga de 5,443 kg aplicada en 3 minutos y se observa que no haya grietas en el inserto o alguna deformación total.

- Ensaye de torsión.

En este ensaye el inserto debe soportar un momento torsionante de 39.6 kg-m aplicado respecto al eje vertical de la fijación. Se aplica durante 3 minutos y el inserto lo debe resistir - sin girar y sin agrietarse. Esta prueba se realiza con un torquímetro.

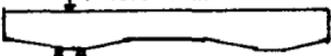
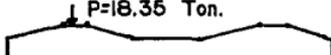
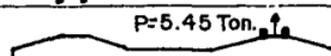
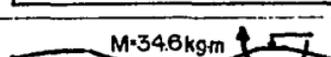
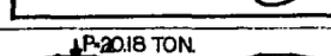
La Secretaría de Comunicaciones y Transportes a través de la Dirección General de Vías Férreas supervisa, controla e inspecciona que los ensayes sean hechos y que los durmientes cumplan con éstos.

En la forma de la siguiente página se observa el control de calidad, así como el control de los ensayes al durmiente de concreto.

DIRECCION GENERAL DE VIAS FERREAS

CONTROL DE CALIDAD

Fecha de Prueba	Durmiente No.		Lote No.	Edad en Días	
	Fecha de Fabricación		Turno	PASA	NO PASA
CONCEPTO					
1. Longitud Nominal = 2524	+13 - 3	Rango { 2537 2521			
2. Ancho Inferior = 280	+ 3	Rango { 283 277			
3. Ancho en el Asiento del Riel = 219	±3	Rango { 222 216			
4. Altura Máxima = 250	+6 -3	Rango { 256 247			
5. Entre ejes de cubetas exteriores = 1,784.5	+ 1.6	Rango { 1786.1 1782.9			
6. Entre ejes de cubetas de una misma cabeza = 274	+ 0.5 - 0.5	Rango { 274.5 273.5			
7. Radio de las cubetas interiores = 15	+0.5 -0.0	Rango { 15.5 15.0			
8. " " exteriores = 18	+0.5 -0.0				
9. Longitud de las cubetas = 100	+2 -1	Rango { 102 99			
10. Dim.transversal agujero de fijación = 34	+1 -2	Rango { 35 32			
11. Inclinación en el asiento del riel = 1/40	+ 5	Rango { 1/45 1/35			
12. Superficie plana y lisa del asiento del riel =	+ 0.8				

	Momentos negativos asiento del riel.	Observaciones:
	Momento positivo asiento del riel.	Observaciones:
	Fijación del inserto.	Observaciones:
	Torsión del inserto.	Observaciones:
	Carga Ultima	Observaciones:
		Observaciones:
Observaciones Generales:		
Residencia		Controló

III.3.6.3 CONTROL DE CALIDAD

En este aspecto, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes en la forma de la página anterior establece las dimensiones que deben de tener los durmientes fabricados por la empresa fabricante.

Cada planta de fabricación de durmientes tiene su propio control de calidad. El que aquí se presenta es sólo un ejemplo.

Para el control de calidad se hace uso de la tabla siguiente:

TABLA DE CONTROL DE CALIDAD

No. de semana	Lote	Clave	Fecha de Fab.	Fecha Prueba	Edad	No. de Ensaye	Res. de Ensaye	Cantidad por lote.	Total acumulad.	Observaciones.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

En la columna (1) se lleva un control del número de semanas, por ejemplo: semana 47

En la columna (2) se lleva un control del lote p.ej. L-06. (lote 6).

En la columna (3) se pone la clave por ej. L06-46-90-4 - (lote 6, durmiente número 46, Mólde 90 y compartimiento 4)

Las columnas (4) y (5) resultan obvias.

La columna (6) contiene la edad del durmiente (días entre la fecha de fabricación y fecha de ensaye) p.ej. 64 días.

La columna (7) contiene el número de ensaye p.ej. 1172.

La columna (8) nos dice como resultó ser el ensaye p.ej. cumple.

En la columna 9 se pone la cantidad por lote, por ej. 200

En la columna 10 el total acumulado.

En la columna 11 se ponen las observaciones realizadas - en el ensaye. p.ej. fisura a 23 toneladas.

Para tomar una muestra representativa se escogen 3 durmientes al azar de un lote. Se prueba uno de ellos y si responde favorablemente se da el visto bueno al lote. Si no pasa la prueba se prueban los otros dos durmientes y los dos deben pasar para que el lote esté listo para instalarse y si no pasan la prueba los dos ó inclusive uno, se desecha el lote.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA
TESTES : VIA ELASTICA.

DEFECTOS DE DIVERSOS COMPONENTES DE VIA ELASTICA.*

DIVISION	LINEA	LONGITUD		DURN.CONCRETO		GRAPA ELAST.		PERNO RS		PERNO SL		PLACA DE MULE		COJINETE CIL.		COJINETE TRAP.		ROND.AISLANTE	
		DW	RS	DW	RS	MO	F	MO	F	MO	F	MO	F	MO	F	MO	F	MO	F
CENTRO	A	328+260		3602			230		79		135		361	8370	1715	256	211		
GUADALAJARA	I	347+024		3223		3223	909	349	466	1100	47	1321	2062	652	91	338	709		
JALAPA	V	132+227										140	4			520	2		
MEXICO	A	23+434		1049		1377	9	1147	5			1590	38			1394		1108	
MEXICO	B	24+100		512		582		516				665	59			557	29	534	17
MEXICANO	S	59+550		1205		2106	1655	2274	1606			1118	1029			1062	875	1074	1680
MEXICANO	SH	22+958		171		684		664				342		342				684	
MONCLOVA	RD	39+147		530		1948	1210	1000	577									20	
MONCLOVA	RA		39+600		8	76		964	76							389	99		
MONTERREY	B	294+120		2033	346	1906	3086	136	2809	1959	655	339	1507		1971	222	1971		
MONTERREY	F		173+300	295	281	26	136	10	152			5	164		3	550			
QUERETARO	A	25+545		138		10	4					1223							
QUERETARO	B	20+900		722		1400		1030				3770	1000	800		1200		3120	
SAN LUIS	B	85+639		1050		179	14	149	113			474	137		114	104	13	73	
SAN LUIS	BC		180+143	225	6097	5198	507	32	19	5382	505	28	261		24	355	5221	558	
SURESTE-VCI	G	24+500			900	194	45	72	26			169	53				155		
TOTAL		1+415+425	393+043	14755	7632	18909	7805	8343	5928	8441	1342	11184	6675	10164	3777	6079	5080	11754	2328
TOTAL	Z			0.61	1.16	0.2	0.08	0.08	0.06	0.08	0.02	0.23	0.14	0.16	0.04	0.1	0.06	0.09	0.01
POR ACCIDENTE	Z			0.07	0.39	0.08		0.06		0.06		0.03		0.03		0.02		0.06	
HAL ORDEN	Z			0.5	0.71	0.12		0.02		0.02		0.2		0.13		0.08		0.03	

Clave:

Hal Orden = MO (Incluye por accidente)

Faltantes = F

1 Km.=1666 Durmientes de Concreto

* FUENTE: Ferrocarriles Nacionales de Mexico, 1980

III.4 SISTEMAS DE FIJACION

III.4.1 Consideraciones.

El propósito del sistema de fijación es transmitir los esfuerzos del riel al durmiente. Estos esfuerzos son generados -- por el paso del ferrocarril, aunque también debemos tener en cuenta factores externos como la temperatura ambiente, por ejemplo.

Para que el sistema funcione bien (transmita correctamente los esfuerzos del riel al durmiente) debe de llevarse un control estricto de mantenimiento y supervisión de la vía. Este control se debe llevar a cabo mediante inspecciones oculares que nos permitan señalar las partes integrantes del sistema de fijación -- que estén en mal estado.

Es difícil desarrollar una lista que cumpla con el criterio de diseño para un sistema de fijación, pero los siguientes puntos son todos importantes:

- a) El sistema debe retener los rieles y su inclinación correctamente.
- b) El sistema debe transmitir con seguridad las fuerzas del riel al durmiente. Estas incluyen cargas verticales, laterales y longitudinales por arrastre del equipo tractivo. Esto cobra especial importancia -- aún en tramos rectos de vía.
- c) El sistema debe atenuar las cargas por choque para -- prevenir al durmiente de impactos mayores. El sistema no debe sufrir por demasiado uso.
- d) La sujeción debe tener suficiente elasticidad y resistencia a la fatiga para dar a la vía una vida --- útil grande.

- e) El sistema de sujeción debe ser tal, que pueda instalarse fácilmente por manual ó métodos mecanizados.
- f) La aislación eléctrica debe ser buena.
- g) La sujeción no debe deformarse.
- h) Los componentes del sistema deben ser baratos y su reemplazo debe ser económicamente factible.
- i) Los componentes del sistema deben ser diseñados para no obligar a tener que diseñar un durmiente de concreto bastante costoso, así como un método de fabricación bastante complicado.
- j) El sistema debe ser aprobado.

La A.A.R. (Association of American Railways) nos fija cuatro consideraciones que afectan el diseño de las fijaciones.

1. La fijación debe tener la suficiente resistencia para mantener el escantillón y el plano de la vía.

2. Una fijación debe diseñarse de tal modo, que un cambio del ancho de la base del riel o variaciones en el escantillón puedan efectuarse sin quitar el durmiente de la vía o sin cambiar los agujeros o los salientes existentes.

3. La fijación debe permitir cambiar los rieles defectuosos o renovarlos sin alterar el durmiente.

4. Cuando se use riel soldado, la fijación debe diseñarse con el propósito de evitar el desplazamiento longitudinal del riel.

III.4.2 ENSAYES

El laboratorio de la A.A.R. diseñó una máquina de trabajo para probar diversos tipos de fijaciones, detalles de fijación al riel más adecuados al durmiente, tanto de madera como de concreto.

Este aparato, permite someter a un durmiente de concreto, junto con el riel y su fijación, a cargas repetidas verticales, combinadas con cargas alternadas laterales hacia adentro y hacia afuera de la vía. Muchas veces para simular las condiciones de servicio, puede introducirse arena y agua durante la prueba de ciclaje.

La carga vertical empleada es de 20,000 lb. (9072 Kg), con 3,750 lb. (1,701 Kg) aplicadas interiormente y 7,500 lb. (3,402 Kg) aplicadas exteriormente. Estos valores representan las fuerzas sobre una curva pronunciada. La A.A.R. sugiere que la fijación debe resistir 2.5 millones de ciclos de esta carga antes de que pueda considerarse como aceptable.

La A.A.R. también ha probado varios tipos de placas de apoyo en el durmiente, como las siguientes:

- a) Madera creosotada
- b) Plástico de Polietileno
- c) Caucho y Textura de Caucho.

De las tres anteriores la de plástico de polietileno es la mejor.

III.3.3 TIPOS DE FIJACIONES

Las fijaciones son de dos tipos principalmente:

- a) Rígidas.
- b) Elásticas.

Las fijaciones rígidas están en desuso actualmente.

Las fijaciones elásticas las podemos agrupar en tres --
formas:

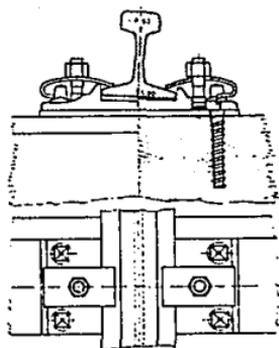
- a) De Clavo
- b) Sistemas de Tornillo
- c) Sistemas de Clip.

a) Los sistemas de fijación de clavo han sido descritos anteriormente en el capítulo II.1.2 (ya que son exclusivos para durmiente de madera).

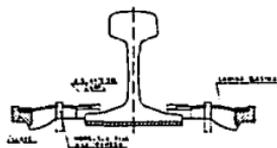
b) Los sistemas de fijación de tornillo son exclusivos para durmientes de concreto. En México es el sistema de fijación que se utiliza. Como ejemplos de sistemas de fijación tenemos:

SISTEMA DE FIJACION VOSSLOH
 SISTEMA DE FIJACION RN
 SISTEMA DE FIJACION RUSSIAN (RUSO)
 SISTEMA DE FIJACION NABLA

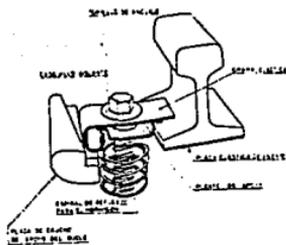
Los 4 sistemas antes mencionados se pueden apreciar en las figuras que proceden. El sistema de fijación RN nos ocupará de especial estudio puesto que es el sistema en uso actualmente en los Ferrocarriles Nacionales de México.



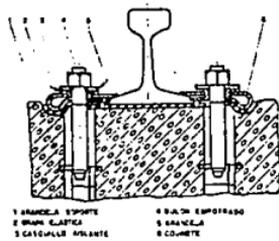
Sujeción tipo D-4.



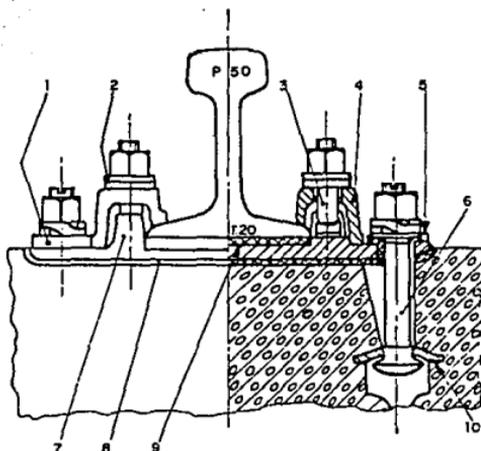
Sujeción Springlock CS.



Sujeción KOWA-KASEI.



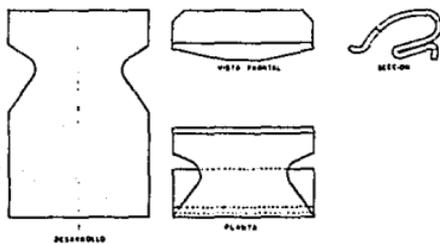
Sujeción IB.



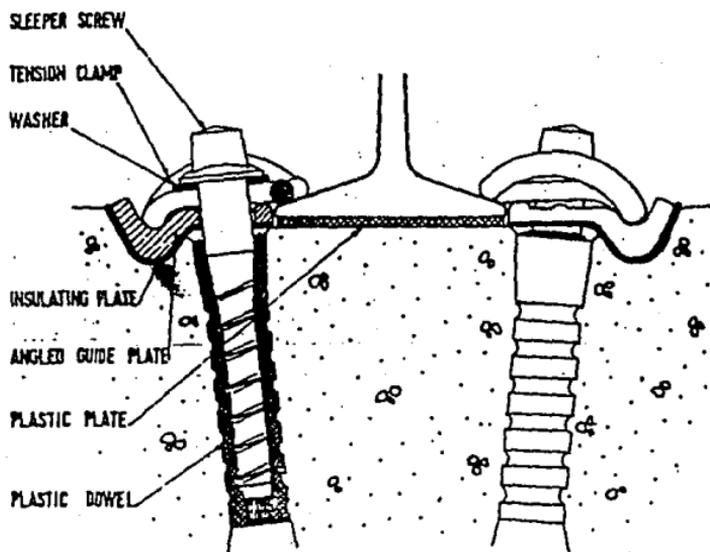
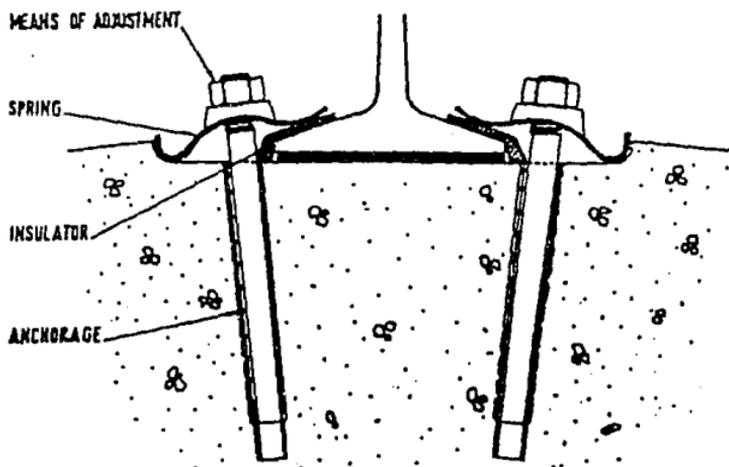
1 ARANDELA DE PLACA
2 ARANDELA ELASTICA DOBLE
3 BULON DE SUJECION
4 GRAPA DE SUJECION
5 CASQUILLO AISLANTE

6 BULON EMPOTRADO
7 COJINETE METALICO
8 PLACA DE CALIJO
9 PLACA BAJO EL PATIN DEL CARRIL
10 ARANDELA DE ANCLAJE

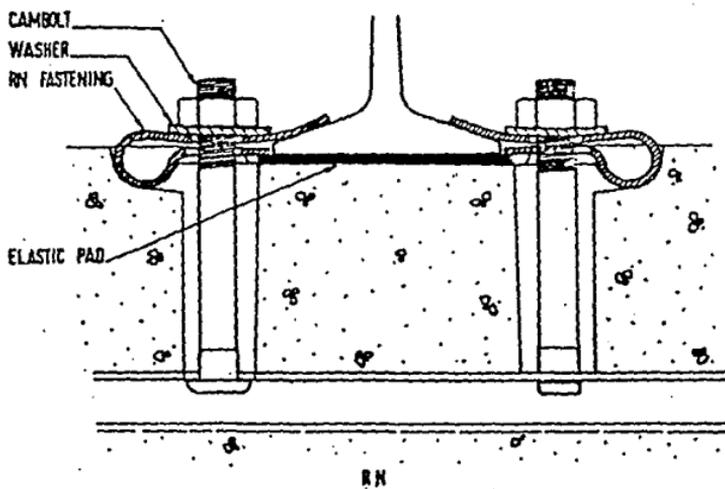
Sujeción K B con bulones empotrados.



Grupo elastico Heybert.

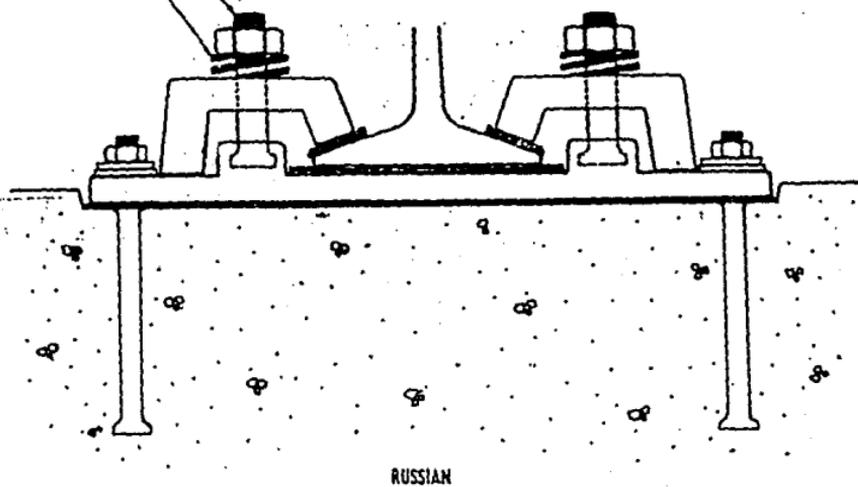


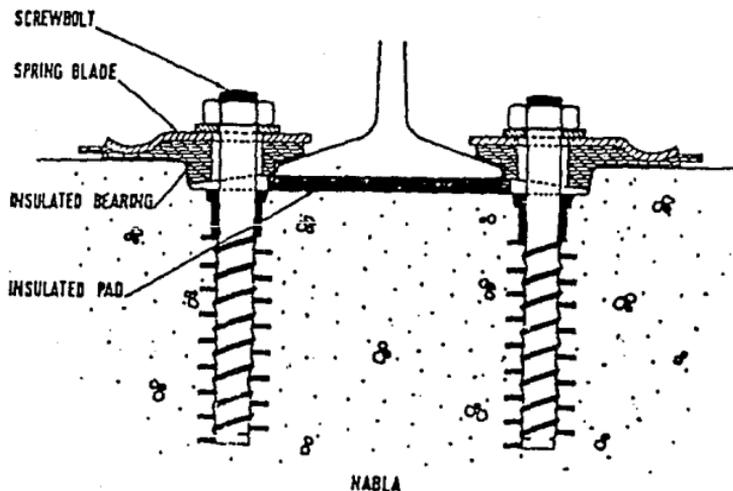
YOSSLOH



ADJUSTING SCREW

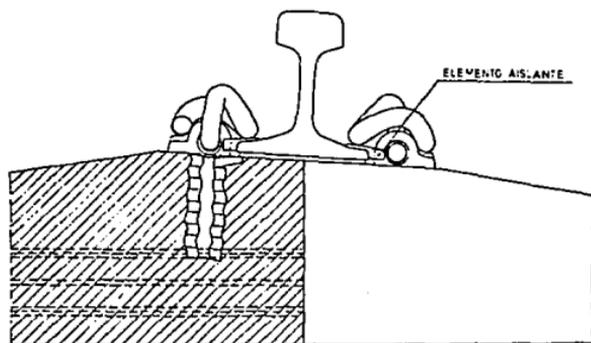
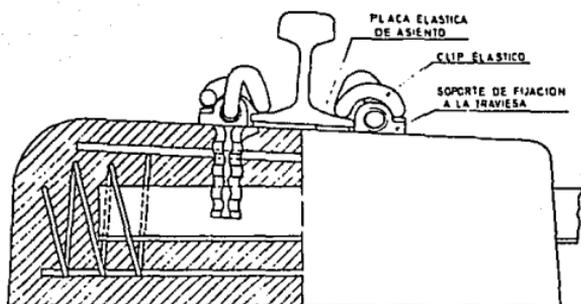
SPRING WASHER



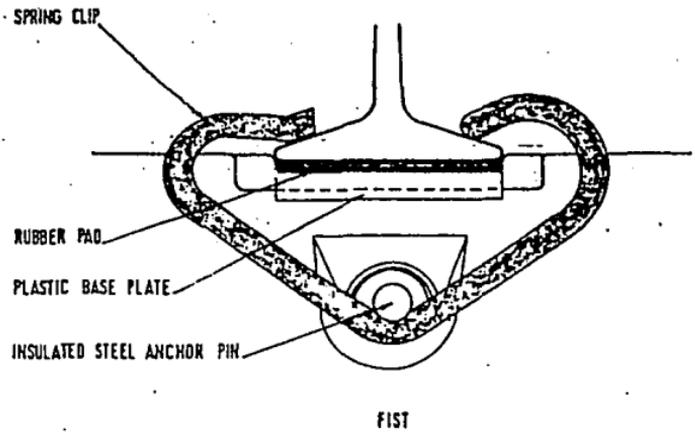
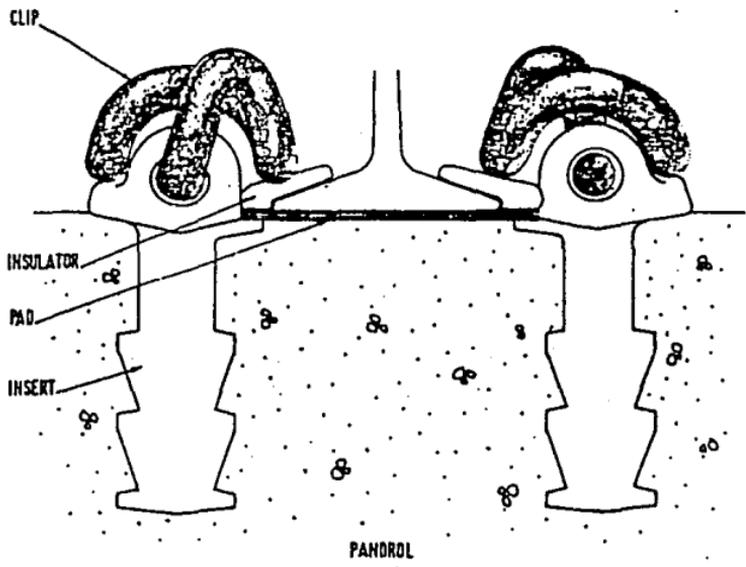


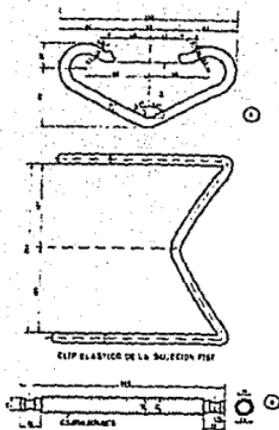
c) Los sistemas de clip proveen elasticidad con algún clip ó elemento de fijación por conexión en el riel de algún lado. Este sistema de fijación por clip es mucho menos propenso al error del operador, puesto que su instalación es fácil y su inspección es por simple visión. Este sistema por sí mismo actúa sujetando de acuerdo a las exigencias exteriores. Pero tiene sus desventajas sobre los sistemas de fijación de tornillo, puesto que pierden con facilidad su ajuste.

A continuación se presentan varios ejemplos de este sistema de fijación.

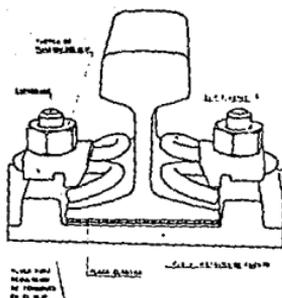


Sujeción Pandrol en hormigón.

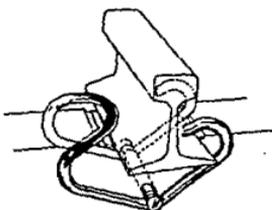




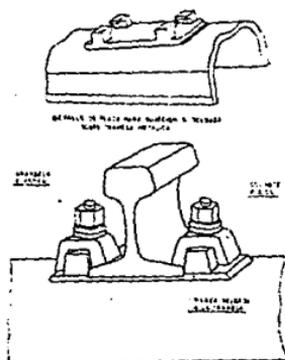
Sujeciones de cuña
y cojine



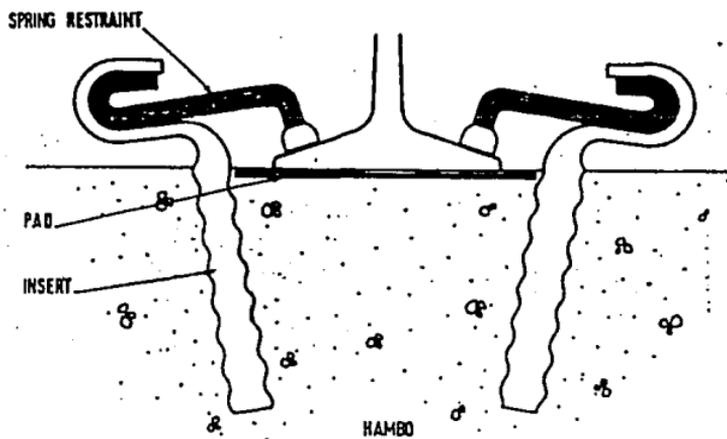
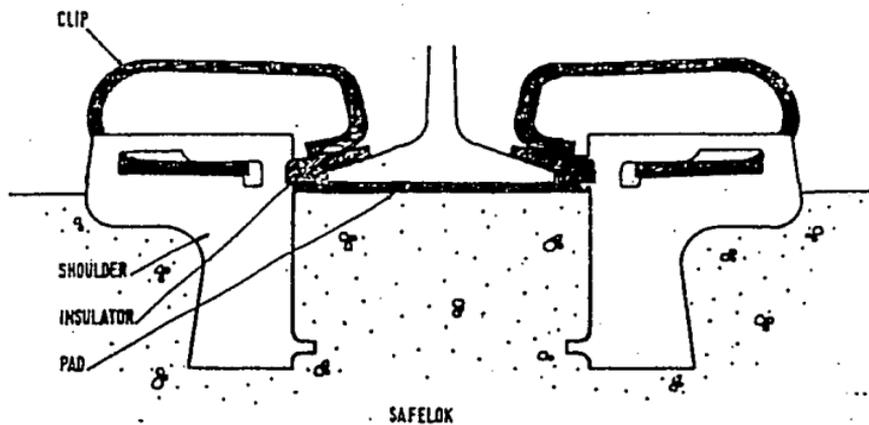
Sujeción SNL 2.



Conjunto de la sujeción FIST.



Conjunto de sujeción K sobre
traviesa metálica.



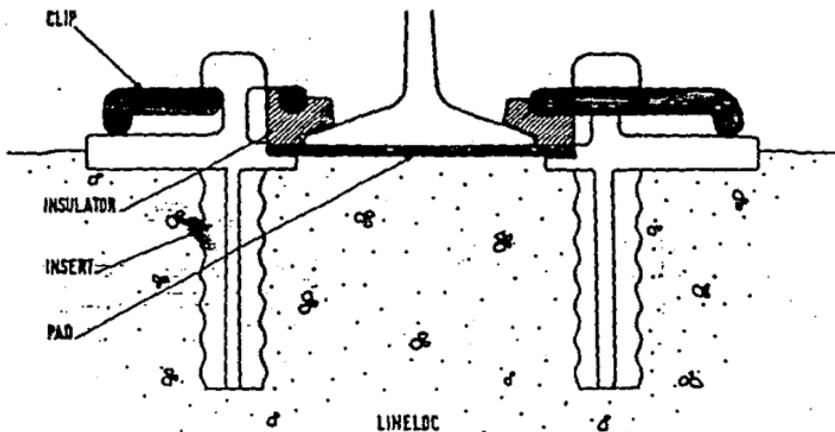
INSULATOR ASSEMBLY

CLIP

SHOULDER INSERT

TIE PAD

SIDEWINDER



III.4.4 ESTUDIO DEL SISTEMA DE FIJACION R.N.

Como lo hemos mencionado anteriormente, el sistema de fijación RN es el utilizado en México para la vía elástica. Es por eso que en este trabajo le concedemos especial interés.

III.4.4.1 Conceptos Preliminares.

Es importante recordar, que la propiedad esencial de -- cualquier fijación elástica de riel al durmiente sobre las fijaciones rígidas consiste en permitir que al paso de las circulaciones de los trenes, se produzcan pequeñas oscilaciones verticales del riel amortiguándose de esta manera la energía de los choques que inevitablemente se producen. Estas oscilaciones se deben a que la grapa funciona como muelle. Si las grapas no actúan como muelles, el régimen elástico desaparece y las grapas se convierten en fijaciones rígidas, pero de escasa rigidez.

Otra de las causas que pueden ocasionar que la grapa deje de ser elástica es la de apretar excesivamente los tornillos. - Esto ocasiona que el acero con el que están fabricadas actúa con tensiones más grandes que su límite de elasticidad y entonces se producen deformaciones permanentes y pasan a ser grapas rígidas.

La forma correcta de apretar se describe más adelante.

III.4.4.2 Colocación Grapa.

Ferrocarriles Nacionales de México a través del Instituto de Capacitación Ferrocarrilera editó un folleto llamado "Normas para la Construcción de Vía Elástica", en este documento se enumeran las instrucciones para la colocación y apretado de grapas, en este trabajo sólo se transcriben.

Para la colocación y apretado de las grapas se seguirán estrictamente las instrucciones siguientes:

a) Comprobada la posición correcta de los durmientes del riel y de las placas y cojinetes de hule, se introducen en las "chimeneas" o huecos del durmiente o pernos de fijación de las grapas, cuya base descansará en la parte de la muesca practicada en la barra de unión de los dos bloques de concreto del durmiente "RS" (ó - durmiente monolítico). Es absolutamente necesario que el fondo del hueco o chimenea esté limpio de polvo, arena, etc. lo que se consigue inyectando aire o con una escobilla. Para esto se utilizarán - los huecos existentes en las dos paredes laterales del durmiente.

b) Se colocan las grapas con o sin arandela (según sea necesario o no) introduciendo sus orificios en la cabeza superior - del cuerpo del tornillo, de manera que la rama larga de la grapa, - apoye sobre el patín del riel en la línea del primer contacto. Se enrosca enseguida a mano la tuerca sobre la parte fileteada del tornillo hasta que haga contacto con la arandela plana.

c) Se hace girar el tornillo de manera que la ranura --- existente en la extremidad superior del mismo se coloque paralela--

mente al riel y sujetando el tornillo se aprieta a mano la tuerca - hasta que la parte superior de la cabeza del tornillo apoye en los labios de la entalladura hecha en la barra de unión de los bloques. En esta posición puede procederse al apretado de los tornillos.

d) La operación de apretado de los tornillos debe realizarse con las máquinas atornilladoras, a las que se les ha colocado un dispositivo especialmente proyectado para el montaje de las grapas elásticas ó con las máquinas STUMEC.

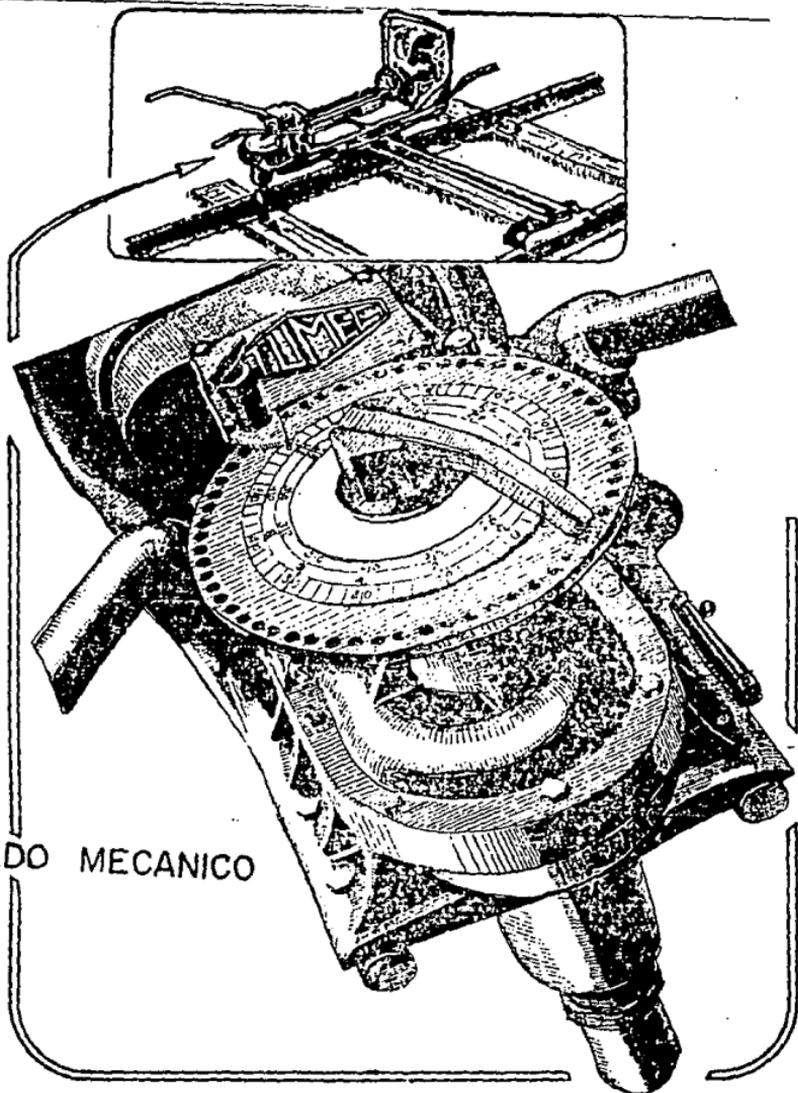
En ambos tipos puede leerse sobre un círculo graduado - la carrera vertical de la llave de apriete.

El apretado de las tuercas de los tornillos se efectuará a una velocidad de 15 vueltas por minuto y con menor velocidad si se utiliza atornilladora STUMEC.

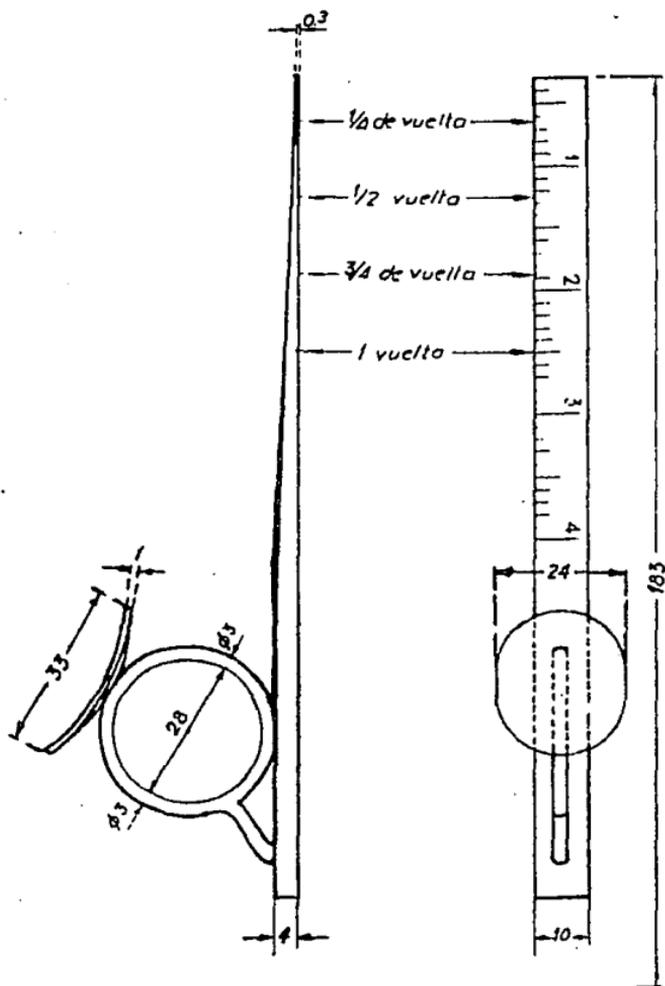
La operación de apretado se efectúa en dos tiempos:

1) PRIMER TIEMPO: Las tuercas de todas las grapas se aprietan hasta que la flexión de la grapa sea tal que en el segundo contacto quede un juego de 1 a 1.5 mm, lo que se consigue fácilmente haciendo uso del limitador de carrera que las atornilladoras poseen.

2) SEGUNDO TIEMPO: Detrás de la atornilladora que ha efectuado el primer tiempo del apretado, un reparador provisto del calibrador representado en la figura mide en décimas de milímetros el juego que ha quedado en el lugar del segundo contacto al -



APRETADO MECANICO

CALIBRADOR PARA MEDIR EL JUEGO DE LAS GRAPAS EN EL 2o. CONTACTO.

realizar el primer tiempo del apretado, juego, cuyo valor se apunta con marcador en la cara superior del durmiente o en el patín del riel.

Una segunda atornilladora (o la primera cuando ha terminado el trabajo) procede a apretar las tuercas haciéndolas descender mediante la utilización del círculo graduado, las décimas de milímetro anotadas para cada grapa en el riel o durmiente.

Operando del modo indicado se efectúa el apretado correcto de las grapas, sin deformación permanente de éstas ni de las arandelas aislantes. La curvatura que la parte plana de éstas últimas debe tener es aproximadamente de 250 cm de radio, y como en los ensayos de recepción se prueban a 180 cm de radio, no hay motivo alguno para que se agrieten cuando el apretado se hace correctamente.

e) Si el montaje de las grapas se hiciese a mano, se procederá de manera análoga a lo expuesto en el párrafo anterior, es decir, en dos tiempos.

Para graduar la carrera de la llave en el segundo tiempo del apretado, debe tenerse presente que como el paso del tornillo es de 25 décimas de milímetro, a cada cuarto de vuelta de la llave corresponde 6.25 décimas de descenso de la tuerca. Por consiguiente, el reparador encargado de segundo tiempo de apretado deberá atenderse a la siguiente tabla:

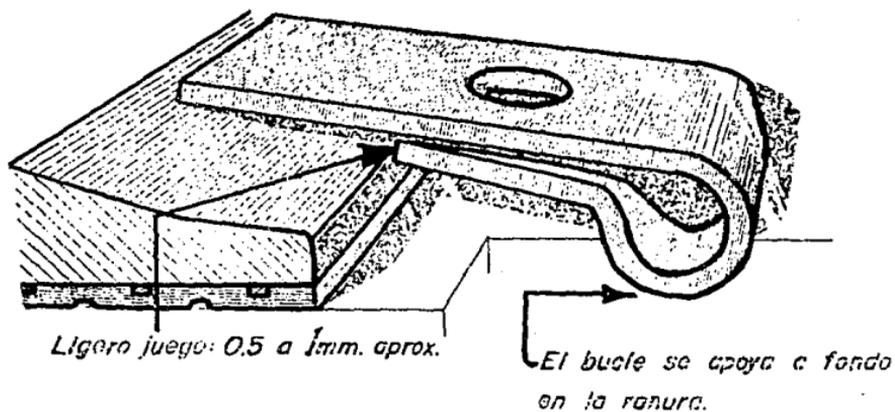
Cuartos de Vuelta	Descenso de la Tuerca
1	6.25 décimas
2	12.50 "
3	18.75 "
4	25.00 "

f) La cuadrilla del montaje, ya sea que éste se realice en un campamento o en la vía, debe dejar las grapas correctamente apretadas, es decir, realizar sin excusa alguna los dos tiempos del apretado, antes que sobre el tramo pase algún ferrocarril.

g) Lo más pronto posible se procederá a recubrir el extremo superior del tornillo y parte de la tuerca con una caperuza de grasa consistente, con el objeto de impedir la oxidación del fileteado de ambos elementos.

h) Cuando la temperatura del ambiente sea inferior a -- 15°C, las arandelas aislantes se colocarán, previa inmersión, en una vasija con agua caliente. La temperatura del agua debe ser de 60°C y el tiempo de inmersión el necesario para que las citadas -- arandelas se muestren flexibles. En la figura g se muestra la colocación correcta e incorrecta de las grapas RN; asimismo las figuras b y c nos indican un corte de las grapas elásticas colocadas tanto en durmientes de concreto (RS o monolítico) como en madera. Por último, en la figura d se muestran el perno tira--fondo RS, la placa de hule acanalada que entre el patín del riel y el durmiente y el cojinete amortiguador de hule, donde se asienta el bucle de la grapa RN.

COLOCACION CORRECTA



COLOCACION INCORRECTA

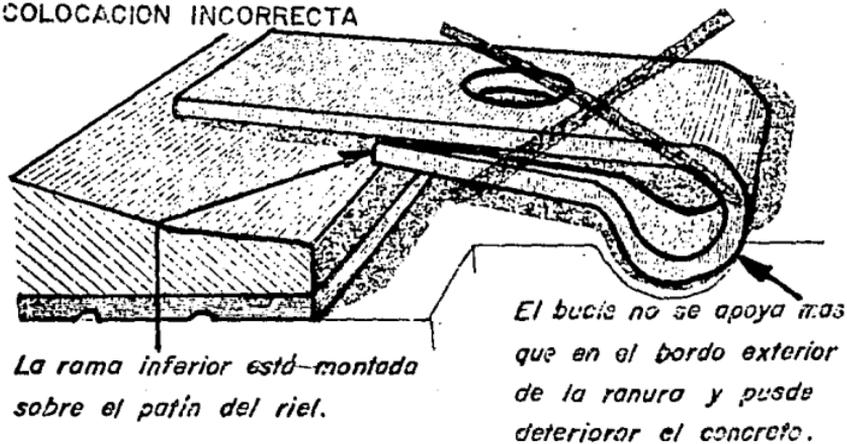
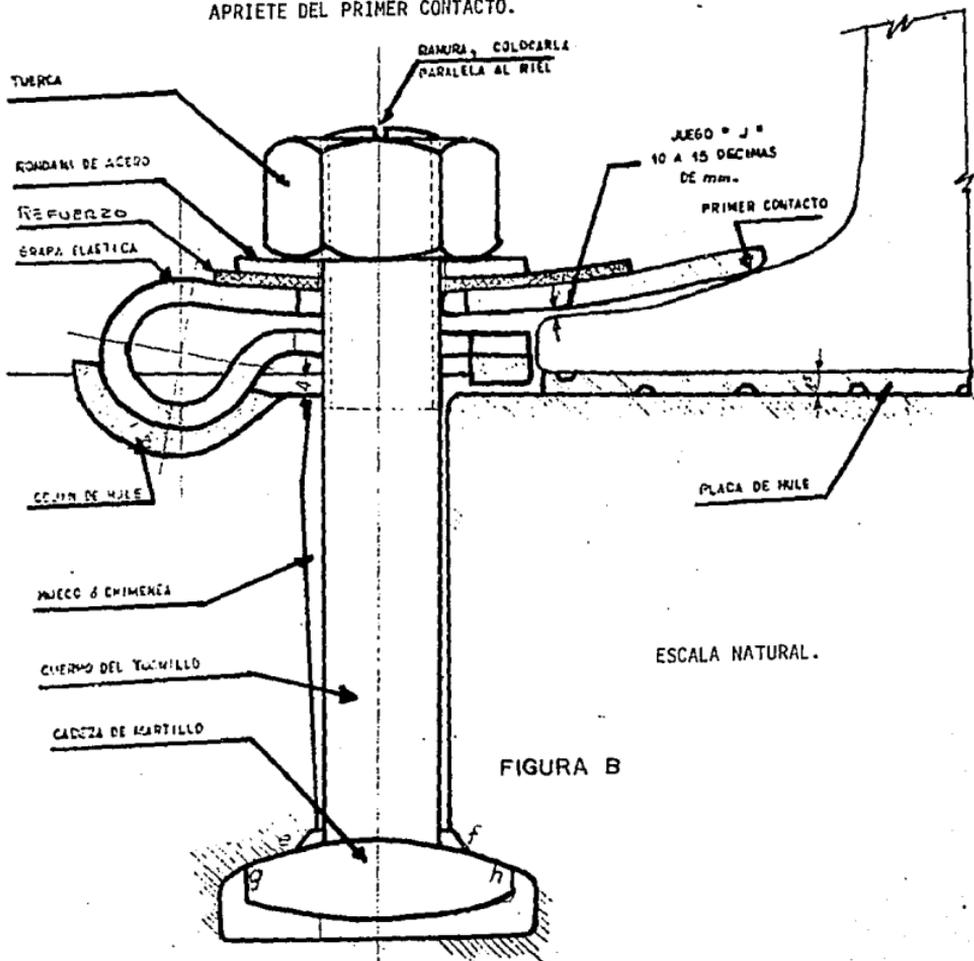


figura a

A CONTINUACION SE MUESTRA UN ESQUEMA DE LA FIJACION ELASTICA SOBRE DURMIENTES DE CONCRETO

APRIETE DEL PRIMER CONTACTO.



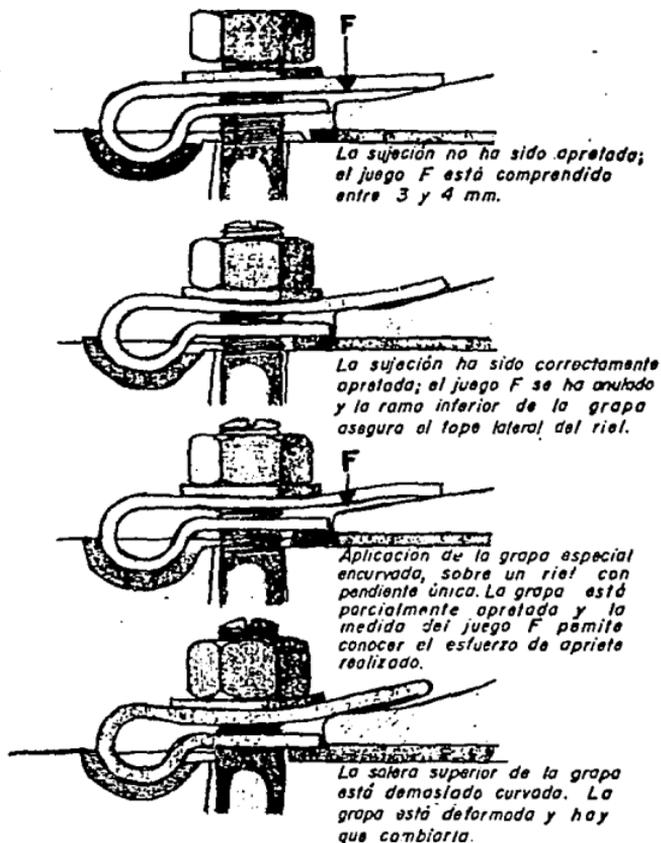


FIGURA C

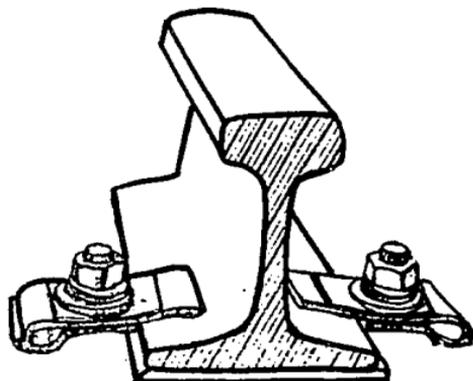


FIGURA D

III.4.4.3 Conservación del Sistema de Fijación RN

De cualquier manera si se trata de una vía elástica nueva se debe tener cuidado en el correcto apretado de la fijación. Esto es independiente de todo acto de conservación. Después de la correcta colocación se debe verificar el apretado al cabo de algunos meses, no llegando al límite del año. Como precaución no se debe dejar esta tarea después de la estación cálida que siga a la fecha de colocación.

Un aspecto importante en la conservación es la verificación de la elasticidad de la fijación. Esta elasticidad es conservada (se supone) durante los primeros cuatro años de la vía. Para vías de más de cuatro años la elasticidad es dudosa. Es por esto - que se debe llevar una revisión general del apretado.

Esta revisión se llevará a cabo intentando introducir un calibrador de dos décimas de milímetro de espesor, en los bordes de las grapas que hacen el primer y segundo contacto. Sólo será obligatorio el apriete general de las grapas cuando en las zonas inspeccionadas, el 25% de las grapas tengan un juego en el segundo contacto igual o superior a 1mm.

El apriete de las grapas se realizará con atornilladoras automáticas o manuales, provistas de carátula que mide el descenso de la tuerca. No deberán utilizarse atornilladoras revolucionadas a más de 60 vueltas por minuto.

Al mismo tiempo que se realizará la revisión del apretado de grapas, se recubrirá la parte fileteada de los tornillos con grasa consistente u otro recubrimiento eficaz.

Aparte de la revisión antes descrita, deberán hacerse -- muestreos anuales para conocer el apretado de las grapas, operación que se ejecutará antes de los primeros calores o fríos intensos en la forma antes mencionada.

Las grapas o grapillas R.N. tienen una garantía de fabricación de 5 años y la fecha de fabricación a la marcada bajo relieve en la superficie superior de las grapas, por lo que al producirse una rotura de la misma dentro de su período de garantía, dichas grapas deberán remitirse al jefe del departamento de vfa para su -- examen y mantener una vigilancia especial dentro del tramo donde -- ocurrieron estas fallas, pues pudieran producirse roturas sucesivas como consecuencia de una producción defectuosa de estos elementos -- de fijación.

III.5 RIELES

III.5.1 Definiciones

- RIEL ORDINARIO. Es el que tiene una longitud que varía entre los 33 pies (10.05 metros) y 39 pies (11.887 metros) de cualquier calibre y que para formar la vía se unen entre sí por planchuelas. (Vía clásica).

- RIEL LARGO. Es el que tiene una longitud promedio de 78 pies (23.77 metros), 117 pies (35.66 metros) o mayor, de cualquier calibre y que se obtiene de soldar dos o más rieles ordinarios.

- RIEL CONTINUO, (LARGOS RIELES SOLDADOS "LRS"). Es el que se obtiene de soldar entre sí por cualquier procedimiento, varios tramos de rieles largos lográndose rieles sin juntas de longitud que varía desde 250 metros, 1200 metros o mayores.

- VIAS SIN JUNTAS. Son vías cuyos rieles "largos" han sido soldados para formar barras o tramos de gran longitud "LRS" en las que su parte central no experimenta movimiento por efecto de las dilataciones o contracciones originadas por los cambios de temperatura.

- TRAMOS SIN JUNTAS. Es la parte de una vía, comprendida entre dos juntas emplanchueladas o entre dos juntas de dilatación. En esta definición se comprenden también todos los tramos soldados provisionales que ulteriormente han de constituir la vía elástica.

- JUNTAS DE DILATACION. Son dispositivos especiales que permiten recorridos importantes de los extremos de los rieles que en ellos concurren. En lo sucesivo se denominarán "J.D."

Está constituida por una ahujas y contraahujas, ancladas a la vía sobre durmientes de madera, dichas juntas son intercaladas entre los extremos de dos rieles consecutivos de gran longitud (LRS) soldándolas a los mismos o por medio de juntas bloqueadas.

- SEPARACION DE RIELES. Es el espacio entre los extremos de los rieles en las juntas emplanchueladas o entre las dos -- agujas de las "J.D."

III.5.2 Breve Historia del riel

¿Qué es un riel?, Bien, un riel es una cierta cantidad de acero laminado con una sección en forma algo semejante a una -- "T" invertida.

Esta forma de "T" fue creada en 1830 por Robert L. Stevens. Antes de su invención, los rieles eran de madera reforzada con soleras de fierro y también se usó el fierro colado. Pero ni la madera ni el fierro colado daban resultados satisfactorios. -- Así entonces, Robert Stevens creyó que el acero forjado podría laminarse hasta formar barras en forma de "T" con peso razonablemente ligero.

El primer riel se laminó en Inglaterra, ya que Estados -- Unidos no poseía plantas laminadoras. En estas condiciones se fabricaron 500 rieles con longitud de 15 pies (4,572 metros) con un

peso de 36 libras por cada yarda de longitud. (16.32 Kg por yarda) (14.93 Kg por metro),

Las ventajas que ofrecía el riel de acero al riel de fierro colado son que el metal no "escurría" ni se extendía por el peso del tráfico. Esto es, los rieles duraban más que los de fierro forjado y soportaban cargas axiales mayores. Esto tuvo como consecuencia un mayor aumento de tráfico pesado.

La evolución del riel fue resultado de experimentos para producir un acero mejor y más uniforme.

III.5.3 Diversos Tipos de Rieles.

La figura muestra los nombres de las diversas partes de un riel. Esta forma es la concepción moderna del riel.

Las partes son:

- a) Hongo
- b) Alma
- c) Patín.

Los porcentajes mostrados indican el por ciento de cantidad total de metal contenido en las partes indicadas.

Comúnmente al riel se le denomina por el peso promedio -- correspondiente a una yarda de longitud. Por ejemplo la figura -- muestra una sección de riel de 312 libras.

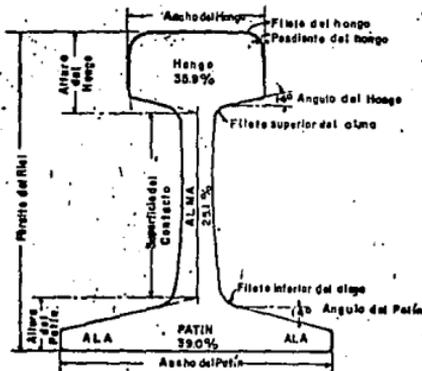


FIG. 1. Sección de riel con los nombres de sus partes.

Las diversas dimensiones del riel se deben al tráfico -- que circulará sobre él. La figura nos ilustra a escala las diversas formas y tamaños de los diseños del .A.R.E.A. en el año de -- 1934 para cinco diferentes pesos del riel. En este esquema se presentan las dimensiones de la anchura del patín, la anchura del hongo y la altura de cada sección.

Cabe señalar que muchos ferrocarriles han adoptado las - secciones impuestas por el A.R.E.A. mientras que otros ferrocarriles adoptan rieles con ligeras modificaciones en sus dimensiones.

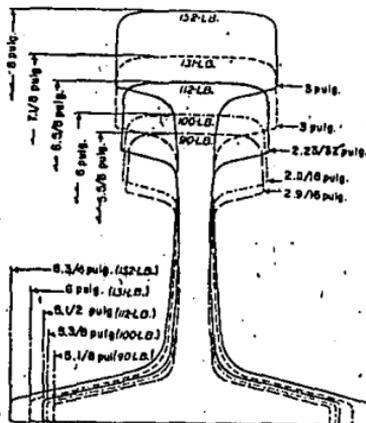


FIG. 2. Comparación de tamaños y formas de cinco rieles de diferentes pesos.

Una tabla aún mayor que la anterior se muestra en las siguientes figuras. Estas secciones fueron desarrolladas por el A.R.E.A. y A.R.A. en 1909

En la primera figura vemos con literales diversas dimensiones que en la tabla posterior se ejemplifican.

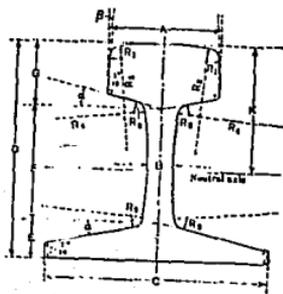


FIG. 117. STANDARD RIM SECTION.

TABLE XXV.—ANGLES AND DIMENSIONS OF STANDARD DESIGNS FOR RAILS.

System.	Standard symbol.	Head, inches.				Angles.			Dimensions, inches.								
		Fillets, R_2 .		Top of head, R_1 .	Side of web, R_3 .	Bottom of head and web, α .	Side of head, β .	Weight of rail, lbs. per yard.	A	B	C	D	E	F	G	K	
		Under toe, H_1 .	Above base, H_2 .														
American Society of Civil Eng.	A.S.C.E.	1	1	1	12	12	14°	Vert.	60	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.20
		70	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.40							
		80	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.62							
		100	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.92							
American Railway Association and American Ry. Eng. Assn.	R.A.A.	1	1	1	11	11	4 : 1 11° 02'	1 : 15 4° 25'	60	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.37
		70	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.53							
		80	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.61							
		100	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3.93							
A.R.E.A., 1915	R.E.	1	1	1	11	11	4 : 1 11° 02'	1 : 15	100	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3 1/2
		110	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3 1/2							
		120	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3 1/2							
		130	2 1/2	11	4 1/2	4 1/2	11	1 1/2	1 1/2	3 1/2							

El riel más pesado se adapta mejor para el transporte de tráfico pesado y rápido de pasajeros y carga por constituir una vía más firme y más cómoda. En 1941 el A.R.E.A. ideó la gráfica que a continuación se representa, para calcular rápidamente qué peso de riel es más económico para un peso por eje determinado.

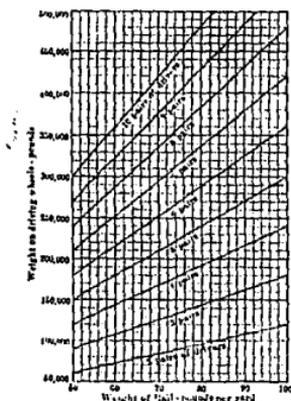


FIG. 110.—CURVES FOR FINDING THE NUMBER OF DRIVERS NEEDED FOR GIVEN WEIGHT ON DRIVING WHEELS AND WEIGHT OF RAILS.

III.5.4 Composición Química del Riel.

Las sustancias elementales contenidas en un riel son:

Fierro	Fe	→	98 ó 98.5 por ciento
Silicio	Si	}	1.5 ó 2 por ciento.
Manganeso	Mn		
Carbono	C		
Fósforo	P		
Azufre	S		

Algunos de los anteriores elementos son necesarios y --- otros son impurezas. De 1.5 a 2 por ciento está constituido por - carbono, manganeso, silicio, fósforo y azufre, siendo fierro el -- 98 ó 98.5 por ciento restante.

La calidad (durabilidad y servicio) del riel depende del correcto proporcionamiento de los elementos, carbono, manganeso y silicio, con el fierro y de la eliminación de la suficiente cantidad de fósforo y azufre de la combinación.

El proporcionamiento para un riel de 101 a 120 libras es el siguiente, de acuerdo con el A.R.E.A.

Carbono entre 67 y 80 centímetros de 1 por ciento
 Manganeso 70 centésimos de 1 por ciento
 Silicio de 10 a 23 centésimos de 1 por ciento.
 Fósforo no más de 4 centésimos de 1 por ciento.
 Fierro el resto del material.

El comportamiento del riel debido a cada uno de los elementos es el siguiente:

El Carbono lo tiende a hacer más duro, pero más quebradizo. Es decir, el riel con alto índice de carbono se debe utilizar en curvas de radio corto o lugares de desgaste excesivos.

El manganeso proporciona tenacidad al metal.

El silicio es útil debido a su reacción química, pues ayuda a quitar burbujas en la fabricación.

El Azufre es la impureza más perjudicial, ya que hace que quebradizo al riel.

III.5.5 Fabricación del Riel.

En este aspecto sólo se mencionan los aspectos básicos de la fabricación del riel.

El acero que se utiliza para la fabricación del riel se obtiene en los llamados "altos hornos" que pueden producir de 40 a 100 toneladas o más de metal fundido que, a su vez, se vacía en una serie de moldes de hierro fundido en donde el acero líquido se enfría y se solidifica formando los "lingotes".

Una vez solidificados se llevan a otros hornos especiales donde se les calienta hasta tener la temperatura requerida para ser laminados. Este proceso consiste en hacer pasar el lingote por una serie de rodillos que lo desbastan y otros que le dan la forma del riel.

El lingote se corta en dos partes y de cada una de ellas se pueden obtener de 2 a 4 rieles, de acuerdo con la longitud y la sección del riel que se vata a producir.

El proceso de laminado es el siguiente:



PASO 1



PASO 2



PASO 3



PASO 4



PASO 5



PASO 6



PASO 7



PASO 8



PASO 9



PASO 10



PASO 11

III.5.6 Defectos del Riel

Para que quede fuera de dudas los rieles defectuosos se clasifican en:

- a) Rieles fallados.
- b) Rieles dañados.

Los rieles fallados son aquellos que se rompen a punto de romperse.

Los rieles dañados son aquellos que por accidentes o descarrilamientos han recibido algún daño.

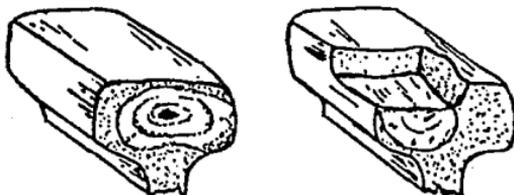
Generalmente las fallas en los rieles son originados por defectos ó deficiencias en el acero con que están fabricados. ---
Otras de las causas son el mal manejo, la operación impropia del equipo tractivo, sobrecarga en un equipo tractivo, etc.

El defecto más importante y el más temido es la fisura transversal, debido a su alto riesgo de peligro.

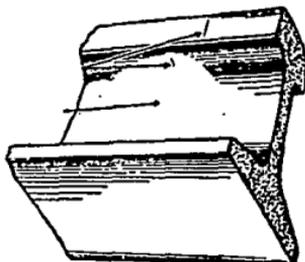
La fisura transversal es una fractura transversal progresiva que se origina alrededor de un centro o núcleo, a partir del cual se extiende hasta llegar a la superficie del riel y ocasionar su rompimiento.

El origen de la fisura transversal es una grieta pequeña presente en el riel después del proceso de laminación. Durante el paso del equipo rodante esta falla aumenta gradualmente hasta adquirir las caras fisuradas un alto grado de pulimiento.

Ahora no sólo puede darse el caso de fisuras debidas al peso del ferrocarril, sino también por causas como: Cambio brusco de temperatura ó un golpe fuerte sobre el hongo.



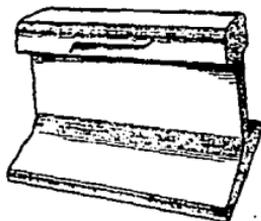
Fisura compuesta.



Fisura transversal. Sangría de oxido.

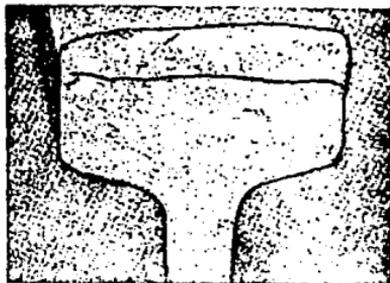
El peligro de la fisura transversal es que se origina en el interior del riel, trayendo esto como consecuencia que ninguna persona se dé cuenta de su existencia. Pero una vez detectada en el exterior del riel debe desecharse éste por seguridad.

La fisura compuesta se presenta en el riel en forma longitudinal.



Fisura compuesta. Cuando ha llegado a la superficie

Otro de los defectos encontrados en la vía son las grietas horizontales del hongo. En este defecto, una capa de la porción superior del hongo se separa del metal adyacente inferior. Este es el más común en las vías de México. Este defecto se puede observar desde antes que se presente una debilitación del riel.



Grieta horizontal del hongo.

El origen de la grieta horizontal es causado por pequeñas ranuras interiores o separaciones del metal en el hongo.

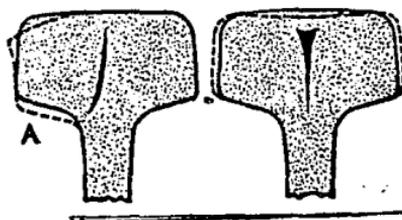
En la figura siguiente se muestra la grieta.



Otro defecto en el riel es la grieta vertical en el hongo. Esta es localizable antes de que cause perjuicio al riel. Como los defectos anteriores, se origina con pequeñas grietas interiores que aumentan con la acción del tráfico.



Grieta vertical del hongo. Mostrando la mancha de óxido bajo el hongo.



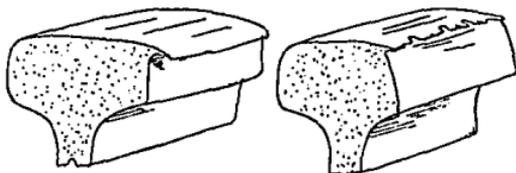
Grieta vertical del hongo.
Lado del hongo hundido. Centro del hongo hundido

Para identificar la grieta vertical del hongo es necesario ver el filete inferior del hongo para notar si está manchado.

El hongo aplastado se presenta en rieles laminados. Es fácilmente identificable antes de causar debilitamiento al riel. Contrariamente a los defectos presentados anteriormente, éste no presenta fisuras notorias a la vista. Cuando este aplastamiento es demasiado visible debe de quitarse de la vía.



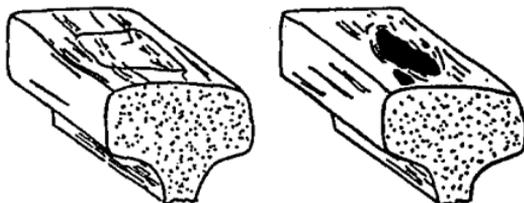
En las curvas y tangentes es muy común encontrar otro defecto que es el escurrimiento en el riel. Este defecto no es de mucho cuidado hasta que haya un desgaste excesivo del riel.



Escurrimiento en forma de dientes de sierra

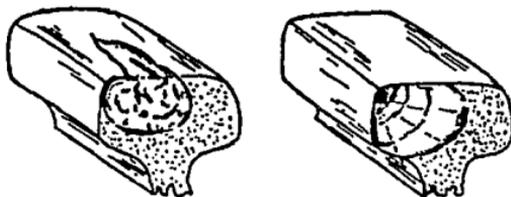
Los siguientes defectos de rieles se presentan debido a causas de diversa índole.

Así, tenemos a las quemaduras ocasionadas por ruedas de locomotoras al patinar.



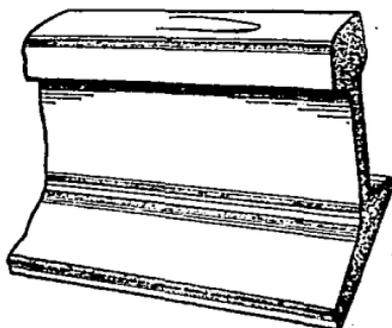
Quemada grande.

Las fracturas de detalle se deben a defectos superficiales en el hongo del riel.



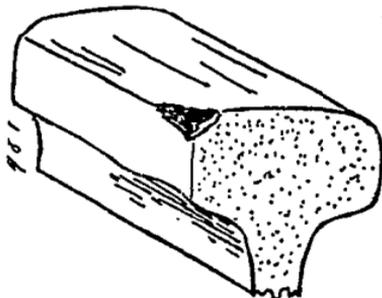
Fracturas de Detalle
ASTILLAS

Otra manera de presentarse un defecto del riel son las -
son las astillas. Este defecto se considera de poca importancia.
Se presenta en el hongo en su parte superior.



Astilla.

Las conchas son defectos que aparecen por grietas. Es - peligroso si da lugar a grietas horizontales del hongo.

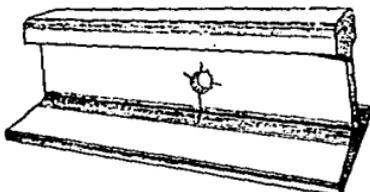


Concha pequeña.

Un defecto que se debe eliminar rápidamente cambiando - del riel es el de el alma agrietada. En este defecto aparecen pe queñas grietas debidas a perforaciones del alma. Este defecto es muy peligroso.

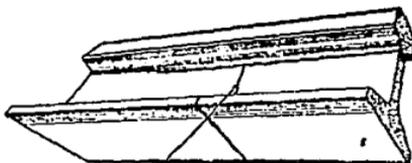


Alma agrietada.



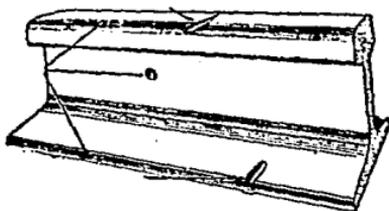
Grietas en el alma originadas al taladrar la perforación mediante el soplete.

La separación entre hongo y alma ocurre en rieles sometidos a uso intenso y demasiado gastados. Este defecto es peligrosísimo, debido a que de un momento a otro el alma se puede separar del hongo.



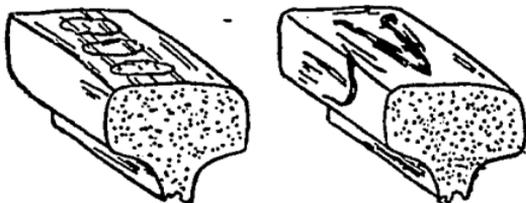
Separación entre el hongo y el alma en estado avanzado de desarrollo el alma se raja verticalmente.

Los rieles dañados por equipo defectuoso quedan marcados de la siguiente forma. La decisión de quitarlo o dejarlo sólo se ejecuta tras de una cuidadosa inspección.



Marca de rueda defectuosa.
Golpe en el patín por rueda rota.
Golpes de martillo.

Otro defecto es el de corrugación. Este se debe a superficies ásperas en el hongo. En este caso el riel debe de quitarse no por seguridad del riel, sino por seguridad de la rueda. Esto es, que la corrugación daña a las ruedas del equipo rodante.



Corrugación.

Con este defecto terminamos de mencionar todos.

III.5.7. Colocación de Largos Tramos de Riel Soldado.

El riel como es bien sabido, sufre contracciones y expansiones ante cambios de temperatura. Es por esto que en la vía tradicional o clásica se utiliza la planchuela.

En la vía elástica se utilizan los largos tramos de riel soldado (L.R.S.) definidos al principio de este capítulo. Antes de entrar en detalle, analicemos el fenómeno de contracción y expansión por temperatura.

III.5.7.1 Dilatación y Contracción.

En la colocación tradicional de rieles, las juntas constituyen puntos de poca resistencia. Con el paso del ferrocarril - los extremos se desgastan incrementando los gastos de conservación.

Si ponemos un riel sobre dos rodillos a temperatura X y aumentamos o disminuimos esta temperatura X como se quiera el riel se dilatará o contraerá sin ningún problema, puesto que no hay restricciones.

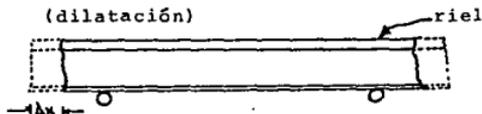


Figura: Dilatación o Contracción ante cambios de temperatura.

Pero si el riel está sujeto a una temperatura constante (no hay variación) y también está sujeto a fuerzas de tensión en sus extremos, el riel se alargará proporcionalmente al esfuerzo de tensión. (El riel se acortará de la misma forma en compresión).

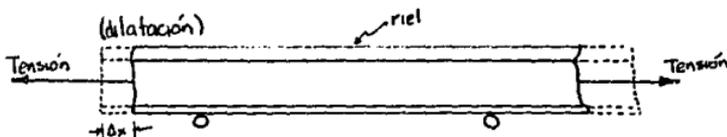


Figura: Dilatación debido a tensión.

En el primer caso tenemos que el riel no tiene restricciones de ninguna especie. Pero si al riel no lo dejamos dilatarse libremente, éste tratará de dilatarse sin conseguirlo, originándose en su interior compresiones interiores. Esto es lo que se llama "Dilatación Contraria".

Por ejemplo, tenemos un riel de 18 metros a una temperatura de 25°C sujeto en sus extremos y con restricción al movimiento en todo lo largo de su longitud.

Si aumentamos la temperatura a 40°C notaremos un alargamiento de 2.8 mm. Pero también lo sometemos a una compresión de 3.11 Kg por mm² y notaremos un acortamiento de 2.8 mm.

En este caso decimos que tenemos un riel en dilatación completamente contraria.

Con esto, podemos ver que en la vía clásica en los rieles de 12, 18 y 36 metros las contracciones o dilataciones se manejan adecuadamente si:

a) Los rieles pueden "jugar" en las juntas.

b) Mientras en las juntas no existe "dilatación completamente contraria" esto es posible si hay un buen "juego" (calculados con precisión).

Pero para el caso de la vía elástica tenemos longitudes de rieles desde 23.77 metros, cuyas dilataciones o contracciones no pueden ser absorbidas por las juntas tradicionales (planchuelas). Es por eso que se utilizan las juntas de dilatación definidas al principio de este capítulo.

La dilatación contraria es mayor a medida que se alarga la junta; es decir que cuanto más mide, ésta aumenta más las contracciones. Si la barra es suficientemente larga, hay un punto a partir del cual los movimientos son nulos.

Pongamos como ejemplo una barra de 800 metros y tomemos como hipótesis que el riel está perfectamente fijo sobre los durmientes, éstos a su vez están normalmente balastados, la resistencia de la vía al deslizamiento longitudinal es de 1,250 toneladas por metro lineal.

Las condiciones físicas son:

La temperatura aumenta de 14° a 60°C (+46°C)

La Sección del riel es de 6000 mm²

El cambio brusco de temperatura (+46°C) provoca en una barra rígida (con restricción de movimiento), sea cual fuere la longitud de ésta, una compresión de 9.66 Kg/mm^2 .

Por tanto, para un riel de sección transversal de 6000 mm^2 la compresión es de 57,960 kg. aproximadamente 58 toneladas.

Consideremos que nos ubicamos a 93 metros de una junta de dilatación y veamos en ese punto cuál es la resistencia al desplazamiento longitudinal.

Entonces es: $93 \text{ metros} \times 1.25 \text{ toneladas por metro} = 116.25 \text{ Ton}$
o sea : 58 Toneladas por riel.

Así es que, a 93 metros de la junta de dilatación se equilibran la compresión interna y la resistencia al deslizamiento. Como conclusiones generales de este ejemplo podemos citar las siguientes:

a) La barra de 800 metros comprende 3 partes.

- La parte central que no "respira"
- Los dos extremos que tienen una dilatación parcialmente contraria.

b) La barra de 800 metros está sometida a contracciones en donde el valor aumenta a medida que se alargan las juntas, hasta alcanzar una cierta distancia que anula completamente la dilatación.

c) Esta distancia es función de 3 factores esenciales.

- La resistencia de la vía al desplazamiento longitudinal.
- El área de sección transversal del riel.
- La variación de temperatura.

d) El "juego permisivo" a dar a la junta es independiente de la longitud de la barra. Es suficiente en efecto que permita a los extremos el respirar en "dilatación contraria".

Hasta aquí, tenemos dado hipótesis como la resistencia al deslizamiento longitudinal, pero es conveniente saber que esta resistencia está sujeta a los siguientes factores.

- De la naturaleza del riel
- Peso y separación de los durmientes.
- Naturaleza y perfil del balasto
- Apretado de las sujeciones
- Existencia de anclas
- Resistencia de juntas al deslizamiento.

III.5.7.2 Definición de Temperaturas.

A continuación se definen las temperaturas que se han medido en un riel de 30 cm. dotado en su interior de un termómetro o sobre el riel del L.R.S. (Largo Riel Soldado). El termómetro se coloca de tal manera que no reciba directamente los rayos del sol. Las lecturas no se efectuarán antes de haber transcurrido 5 minutos de la colocación.

1. TEMPERATURA DEL RIEL. En este caso la temperatura se puede medir con un "riel insertador de temperatura" que consiste en un riel de unos 30 cm. de longitud que contiene un termómetro que mide la temperatura de la masa de acero del riel. De ser posible se deben hacer 3 lecturas y tomarse la lectura promedio para mayor exactitud.

2. TEMPERATURA DE EQUILIBRIO. Es la temperatura promedio - obtenida entre las temperaturas máximas y mínimas que alcanzan los rieles en la región geográfica donde se va a construir la vía elástica. Como tenemos temperaturas extremas en México, del grado desde de -10°C hasta $+60^{\circ}\text{C}$, podemos hablar de temperatura de equilibrio igual a $+25^{\circ}\text{C}$.

3. TEMPERATURA DE COLOCACION. Es la temperatura de los rieles en el momento de la fijación a los durmientes. En un principio la temperatura ideal es la temperatura de equilibrio.

Dadas las condiciones variantes de la temperatura en --- nuestro país, hay veces que no es posible contar con la temperatura de colocación y se ha fijado un margen de $\pm 11^{\circ}\text{C}$ respecto a la temperatura de equilibrio, para la colocación del riel. Así es, - que, la temperatura de colocación deberá conservar un margen de entre los $+14^{\circ}\text{C}$ y los $+36^{\circ}\text{C}$.

4. TEMPERATURA DE LIBERACION. Cuando por circunstancias de temperatura el riel ha sido fijado a una temperatura distinta a la temperatura de equilibrio, debe de procederse tan pronto como sea posible a volverlo a colocar o a fijar a la temperatura de equilibrio o muy próximo a ésta. La tolerancia en $\pm 7^{\circ}\text{C}$ con respecto a - ña temperatura de equilibrio. Es decir, que la temperatura de liberación deberá conservar un margen entre los $+18^{\circ}\text{C}$ y los $+32^{\circ}\text{C}$.

III.4.7.3 Condiciones para Constituir los "LRS"

A continuación se describen los requisitos que debe cumplir la superestructura para garantizar en los largos tramos de ---

riel soldado la seguridad del servicio a velocidades máximas y pesos máximos.

- a) Terracerías con una estabilidad eficiente, es decir, no sujetas a deformación.
- b) Balasto permeable y sección completa del mismo.
- c) Se deben tener curvas de $2^{\circ}17'$ (501,89 m) o de menor grado.
- d) Durmientes de concreto armado, postensado, pretensado o durmientes de madera en buenestado y correctamente espaciados.
- e) Buena conservación y calzado, de manera que se mantengan en buen estado los perfiles longitudinales y transversales de la vía.
- f) Cuidadosa liberación de las tensiones internas (liberar los rieles por aflojamiento de las fijaciones) con objeto que se dilaten libremente y se apriñtan después a las temperaturas -- prescritas.
- g) Control periódico de las temperaturas de los rieles.
- h) Los puentes sin balasto no deben transmitir a los -- LRS esfuerzos anormales, prescribiéndose la colocación de juntas de dilatación en sus extremos.
- i) Los largos tramos de riel soldado pueden tener cualquier longitud estando sólo limitada por:
 - Curvas de grado mayor a $2^{\circ}17'$
 - Juntas de Dilatación y Cambios.

III.5.7.4 Constitución de los "LRS" Provisionales.

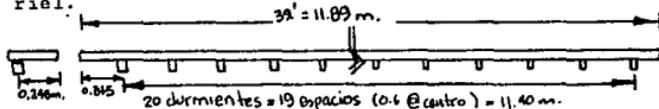
Para formar los LRS se utilizan rieles de longitud de 39 pies. Con estos rieles podemos constituir "LRS" provisionales de 285.29 metros (24 rieles de 39 pies) y de 439.82 metros (37 rieles de 39 pies).

Cuando los rieles estén excentos de taladros en los extremos se utilizarán las prensas necesarias. A estas prensas también se les llaman prensas ces por su aspecto. Pero si los rieles están taladrados las juntas emplanchueladas se asentarán sobre dos durmientes separados 30 cm a cada lado. Esta posición se corregirá después.

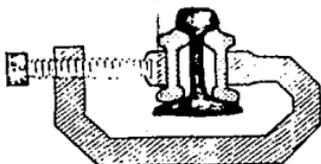
- Distribución de los Durmientes.

Cuando se reciban los rieles soldados en planta, la distribución de los durmientes se hará a cada 60 cm. de centro a centro.

Y en caso de recibir los tramos LRS prefabricados, la distribución se hará de acuerdo a la siguiente figura. Es decir, que se recibirán rieles de 39 pies (11.88 metros) y por tanto se espaciarán 20 durmientes a cada 60 centímetros de centro a centro y los dos extremos quedarán a 24.5 centímetros de ambas puntas del riel.



A continuación se presenta el esquema de una prensa Ces.



PRENSA "CES"

- Separación entre Rieles.

En el momento de la soldadura, la reparación debe de ser de 13 a 18 milímetros (de acuerdo con el calibre de riel por soldar). Cabe mencionar que esta separación será entre los hongos de los rieles. Los extremos destinados a soldarse con las juntas de dilatación y los de los tramos prefabricados deberán estar a escuadra.

APRIETE DE LAS GRAPAS ANTES DEL PASO DEL TREN DE TRABAJO.

Las grapas deberán estar apretadas a 1 de cada 5 durmientes y el 50% de los restantes. Con el primer contacto dado, de esta forma que el juego en el segundo contacto sea inferior a 1mm.

III.5.7.5 Procedimiento de Liberación.

Para efectuar la liberación se debe verificar que la temperatura del ambiente sea más o menos constante, por lo cual se medirán periódicamente las temperaturas de los rieles.

Deberá comprobarse que la carrera o juego posible entre las puntas de las agujas de las juntas de dilatación permitan la respiración de los "LRS".

Cuando se tenga el día en que la temperatura sea de entre 18°C y 32°C y casi igual a los 25°C se procederá a aflojar -- completamente todas las grapas de las sujeciones elásticas, par-- tiendo desde los extremos del "LRS" simultáneamente hacia el cen-- tro utilizando 4 atornilladoras.

Procedimiento:

10. Los rieles se levantan ligeramente con gatos.
20. Se apoyan los rieles sobre rodillos a razón de 1 ro dillo por cada 10 durmientes.
30. Se golpea el alma del riel con un martillo de cobre o madera zunchada que no dañe al riel.
40. Se colocan las placas de hule en su lugar correcto de las que se hubieran corrido.
50. Sosteniendo de nuevo el riel con los gatos, se irán quitando los rodillos para dejar descansando de nue vo los rieles sobre las placas de hule.
60. Se aprietan inmediatamente nuevamente las sujecio-- nes por medio de atornilladoras mecánicas. Pero es ta vez se hará del centro de los LRS avanzando ha-- cia los extremos simultáneamente.
70. Deberá medirse la abertura o carrera de las agujas de las juntas de dilatación.

A continuación se presenta este procedimiento.

Cuando dos rieles han sido liberados o cuando un riel - es liberado y el siguiente ha sido colocado a la temperatura me-- dia, la abertura o "carrera" de las agujas de las juntas debe ser:

100 mm	si la temperatura es de 18°C
96 mm	" " " " 21°C
90 mm	" " " " 25°C
84 mm	" " " " 29°C
80 mm	" " " " 32°C

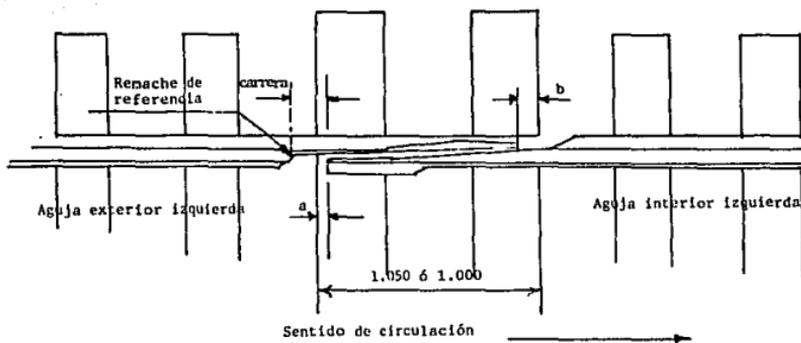
O sea, una variación de 1,5 mm por grado.

También es necesario restablecer la posición del espaciamiento de los durmientes de la junta de dilatación respecto a las agujas. Son las cotas a y b (ver siguiente figura) que deben fijarse conforme a la tabla siguiente:

TIPO DE LA J.D.	CARRERA (mm)	"A" (mm)	"B" (mm)
TIPO 49	100	70	120
	90	65	115
	80	60	110
TIPO 57 o 59	100	40	100
	90	35	95
	80	30	90

El juego o carrera se debe medir entre la aguja y contra aguja (lo que sólo indica el movimiento de una barra en relación a la otra) en tanto que las distancias "a" y "b" indican la posición de la junta con respecto al claro total. Estas distancias son normalmente las siguientes.

TEMPERATURA DE SOLDADURA	JUNTA TIPO 57 o 39				JUNTA TIPO ANTERIOR A 1957	
	c	a	b	c	a	b
1	126	53	113	126	83	133
5	120	50	110	120	80	130
9	114	47	107	114	77	127
13	108	44	104	108	74	124
17	102	41	101	102	71	121
18	100	40	100	100	70	120
21	96	38	98	96	68	118
25	90	35	95	90	65	115
29	84	32	92	84	62	112
32	80	30	90	80	60	110
33	78	29	89	78	59	109
37	72	26	86	72	56	106
41	66	23	83	66	53	103
45	60	20	80	60	50	100
49	54	17	77	54	47	97
53	48	14	74	48	44	94
57	42	11	71	42	41	91
61	36	8	68	36	38	88



80. La temperatura había sido medida y anotada al principio y terminar estas operaciones y el promedio así obtenido será la temperatura media o de liberación del "LRS" que se acaba de liberar, cuya temperatura deberá ser marcada con pintura blanca en el patín de los rieles a 2 metros de los extremos del "LRS"

90. Intervalo entre circulaciones de trenes: El intervalo de interrupción de las circulaciones deberán programarse (siempre que sea posible) para una duración de 4 horas en período del día en el que la temperatura sea creciente, de manera que los rieles alcancen la temperatura de liberación aproximadamente 2 horas después de haberse iniciado el intervalo.

III.5.7.6 Cálculo de Alargamiento de los "LRS"

Para calcular este alargamiento se utiliza la siguiente fórmula:

$$AL = 0.0000115 \times L \times AT$$

Donde: AL = dilatación lineal (variación de longitud buscada) en mm.

AT= Diferencia de temperatura del riel en grados centígrados (temperatura de liberación)

L= Longitud del riel en mm

0.0000115= Coeficiente de dilatación lineal en el riel.

Ejemplo:

Temperatura de colocación 40°C

Temperatura de liberación 25°C

$$AT = 40^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$$

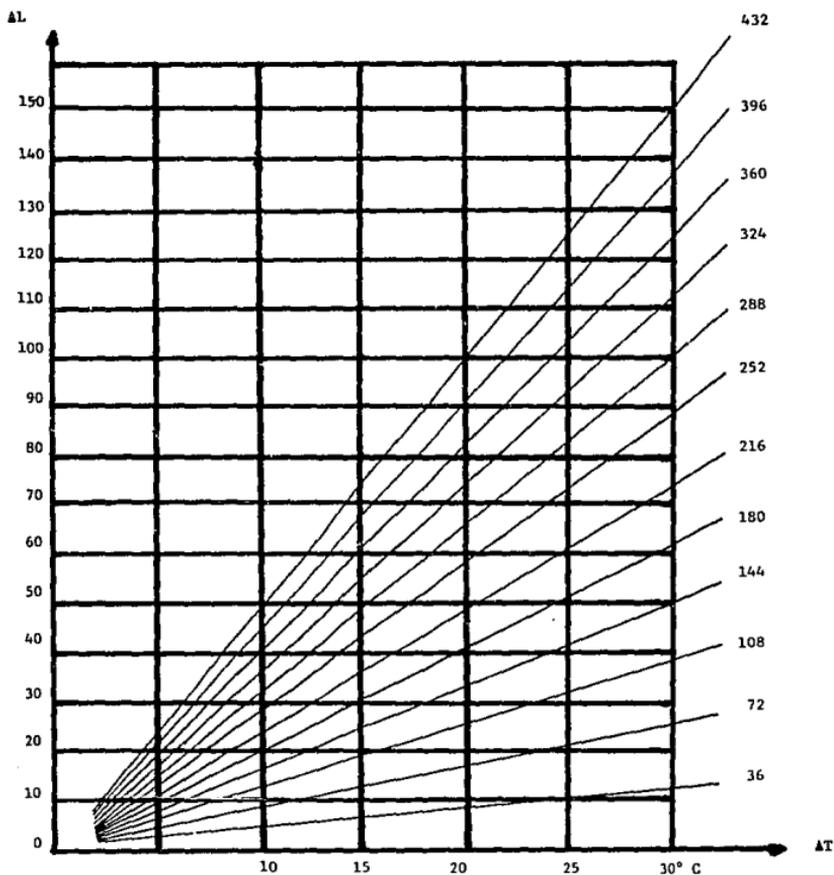
L= 144 metros

Por lo tanto:

$$AL = 0.0000115 \times 1444000 \times 15 = 25 \text{ mm.}$$

Así, la dilatación lineal es 25 mm.

Otra manera de calcular esta dilatación o alargamiento es por el siguiente diagrama:



DIFERENCIA DE TEMPERATURAS EN $^{\circ}\text{C} = \Delta T$

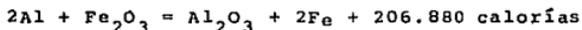
LEYENDA	0,0000115	▪	COEFICIENTE DE DILATACION LINEAL DEL RIEL
	AL	▪	DILATACION LINEAL (VARIACION DE LONGITUD BUSCADA) EN m.m.
	ΔT	▪	DIFERENCIA DE TEMPERATURA DEL RIEL EN $^{\circ}\text{C}$
	L	▪	LONGITUD DEL RIEL EN m.m.

III.5.8 Soldadura Aluminotérmica.

III.5.8.1 Introducción.

La soldadura de rieles por proceso aluminotérmico se -- efectúa por fusión, vertiendo un metal en estado líquido (metal - de aportación) a una temperatura que oscila entre 2000°C y 2500°C sobre un molde refractario que rodea los extremos de los rieles, - cuya soldadura se va a efectuar. La elevada temperatura a que se encuentra el metal de aportación provoca la fusión de los rieles en el interior del molde, dando lugar a soldadura. Con objeto de aportar un número inicial de calorías que facilite la fusión se - someten los extremos de los rieles a un precalentamiento de forma que en el momento de efectuar la colada la temperatura de sus extremos sea de aproximadamente de 900°C (rojo cereza claro).

El metal de aportación en estado líquido se obtienen -- por reacción entre el óxido de hierro y el aluminio, los cuales - pulverizados reaccionan a 1200°C según la ecuación:



Al terminar la reacción, los productos resultantes, hierro y aluminio, se encuentran en estado líquido muy fluido sobre nadando la alumina o escoria por su menor densidad. En estas condiciones es posible sangrar el crisol por el fondo de forma que - primero cuele el acero rellenando el molde y después la alumina o escoria ocupando la parte superior del mismo.

Por medio de adiciones incorporadas a la mezcla inicial de óxido de hierro y aluminio (carga de soldadura) es posible variar la composición del metal de aportación de acuerdo con las características del acero de los rieles.

Efectuada la soldadura se corta el excedente y finalmente por esmerilado se rehace el perfil del hongo del riel, de manera que la zona soldada presente la misma continuidad del resto del riel.

III.4.8.2 Ejecución.

A) COLOCACION DE LOS RIELES PARA LA SOLDADURA.

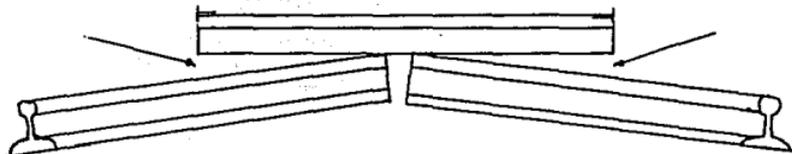
Antes de colocar el Molde, los rieles han de ser presentados uno frente del otro. Su alineación en planta, elevación y la separación entre ellos se analizará a continuación.

- Alineación en Planta. Los extremos de los rieles se alinearán en planta tan correctamente como sea posible. Aplicada una regla metálica de 1 metro contra la superficie lateral del mango de ambos rieles de forma que el centro de la regla coincida con el plano medio de la junta, la flecha a de ser nula.

- Alineación en Elevación. Las superficies extremas de los rieles que limitan la separación, han de ser verticales y paralelas. La falta de paralelismo o verticalidad puede dar lugar a una soldadura defectuosa.

- Las superficies de rodamiento de ambos rieles forma--

rán un ángulo tal, que aplicadas sobre ellas una regla metálica de un metro de forma que el centro de la regla coincida con el plano medio de la junta, la flecha sea de 1.5 mm. Figura siguiente.



Este levante es necesario para compensar el descenso producido, a la vez por la contracción de la soldadura y lo necesario para el desbaste vertical al pulir la soldadura.

- Separación. Entre los extremos de los rieles concurrentes en la junta, debe mediar un espacio, "separación" de a mm de espesor.

13 \leq a \leq 18 (dependiendo del calibre del riel)

TABLA COMPARATIVA PARA SOLDADURA ALUMINOTERMICA DE RIELES.

CALIBRE (RIEL) LBS/YD.	SEPARACIONES ENTRE LOS EXTERIORES DE LOS RIE- LES EN MM.	ALTURA DEL SOPLETE EN MM		TIEMPO DE PRE- CALENTAMIENTO EN MINUTOS.
		MINIMO	MAXIMO	
70	14	30	32	4'
75	14	30	31	4'
80	14	28	30	4'
85	14	28	30	4'
90	15	28		4 1/2'
100	16	27	28	5'
112	17	26	27	5 1/2'
115	17	25	26	6 1/2'

P R E S I O N E S

PROPANO	0.5 Kg/Cm ²
OXIGENO	5.0 Kg/Cm ²

- Forma de Alinear. Para alinear se utilizan cuatro cuñas de madera y una regla metálica de 1 metro. Las cuñas se introducen a golpe de martillo entre el patín del riel y el durmiente sobre el que descansa. Con auxilio de la regla se comprueba si la alineación es correcta.

- Forma de Regular la Separación. Para lograr que entre los extremos de los rieles existá la separación correcta se puede recurrir a:

1º) Hacer deslizar longitudinalmente uno de ellos.

2º) Cortar un trozo correcto.

- Observaciones a la Colocación.

El corte puede hacerse por sierra mecánica o por oxiacetileno. Este último sistema de corte es el usualmente empleado, pues el procedimiento aluminotérmico permite realizar excelentes soldaduras entre rieles cuyos extremos fueron cortados con soplete. En este caso y con objeto de asegurar la verticalidad del corte, se recomienda el empleo de una guía.

- Los extremos de los rieles que van a ser soldados deben limpiarse con auxilio de un cepillo metálico para eliminar todo rastro de óxido o suciedad. En particular, se recomienda un enérgico picado y cepillado en aquellos extremos que fueron cortados con soplete.

- Cuando se suelda en vía, es necesario aflojar las fijaciones de varios durmientes para lograr una buena alineación.

- Si existe una separación mayor a 18 mm no debe recurrir se a suplementar la carga (véase Colada), lo que procede es recorrer los rieles hasta lograr la separación conveniente.

B) MOLDEADO

Al tratarse de una soldadura por fusión es necesario -- moldear la zona de la soldadura. El molde se hace de arena y se compone de dos piezas idénticas simétricamente dispuestas respecto al plano longitudinal de simetría del riel. Actualmente se -- utilizan dos tipos de molde. "El molde verde" y el "molde prefabricado".

- MOLDE VERDE (Frecos). Se denomina así el molde confeccionado en obra con arena ligeramente húmeda. La arena empleada está constituida por una mezcla de arena sílica y arcilla refractaria; su composición aproximada es la siguiente: 83% de arena -- sílica y 17% de arcilla refractaria. Para darle a la arena la -- plasticidad necesaria se le añade agua, aproximadamente un 6%.

- MOLDE PREFABRICADO. Se designa con este nombre el molde de consistencia dura, que fabricado en serie en un taller central, se envía debidamente embalado al lugar de empleo. En su fabricación se emplea arena sílica, silicato de sosa y óxido de hierro.

- FABRICACION DE MOLDE VERDE. Cada una de las dos mitades del molde se obtienen por apisonado de la arena en el interior de un armazón metálico, denominado "cáscara" contra un molde que reproduce el perfil del riel y el resalto de la soldadura.

El apisonado de la arena se realiza a mano con ayuda de una varilla de acero terminada en un pie de cabra.

- COLOCACIÓN MOLDE. Una prensa de brazos móviles independientes permite a un sólo hombre acoplar a la junta las dos mitades del molde. Una vez acopladas se presionan y se procede a retacar con arena húmeda la zona de unión de ambas mitades y la de cada uno con el riel, de forma que el molde quede perfectamente ajustado y sellado.

El molde está correctamente colocado cuando su plano -- transversal de simetría coincide con el plano medio del espacio -- entre ambos rieles.

Los dos brazos móviles de la prensa se insertan en un -- cuerpo central que queda amordazando el riel y sirve de soporte -- base al portasoplete y al portacrisol. Un calibrador adecuado -- permite emplazar el cuerpo central a distancia conveniente del es -- pacio entre rieles para que los brazos móviles presionen en el -- centro de los moldes.

- OBSERVACIONES AL MOLDEADO.

- La arena empleada en la fabricación de "moldes verdes" o frescos no debe estar ni demasiado seca ni excesivamente húmeda. Un molde hecho con arena demasiado seca se rompe fácilmente al colocarlo o se disgrega durante el precalentamiento. Por el contrario un exceso de humedad dificulta su separación del molde e impide el secado total del molde durante el caldeo previo. La falta de secado da lugar a la aparición de una especie de picado alrededor de la zona fundida.

- Para ver si la arena posee el grado conveniente de humedad se aprieta un puñado con la mano, al abrir de nuevo la mano - la arena debe quedar formando un bloque compacto sin disgregarse ni quedar adherida entre los suelos.

- Antes de colocar el molde debe comprobarse la ausencia de cualquier obstrucción parcial o total en los orificios de colada y de evacuación de gases.

- PRECALENTAMIENTO.

Una vez colocado el molde y antes de efectuar la colada los extremos de los rieles cuya soldadura se va a efectuar, se calientan hasta lograr que su temperatura sea de 900°C (rojo cereza claro). El precalentamiento tiene una doble finalidad.

1° Aportar un número inicial de calorías que facilite la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación.

2° Secar el molde cuando se emplea moldes verdes frescos.

FORMA DE REALIZAR EL PRECALENTAMIENTO. Se lleva a cabo por convección, quemando en el interior de una cámara formada por las superficies extremas de los rieles y la interior del molde -- una mezcla íntima de aire a baja presión y combustible. La mez--cla aire-combustible se logra en el interior de un quemador que - la inyecta por la Parte superior del molde en la cámara de combustión.

- COLOCACION Y ENCENDIDO DEL QUEMADOR. Durante el precalentamiento, el quemador descansa sobre un soporte acoplado al cuerpo central de la prensa que sostiene el molde. Un sistema de tornillos de aproximación le permite pequeños desplazamientos en sentido longitudinal o transversal. El quemador debe quedar perfectamente centrado respecto al plano de simetría del riel y al plano medio del espacio entre rieles, su altura sobre la superficie de rodadura es variable (véase figura anterior) para cada tipo de molde.

El mal emplazamiento del quemador sobre el molde descentra la inyección e influye perjudicialmente en la duración y regularidad del precalentamiento.

Iniciada la inyección se procede al encendido de la mezcla.

Combustible. Ordinariamente se emplea como combustible gasolina o propano.

La gasolina se mantiene a baja presión en un depósito que comunica con el calderín del compresor.

El propano se recibe en botellas.

- REGULARIDAD EN EL PRECALENTAMIENTO. Para lograr la fusión del riel al entrar en contacto con el metal de aportación, se realice de manera uniforme en toda la sección, se ha estudiado la forma del molde y el resalto y la disposición de los bebedores y orificios de evacuación de gases. Sin embargo, es la regularidad del precalentamiento la que al lograr una temperatura uniforme en toda la sección del riel, marca una influencia decisiva en ello.

Para conseguir esta regularidad es necesario:

1° Tener entre los extremos de los rieles una separación de "a" milímetros.

13 ≤ a ≤ 18 (de acuerdo con la tabla anterior).

2° Colocar los moldes perfectamente centrados respecto al plano medio de la separación. Un centrado defectuoso produce irregularidades en el precalentamiento y alarga su duración.

3° Situar el quemador sobre el molde en la forma indicada.

- OBSERVACIONES AL PRECALENTAMIENTO,

- Unos segundos antes de acabar el precalentamiento debe comprobarse que el molde continúa siendo perfectamente sellado. La aparición de llamas en la superficie exterior del molde, en especial a través de las juntas de unión, denota la existencia de una futura fuga.

- La altura a que debe situarse el quemador sobre la superficie de rodamiento del riel es variable para cada tipo de riel y clase de molde.

- Cuando la mezcla se inyecta a una presión superior a la establecida, la arena que constituye el molde se desintegra y es expulsada en forma de granos incandescentes a través de los bebedores y orificios de evacuación de gases.

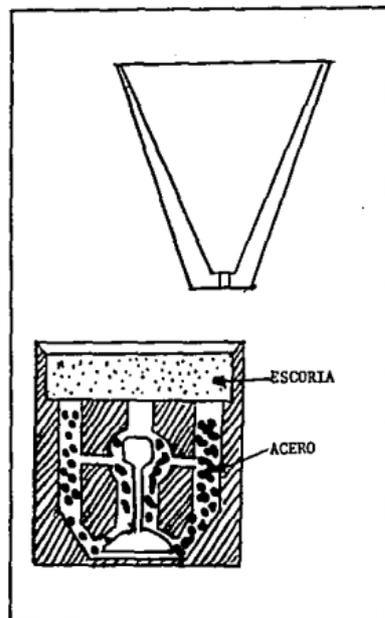
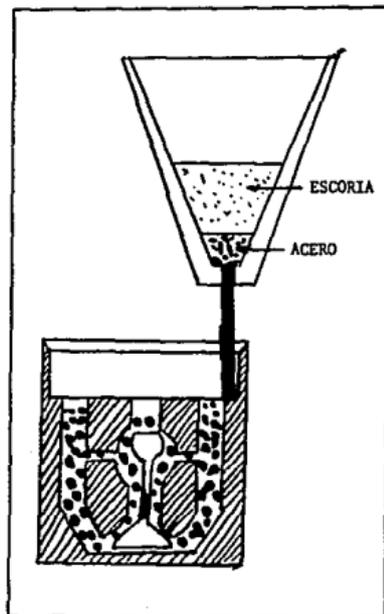
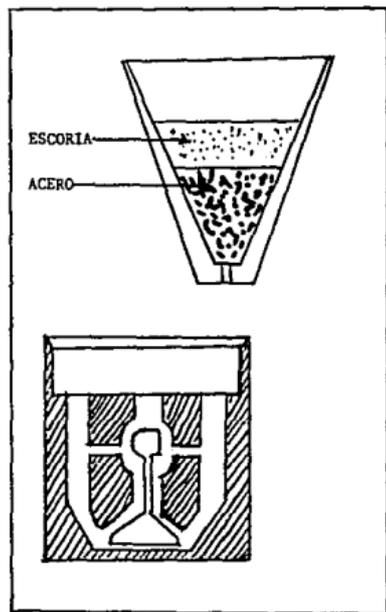
- La obstrucción de alguno de ellos puede dar lugar a una soldadura defectuosa,

D) COLADA.

Cuando los extremos de los rieles se hallan a una temperatura de 900°C se vierte en el molde el metal de aportación en estado líquido. Esta operación se lleva a cabo sangrando a través de un agujero situado en el fondo del crisol cónico, en cuyo interior ha tenido lugar la reacción entre el óxido de hierro y aluminio. El metal que fluye por el agujero penetra en el molde a una temperatura aproximada de 2000°C llevando los espacios vacíos de su interior hasta un nivel situado por encima de la superficie de rodamiento del riel. La elevada temperatura a que se encuentra el material de aportación, provoca la fusión de los extremos de los rieles y da lugar a su soldadura.

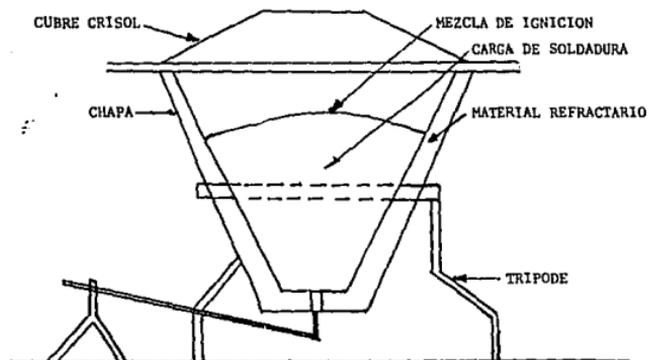
EL CRISOL, SU CENTRADO Y CARGA. El crisol cónico consta de una envoltura de acero revestido de un forro interior de material refractario. En el fondo del crisol existe una pieza intercambiable (boquilla) de magnesita perforada longitudinalmente a través de la cual se efectúa la colada. Una válvula de acero en forma de clavo, permite mantener cerrado el agujero al momento de la colada. El aislamiento térmico de la válvula se logra con unos discos de amianto y magnesita en polvo, así como una pequeña porción de arena refractaria para cubrir el disco de amianto y el clavo.

El crisol se coloca sobre un soporte capaz de girar alrededor de un vástago vertical unido al cuerpo central de la prensa de sujeción del molde. Antes de verter la carga en el crisol conviene centrarlo, de forma que al girarlo, el agujero quede sobre el bebedero del molde.

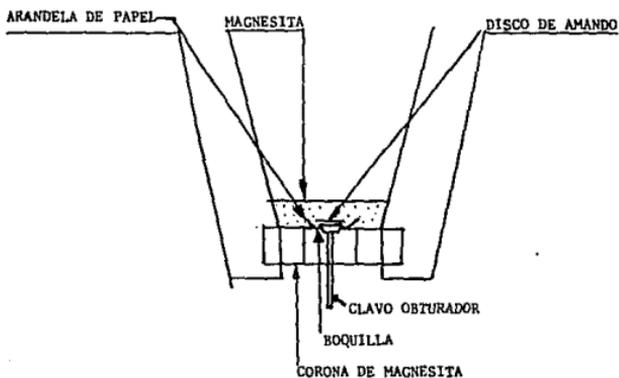


CRISOL CONICO

Sección Transversal



- a) CASQUILLO
- b) VALVULA DE ACERO (CLAVO)
- c) DISCOS DE AMIANTO
- d) MAGNESITA EN POLVO

DETALLE

Hecho esto, se coloca la válvula de cierre y se vierte dentro del crisol la carga de soldadura y una pequeña cantidad de mezcla de ignición o una alumineta para su encendido.

- REACCION. Una vez que los extremos de los rieles han alcanzado la temperatura de 900°C se retira el quemador y se procede al encendido de la mezcla de ignición. Esta mezcla está constituida por peróxido de bario, aluminio y magnesio y al arder desarrolla una elevada temperatura que provoca la reacción en cadena entre el óxido de hierro y el aluminio. La reacción de la carga suele durar de 20 a 25 segundos, pudiendo considerarse como terminada cuando se aprecia una disminución en la humareda y cesan las vibraciones del crisol.

- DECANTACION. Terminada la reacción y antes de efectuar la colada debe dejarse reposar el crisol unos 10 segundos, con objeto de lograr una total separación entre el acero líquido y la escoria. Este intervalo de tiempo unido al de reacción, permite que la temperatura de los extremos de los rieles se iguale en toda la sección.

- SANGRADO DEL CRISOL. Transcurrido el tiempo de decantación se impulsa al interior del crisol mediante un ligero golpe -- aplicado en el vástago con una varilla, a la válvula de cierre, -- iniciándose la colada.

Lo primero que fluye es el metal (Figura Siguiete) el cual penetra por el bebedero y asciende por el interior del molde hasta un nivel situado a 10 o 20 mm por encima de la superficie de rodamiento del riel. Una vez que se ha colado todo el metal conti

núa fluyendo la escoria, la cual queda cubriendolo hasta llenar - por completo el molde.

- ENFRIAMIENTO. Finalizando la colada, se retira el crisol y la prensa de sujeción, dejando enfriar el molde de 3 a 4 minutos antes de efectuar cualquier otra manipulación.

- OBSERVACIONES A LA COLADA.

o El crisol debe estar bien seco. Al emplearse el crisol por primera vez se aconseja introducir en su interior la escoria de un par de soldaduras antes de utilizarlos. La elevada temperatura de aquella, elimina la posible humedad.

o Las cargas o porciones deben conservarse en sitio seco, aisladas de la humedad del suelo o de las paredes.

o El crisol debe colocarse lo más bajo posible.

o Las soldaduras defectuosas se deben generalmente a un precalentado deficiente o a una colada prematura.

o Finalizada la colada se debe perforar el agujero del crisol rápidamente para evitar que la escoria que la obstruye la inutilice al solidificarse.

E) DESBASTE.

Tres o cuatro minutos son suficientes para que el metal vertido en el molde solidifique. Transcurrido este tiempo se desprenden las carcasas y se deshace el molde cortándose en caliente el metal sobrante en el hongo del riel.

- RETIRADA DE LAS CARCASAS. Unos ligeros golpes en la parte superior de las carcasas permite desprenderlas con facilidad. - Después de separar la escoria que quedó llenando la cubeta del molde y de comprobar que la mezcla ha solidificado, se deshace el molde dejando al descubierto el resalto y los rebosaderos.

- CINCELADO. El material sobrante en el hongo del riel se corta con tajadera y marro o con cincel neumático, previamente se limpia el metal con un cepillo metálico de todo el resto de arena.

Los rebosaderos se marcan con el instrumento de corte en su unión con el reborde del patín, Una vez fríos basta darle un ligero golpe para que se desprendan.

- OBSERVACIONES AL DESBASTE.

• Es muy importante no iniciar manipulación alguna con el molde o carcasas antes de la solidificación del metal. Un intervalo de tres o cuatro minutos a partir del final de la colada - suele ser suficiente para que aquella se lleva a cabo.

• Para cortar el material sobrante en el hongo del riel es aconsejable proceder en el siguiente orden:

- a) Material situado sobre las superficies de rodamiento.
- b) El material sobrante en las superficies laterales del hongo.

• Guiar la herramienta de corte de forma que no se dañe el futuro perfil del riel, es una operación que requiere la máxima atención.

o Al final de la operación de corte, el soldador debe -
comprobar a ojo la correcta alineación en planta y elevación de -
la junta soldada.

- ACABADO.

Cuando la soldadura está fría se arrancan los rebosade-
ros dándoles un ligero golpe, se limpia el resalte de la arena --
que le quedó adherida al deshacer el molde y finalmente se rehace
por esmerilado el perfil del hongo del riel en la zona afectada -
por la soldadura.

- PICADO Y LIMPIEZA DEL REBORDE. El reborde debe limpiar
se cuidadosamente de todo rastro de arena, de forma que pueda ins-
peccionarse con facilidad el aspecto externo de la soldadura.

Para realizar la limpieza se comienza por picar con un
martillo la arena adherida, terminando con un enérgico raspado --
con cepillo metálico de mano.

- ESMERILADO. Con objeto de evitar cualquier clase de im-
pacto al pasar las ruedas de los trenes por las zonas soldadas, -
se rehace el perfil del hongo del riel por esmerilado, de tal ma-
nera que la superficie de rodamiento y la cara lateral interna --
del hongo del riel no presenten en la zona soldada discontinuidad
respecto al resto del riel.

- ASPECTO EXTERIOR DE LA SOLDADURA. Finalmente en los --
trabajos de acabado no debe aparecer en la soldadura:

- Ningún defecto ni porosidad en la zona de unión del me-
tal fundido con el laminado.

b) Ninguna incrustación de corindón o arena vitrificada que profundice sobre el hongo del riel.

c) Sobre toda la superficie del metal fundido ninguna grieta, sopladura, traza de discontinuidad, oxidación o falta de metal, cualquiera que sea la causa.

d) Ninguna deformación en el reborde.

- OBSERVACIONES AL ACABADO.

• El esmerilado puede prolongarse a uno y otro lado de la soldadura (30 cm a cada lado) para lograr una superficie de rodamiento lo más perfecta posible.

• Si en el plano medio de la soldadura se aprecian sobre la superficie de rodamiento, en planta o elevación, flechas superiores a 0.5mm bajo una cuerda de 1 metro (regla metálica) debe considerarse que el esmerilado ha sido defectuosamente realizado.

• Debe prestarse especial atención al aspecto exterior del reborde bajo el patín del riel.

III.5.8.3. INSPECCION Y ENSAYO A LAS SOLDADURAS ALUMINO TERMICAS.

- ESMERILADO. Con el fin de restaurar el perfil teórico del riel, una vez realizadas las soldaduras, es necesario proceder a su esmerilado. Ello tiene como finalidad el que el rodamiento de los vehículos sobre las soldaduras se realice análogamente al rodamiento sobre el resto del riel.

Para ello, el operario encargado de la máquina esmeriladora, procederá de manera que las superficies de rodamiento y los cachetes del hongo del riel en la zona soldada, no presenten rebordes ni entrantes. Para conseguirlo comprobará la forma del hongo con la regla metálica de un metro de longitud.

- ASPECTO DE LAS SOLDADURAS. Antes del examen visual de las soldaduras se limpiarán éstas, con un cepillo metálico para eliminar la arena de los moldes que ha quedado adherida.

Las soldaduras no deberán presentar:

- 1) Ningún defecto en la unión del acero fundido y laminado.
- 2) Ningún defecto en las uniones del alma con el hongo y el patín.
- 3) Ninguna incrustación de escoria-corindón o de arena vitrificada en el hongo del riel.
- 4) Ninguna grieta ni poro en toda la superficie del -- acero fundido.

- TOLERANCIAS. Las soldaduras se realizarán del modo -- más perfecto, debiendo esforzarse para reducir las flechas verticales y laterales a los límites más bajos posibles.

Las tolerancias a admitir serán las siguientes:

a) En el sentido vertical:

Una flecha de 0.5mm medidor por una cuerda de 1.5 - metros.

b) En el sentido lateral:

Una flecha de 0,75 mm medidos por una cuerda de 1.5m.
Una flecha de 0.50 mm medidos por una cuerda de 1.0m.

Si en algún caso excepcional se alcancen en las flechas valores superiores a los arriba indicados, pero inferiores a 1 mm. puede admitirse la soldadura, siempre que la flecha se anule paulatinamente en una longitud igual a 500 veces el valor de la flecha.

La medición de las flechas se efectúa por medio de una regla metálica de las medidas indicadas y un calibrador. La regla se aplica sobre la superficie de rodadura y las caras laterales del riel, de modo que coincida con la soldadura el punto medio de la regla.

- REPARACIONES. Queda prohibido efectuar cualquier reparación para ocultar algún defecto.

- SOLDADURAS DEFECTUOSAS. Cuando sea necesario sustituir alguna soldadura por no ajustarse a las normas descritas, se intercalará un riel corto no menor de 4 metros de longitud, efectuándose el corte del riel con soplete de oxiacetileno. Las dos nuevas soldaduras se harán en forma sucesiva, nunca simultáneamente.

IV SISTEMAS CONSTRUCTIVOS DE VIA ELASTICA

IV.1 CONSIDERACIONES

En el capítulo anterior, hemos definido los elementos de la superestructura de la vía elástica. Corresponde ahora, analizar su conjunción para formar la vía elástica.

Antes de la construcción de la vía intervienen factores que analizaremos en el próximo subcapítulo y solamente se atacarán en forma superficial.

Para la construcción de vía elástica supondremos entonces lo siguiente:

- 1) Los caminos de acceso a la construcción de la vía ya han sido construidos.
- 2) Los bancos de material de préstamo han sido localizados y perfectamente estudiado en lo que se refiere a: transporte, tiempos de recorrido, etc.
- 3) La terracería está completamente lista para "recibir" a la vía elástica.
- 4) Los puentes, túneles, obras de drenaje, y demás obras de arte no se analizan conjuntamente a la construcción de vía elástica.
- 5) Sólo se analizan los sistemas constructivos existentes en México.

IV.2 CONCEPTOS PRELIMINARES.

En cualquier vía de ferrocarril, sea elástica o no, se distinguen varias fases que a continuación se explican.

IV.2.1 Planeación.

Consiste en determinar la conveniencia de construir la vía de ferrocarril considerada como proyecto de inversión pública y para hacer la evaluación se siguen los siguientes puntos.

- Estudio de la Zona de Influencia.

En este apartado se hace un estudio del mercado actual y potencial en base a los siguientes sectores: Minero, Agrícola, Forestal, Ganadero, Industrial, Comercial, Turístico, etc.

- Aquí se consideran los aspectos geográficos como: Topografía, Climatología, Poblaciones, Comunicaciones, etc.

Dentro del proceso de planeación también se considera el aspecto político. Tomando en cuenta los tratados internos y externos que puedan afectar a la construcción de la vía.

El resultado de la planeación anterior determina el volumen de carga, la distancia a recorrer, el producto que se debe mover y la frecuencia con que se va a enviar el producto.

IV.2.2 Reconocimiento y Localización.

El reconocimiento es un estudio general de la región. Aquí se fijan los puntos obligados que debe unir el ferrocarril.

La única consideración en la selección de la ruta es obtener el objetivo deseado al más bajo costo con prejuicios ambientales mínimos. Puesto que la pendiente y las estructuras de los puentes son probablemente los únicos conceptos que pueden variarse, deben utilizarse los mapas geológicos y topográficos que tiene el gobierno. También es conveniente disponer de mapas aéreos fotogramétricos del contorno, primero a escala grande para llegar a las cantidades dependientes estimadas.

La pendiente máxima y el mayor grado de curvatura deben establecerse antes de que se escoja una localización. La pendiente se expresa como la razón de elevación sobre la distancia en porcentaje. El grado de curvatura es el ángulo central, en grados, subtendiendo una cuerda de 100 pies. Es deseable que la pendiente como grado de curvatura se mantengan en un mínimo, pero casi siempre una pendiente y un grado de curvatura menores significan un costo de construcción mayor y a veces más tiempo.

Es por esto que deben hacerse estudios de diversas rutas que tengan diferentes pendientes y grados de curvatura, tomando en cuenta los tráficos anuales comparados con el costo de construcción y los costos estimados, previstos para la operación del tren. A partir de estos estudios, pueden seleccionarse la pendiente y la curvatura para tener costos mínimos.

La localización final de la ruta debe hacerse con tránsito y nivel después de establecerse la localización general. La localización con tránsito debe referirse y fijarse en las bandas de terreno, de modo que pueda adquirirse el derecho de vía las elevaciou

nes deben medirse también perpendicularmente a ambos lados, cada 100 pies, o más seguido si la topografía lo requiere, para permitir el cálculo de excavación y relleno.

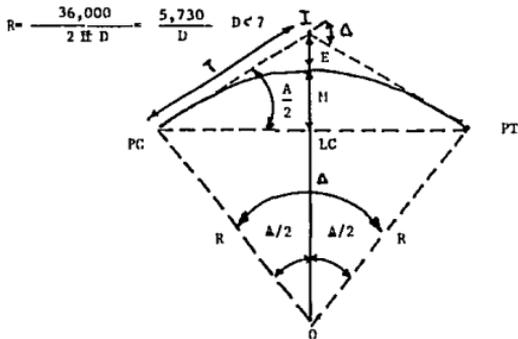
VI.2.3. DEFINICION DE CURVAS.

1) Curvas Horizontales. Incluyen las curvas simples, las compuestas y las curvas inversas; la sobreelevación para las mismas y curvas espirales como forma de introducir la sobreelevación en forma gradual y uniforme.

1.1.) Curvas Simples. Una curva simple tiene un radio -- constante en toda su extensión. El grado de curvatura se mide generalmente por el ángulo central subtendido por una cuerda de 100 pies de largo. El radio R, en pies, y el grado de la curva D están relacionados por:

$$R = \frac{50}{\text{Sen} \left(\frac{D}{2} \right)}$$

Para curvas hasta de 7° , la longitud que se mide a lo largo de la curva es prácticamente la misma que si se mide con cuerdas de 100 pies. Por tanto, el radio R, de una curva está dado aproximadamente por:



Para localizar o estacar el eje de una curva simple, las tangentes (en sus extremos) deben prolongarse, si es posible, hasta una intersección I, y el ángulo de intersección A se mide con tránsito. La distancia tangente T, a partir del punto de curva P.C. hasta S y desde el fin de la curva, P.T. hasta I pueden determinarse a partir de:

$$T = R \tan \frac{A}{2}$$

Donde A y D están en grados.

1.2.) Curvas compuestas e Inversas.

Una curva compuesta comprende dos o más curvas simples, cada curva sucesiva tiene una tangente común con la curva precedente. El comienzo de curva P.C. y el fin de curva, P.T. se estacan como para una curva simple.

Este tipo de curvas deben evitarse, pero pueden justificarse cuando una excavación excesiva u objetos fijos deban ser librados.

Una curva inversa es una combinación de dos curvas simples con centros en lados opuestos de una tangente común. Las curvas inversas son aceptables en vías de paso y de patio de baja velocidad, pero no deben emplearse nunca en una línea principal.

IV.3 DIVERSOS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

El objetivo de este sub-capítulo es el de proporcionar al lector una visión de los métodos usuales de construcción y conservación de vía elástica.

El proceso de construcción de vía elástica y de la rehabilitación de vía son muy parecidos y tienen como única diferencia que en el primero sólo se cuenta con el terraplén listo para recibir a la vía, mientras que en el segundo se tiene vía clásica, la cual se tiene que cambiar por vía elástica. El proceso de construcción de vía elástica es muy sencillo comparándolo con el de rehabilitación, puesto que sólo se tiene que tender la vía sobre el terraplén.

IV.3.1. Tendido de Vía.

En el tendido de vía se deben estudiar las distancias de los lugares de origen de los materiales de la vía con el propósito de minimizar los tiempos de entrega de los mismos.

Para esto se deben tener:

- Patios de almacenamiento para riel, accesorios de sujeción y equipo de soldadura cercanos a la vía y con fácil acceso de carreteras y ferrocarriles de operación.
- Patios secundarios de almacenamiento a lo largo de la vía.
- Planta de fabricación de durmientes de concreto (si es necesario).

En resumen, para que el conjunto de elementos de la su perestructura y sub-estructura de la vía, proporcionen un camino tal, que los trenes puedan arrastrar un volumen importante de carga a una velocidad razonablemente alta y con la mayor seguridad posible, la vía elástica debe cumplir con determinadas condiciones geométricas, r como:

- a) Pendiente lo menos pronunciada posible
- b) Curvatura lo más suave posible
- c) nivel transversal horizontal en tangente y con sobreelevación de equilibrio en las curvas.
- d) Superficie de rodamiento uniforme tanto longitudinal como transversalmente, sin tropiezos que pongan en peligro el libre tránsito de los trenes.

En el trazo geométrico de la vía (proyecto de gabinete) se consiguen los dos primeros incisos y quedan definidos en la construcción. Es por esto que pondremos especial interés en los incisos c y d.

El nivel transversal se define como la altura que tomen los rieles con respecto al horizonte (plano horizontal) y que en tangente debe ser igual, es decir, nunca debe estar un riel más alto que el otro. En curva es diferente, el riel exterior debe estar más alto, con objeto de equilibrar la fuerza centrífuga que tiende a voltear o a sacar de la vía el tren.

La superficie de rodamiento está formada por cada riel independientemente del otro y cada uno de ellos se refiere a dos planos, uno vertical y otro horizontal.

En el plano vertical se contemplan defectos del riel - (ver capítulo III.5.6). En el plano horizontal se contemplan las desviaciones que afectan directamente la separación entre los rieles (es cantillón) que debe ser constante. Estas desviaciones ocasionan dos efectos: Si son hacia afuera de la vía, aumentan la separación entre rieles provocando que las ruedas caigan hacia adentro de la vía pisando el alma de uno o de los dos rieles y provocando que se volteen. Y si son hacia adentro de la vía disminuirá la separación entre los rieles, lo que provocará que las ruedas monten sobre el hongo y se salgan sin guía de la vía.

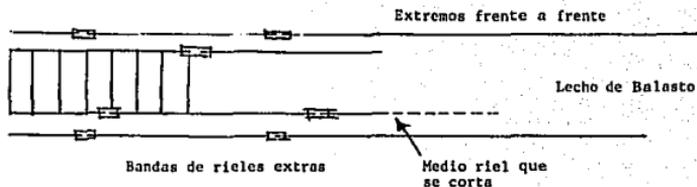
IV.3.2. VARIEDAD DE SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.

IV.3.2.1. Empleando Pórticos.

Este sistema consiste en construir en taller los tramos de vía elástica (escaleras) integradas por los rieles (100 lb/yd y 39' de largo), y soportados sobre durmientes de concreto empleando el sistema de fijación RN. Estos tramos se cargarán en plataformas de ferrocarril de 45 toneladas o plataformas construidas con "lorrys" para después descargarlos en el lugar mediante pórticos adecuados.

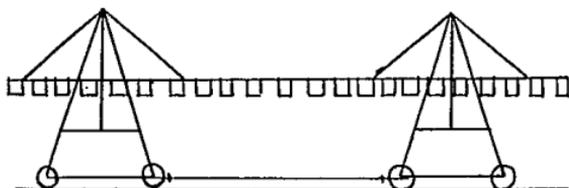
PASOS

- 1) En la planta de fabricación de durmientes o en un patio cercano al lugar del trabajo se dispondrá de una espuela con capacidad para 5 plataformas de 45 toneladas.
- 2) Sobre las plataformas se prefabricarán los tramos de vía elástica, superponiéndolos uno sobre el otro hasta un total de 8 tramos (5.3 toneladas de peso cada uno) en cada plataforma. (Se tiene también la opción de prefabricar los tramos fuera de la plataforma y después cargarlos a la misma con el auxilio de una grúa).
- 3) Se debe disponer de un tren extra de trabajo o auto-armones para mover las 5 plataformas cargadas diariamente.
- 4) Como se trata de renovación de vía, la vía clavada se desarmará teniendo cuidado de correr las dos bandas de rieles, aún emplanchueladas, paralelamente al eje de la vía y situarlas a cada lado sobre el hombro del balasto sobre trozos de durmientes usados. Los materiales sobrantes (durmientes, placas, etc.) se dejan a un lado para su fácil recogida.
- 5) Se empareja, nivela y consolida la superficie del balasto.



6) Como se aprecia en la anterior figura, es necesario cortar el tramo de riel que se muestra punteado, de manera -- que al principio del tramo de la vía cortada, sus extremos queden -- frente a frente, en ángulo recto con el eje de la vía. En esta fi- gura también se aprecia las dos bandas de rieles auxiliares que de- berán colocarse a cada lado de la vía clavada, antes de su corte, - en una longitud de 20 metros aproximadamente, los cuales quedarán - situados también sobre el hombro del balasto, en línea con las ban- das de rieles explicadas en 4.

7) Inmediatamente después de la vía cortada se emplazará la primera junta de dilatación (con emplanchuelado provisional utilizando prensas).



Vista lateral de los pórticos con un tramo de vía elástica

8) Una vez hecho lo anterior, se montan sobre las dos bandas de rieles auxiliares los pórticos que se vayan a utilizar para facilitar la descarga de los tramos de vía prefabricada con durmientes de concreto.

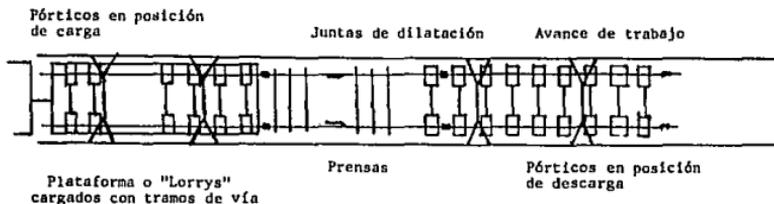
9) En estas condiciones todo está listo para recibir el tren de plataformas cargadas con los tramos de vía, el --- cual deberá venir retrocediendo de manera que la última plataforma quede situada lo más próximo posible a la junta de dilatación.

Los pórticos deberán estar ya situados sobre las bandas de rieles auxiliares, de manera que la plataforma cargada -- quede debajo de la viga central del pórtico con sus malacates y demás ganchos de descarga.

10) Se bajan los ganchos que agarran los hongos - de ambos rieles y una vez que están sujetos, los tramos prefabricados serán levantados usando los malacates cuidando que los tramos - se levanten horizontalmente hasta que queden en el aire.

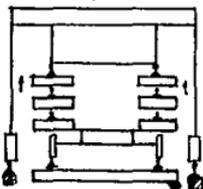
11) El grupo de obreros empujarán ambos pórticos cargados desde su posición original hasta su posición de descarga, de manera de dejar emplazado el primer tramo de vía prefabricado -- elevado sobre el balasto nivelado.

12) Por medio de malacates se va bajando lentamente el tramo de vía prefabricado alineándolo debidamente para que al apoyarlo en el balasto su eje coincida con el eje de la vía y los extremos de los rieles topen con los extremos de los rieles de la junta de dilatación, aunque dejando intercalada una plantilla de riel de 100 lb de 14 mm de espesor para asegurar el espacio de soldadura.

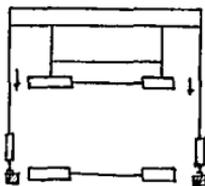


13) Inmediatamente después se ejecutará un emplanchado provisional (figura siguiente) y como los nuevos rieles -- vienen sin barrenos en sus extremos, las planchuelas que se colo--
quen se ajustarán a presión mediante dos "prensas" que se retirarán cuando vaya a efectuarse la soldadura.

Pórtico en posición de carga



Pórtico en posición de descarga



14) Así, con esto el tren avanzará 12 metros para dejar situada la última plataforma cargada sobre el primer tramo de vía elástica que se acaba de colocar y proceder a descargar el siguiente tramo de vía prefabricado, repitiendo este procedimiento.

15) En caso de interrumpir los trabajos por paso - del ferrocarril, se Podrán emplamar la vía elástica con vía clavada utilizando un par de agujas y sacar los pórticos de la vía manualmen . te o con grúa.

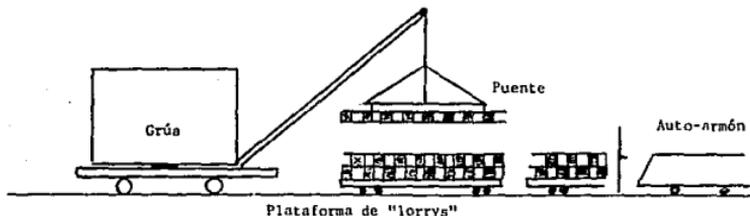
IV.3.2.1. Empleando Grúas y plataformas de "lorrys"

Este sistema es similar al anterior, con la diferencia que aquí se utiliza plataformas ligeras de "lorrys" y una grúa.

PASOS.

Los pasos 1 y 2 se efectúan de manera idéntica al procedimiento anterior.

3) Una vez cargadas las plataformas se forma un tren de trabajo para mover las plataformas cargadas, utilizando la fuerza tractiva de la grúa y auxiliados por un auto-armón que irá a la cola, con el fin de trasladar las plataformas diariamente desde la planta hasta el lugar de trabajo, pudiéndose aprovechar el viaje de regreso de las plataformas ya vacías, los materiales procedentes de la vía clavada. (Si es rehabilitación de vía).



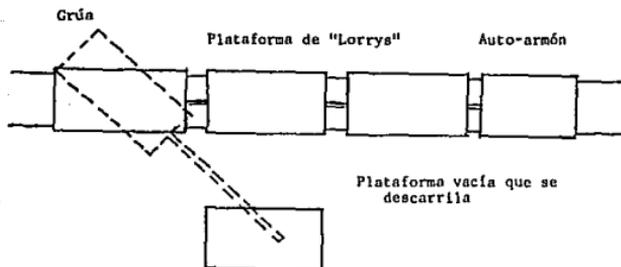
Primer movimiento del proceso de carga de los tramos prefabricados

4) Antes de la llegada del tren de trabajo se desarmará la vía clavada, depositando sus materiales a un mismo lado del balasto, para su fácil recogida.

5) Con equipo adecuado se nivela y consolida el balasto.

Los pasos 6 y 7 se efectúan como el procedimiento anterior.

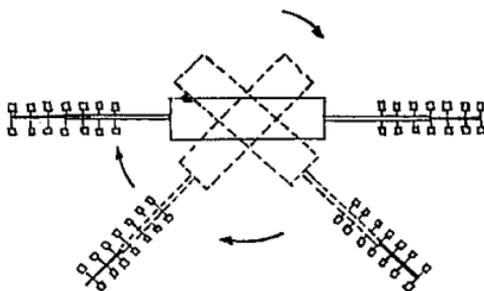
8) Después de todos los preparativos, todo está listo para recibir el tren de plataformas cargados con los tramos - cuyo tren está formado como se muestra en la figura. Es decir, trayendo la grúa a la cabeza, seguida de plataformas cargadas y de un auto-armón a la cola.



En estas condiciones, la grúa, se sitúa lo más -- próximo posible a la junta de dilatación y con la pluma extendida - hacia otras mediante un puente auxiliar con varios ganchos agarrará por varios lugares los hongos de los dos rieles del primer tramo -- pre-fabricado, levantándolo lentamente y manteniéndolo en posición horizontal hasta quedar en el aire.

9) Enseguida la grúa girará con lentitud su pluma 180° hasta situar el primer tramo de vía todavía elevado, sobre la cama de balasto, inmediatamente después de la junta de dilatación, y alineándolo con cables se va bajando la pluma hasta asentar este tramo en el balasto topando los extremos de sus rieles de la junta de dilatación, pero intercalando una plantilla de riel de 100 lbs - de 14 mm de espesor para asegurar el espacio de la soldadura alumi- notérmica.

Inmediatamente después, se efectúa un emplanchuelado provisional, fijando las planchuelas con el auxilio de pren-
sas.



Giro de 180° de la Pluma
cargando un tramo de vía

10) Una vez colocado y emplanchado el primer tramo de vía, la grúa avanzará 12 metros y se podrá girar sobre el primer extremo del mismo, volviendo a girar su pluma 180 para cargar el siguiente tramo, para descargarlo en la misma manera explicada anteriormente, procediéndose así sucesivamente hasta dejar la primer plataforma de "lorrys".

11) Después esta plataforma será sacada de la vía utilizando la pluma de la grúa, depositándola en el lado contrario del lugar en donde se encuentran los materiales de la vía.

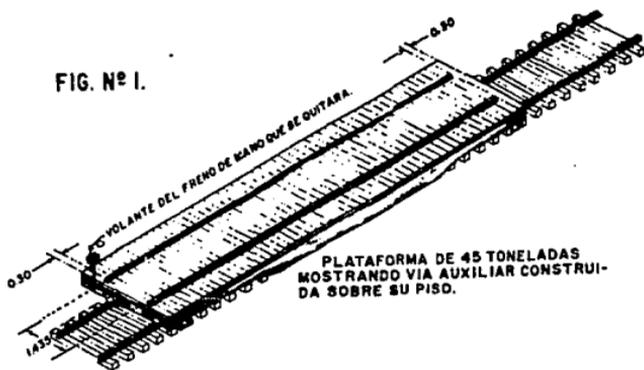
12) Una vez hecho lo anterior, se adelantará la segunda plataforma hasta quedar cerca de la grúa e iniciar nuevamente el ciclo de cargado y descargado. Al quedar vacía la segunda se sacará igualmente fuera de la vía para dar paso a la tercera plataforma y así sucesivamente se irán descargando todas para armar provisionalmente con el auxilio de las prensas, la nueva vía elástica que después se irá soldando.

IV.3.2.3. Empleando grúa y una combinación de --- plataformas

Este sistema es una variación del sistema ante---
rior donde se utilizan ambos tipos de plataformas.

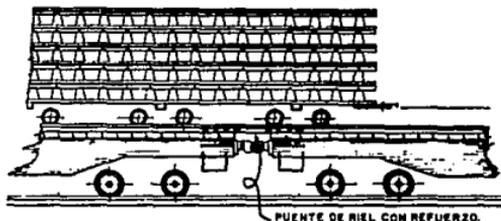
PASOS

1) A las plataformas normales de ferrocarril se -
les adecuará sobre su piso una vía con escantillón de 1.435 m. con
riel usado de 70 lbs. o mayor con tal de que terminen 30 cm. antes
de ambos extremos de las plataformas.



2) Después de lo anterior se prepararán unos puen-
tes del mismo calibre del riel empleado anteriormente, pero refor-
zándolos para salvar el tramo libre que queda entre plataformas. -
Los puentes sólo se colocarán cuando las plataformas estén sin mo-
verse, uniéndose mediante planchuelas a los extremos de los rieles
de las vías auxiliares y así estos puentes servirán para que puedan circu---

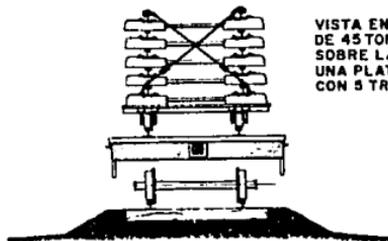
las plataformas ligeras de las que a continuación se verán.



3) Se construyen plataformas auxiliares de "Lorrays" lo más ligeras posibles, debiendo resistir cada plataforma una carga de 30 toneladas aproximadamente para soportar la carga de 5 tramos - de vía pre-fabricada de 12 metros de largo con peso de 5.3 toneladas por cada tramo.



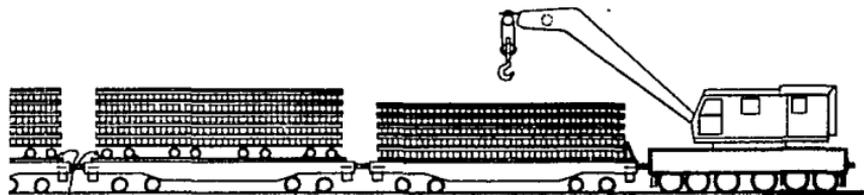
4) Se prefabrican los 5 tramos de vía sobre el --
bastidor de la plataforma auxiliar.



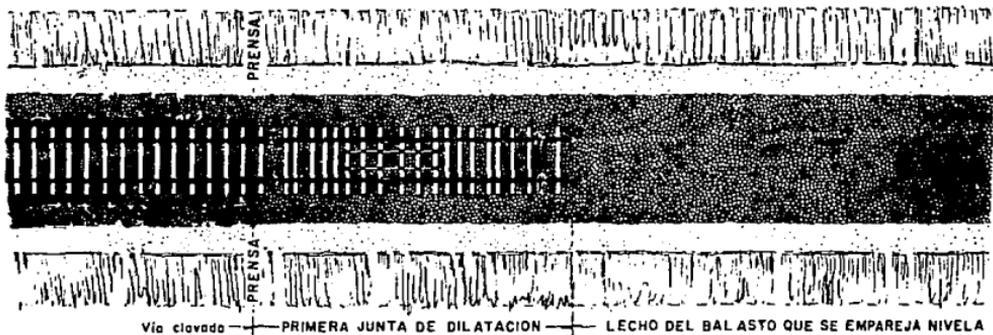
VISTA EN SECCION DE UNA PLATAFORMA DE 45 TONELADAS CON SU VIA AUXILIAR SOBRE LA QUE SE ENCUENTRA MONTADA UNA PLATAFORMA DE LORRYS CARGADA CON 5 TRAMOS DE VIA PRE-FABRICADOS.

Lógicamente las plataformas auxiliares deben quedar calzadas en sus ruedas exteriores, para evitar sus movimientos -- sobre la plataforma de 45 toneladas durante el transporte.

5) Una vez compuesto el tren de trabajo con la --- grúa y las plataformas se lleva al lugar donde se comenzarán los trabajos. Para ese entonces la vía clavada (si es que había) ya fue retirada y sus materiales se pusieron a los lados de la vía. Así también el balasto ya fue compactado y nivelado.



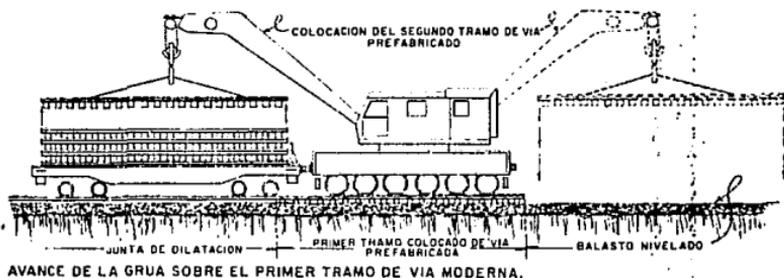
CALZOS PARA IMPEDIR EL MOVIMIENTO DE LAS PLATAFORMAS DE "LORRYS" DURANTE EL RECORRIDO.



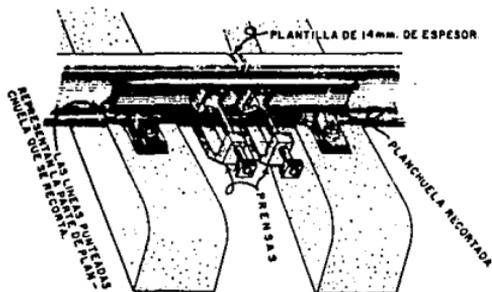
Los pasos 6 y 7 se ejecutan tal cual, como los pasos 5 y 6 del primer sistema.

8) Una vez hechos los trabajos preliminares estará todo listo para recibir el tren de trabajo, el cual estará formado trayendo la grúa a la cabeza, seguida de las plataformas cargadas y la locomotora a la cola.

Utilizando la grúa "Orton" y su gancho auxiliar, se carga el primer tramo de vía de 12 metros de longitud y se gira 180°, alineándolo mediante caldes, para irlo bajando lentamente hasta asentarlo sobre la cama de balasto, topando los extremos de sus rieles con los de la junta de dilatación que fue ya colocada. Entre estos extremos previamente se situará una plantilla de riel de 100 lbs' de 14 mm de espesor para garantizar el espacio requerido para la soldadura aluminotérmica.

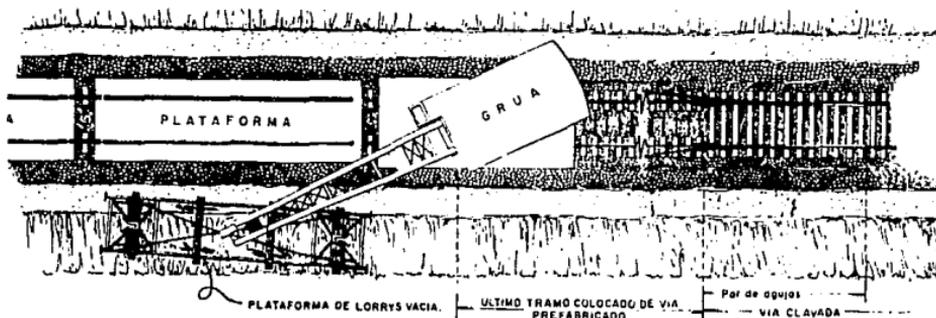


Inmediatamente después se colocarán las planchuelas provisionales, pero como los Nuevos rieles vienen sin barrenar en sus extremos, las planchuelas se ajustarán a presión mediante dos prensas, para retirarlas después, cuando se vayan a efectuar las soldaduras.



FORMA EN QUE DEBEN COLOCARSE LAS PRENSAS PARA EMPLANCHUELADO PROVISIONAL.

Una vez efectuado lo anterior, la grúa podrá avanzar 12 metros sobre el primer tramo de vía elástica, y proceder a descargar el siguiente tramo de vía prefabricada, repitiéndose el procedimiento hasta haber descargado los 5 tramos de vía de la primera plataforma.



9) En tanto se descargaba la primera plataforma, se supone que fueron colocados los puentes de rieles para conectar las vías entre todas las plataformas y se quitaron las calzas que fijaban las plataformas auxiliares de manera que las mismas puedan circular libremente a través de la vía auxiliar construida sobre el piso de las plataformas.

10) Con un cable atado al acoplador de la grúa y a la plataforma siguiente, ésta se jala y se mueve a baja velocidad para poder descargarla como se ilustró en los pasos anteriores.

11) Una vez descargada la primera plataforma se levanta con el brazo de la grúa y se coloca a un lado de la vía (contrario al lugar donde se depositaron los materiales de vía clavada).

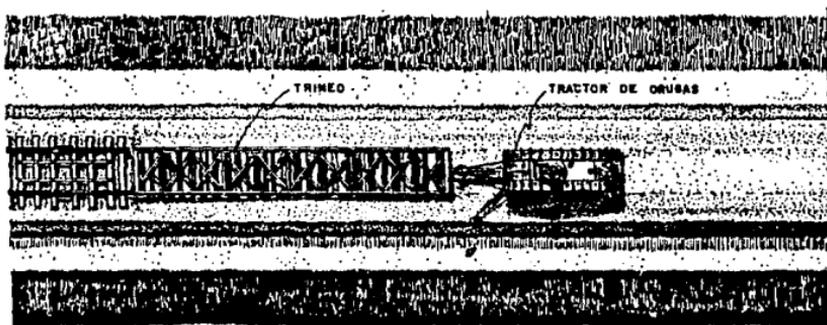
12) Después de todos los pasos anteriores, el ciclo se repite, hasta colocar los tramos de vía prefabricados de todas las plataformas.

IV.3.2.4. Empleando Pórticos Fijos y un Trineo

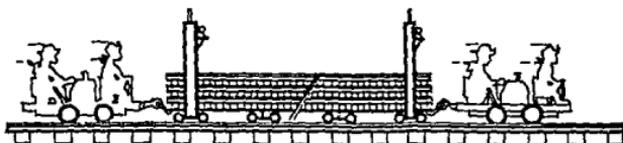
1) Una vez cargados los "Lorrys" con las escaleras se acoplan para formar un "tren de lorrys", el cual será movido con dos autoarmones; uno al frente y el otro a la cola, para disponer de suficiente fuerza tractiva y para evitar que los "Lorrys" puedan chorrear.

2) Se desarma y se coloca a un lado la vía antigua.

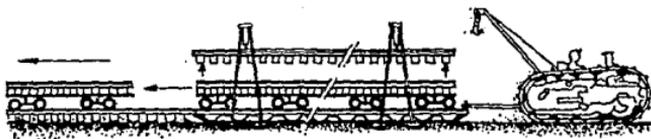
3) En este método se utiliza un trineo, el cual se desplaza con un pequeño tractor con orugas, el que además viene equipado con un pequeño brazo, que sirve para desalojar los "lorrys". Este trineo se emplazará, topando los extremos de sus rieles, con los extremos de los rieles de la vía clavada, a la que con anterioridad, le fue cortada la mitad de uno de sus rieles para dejar sus extremos frente a frente.



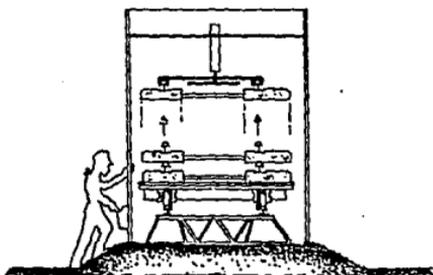
MOSTRANDO EL TRINEO Y EL TRACTOR DE ORUGAS



TREN DE LORRYS LLEGANDO



CARGA DEL PRIMER TRAMO DE VIA PREFABRICADO USANDO LOS PORTICOS
(Véase vista lateral)



VISTA EN SECCION DE LA CARGA DEL PRIMER
TRAMO DE VIA



RETIRO DEL TRINEO MEDIANTE EL TRACTOR DE ORUGAS

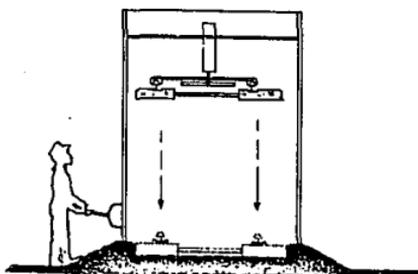
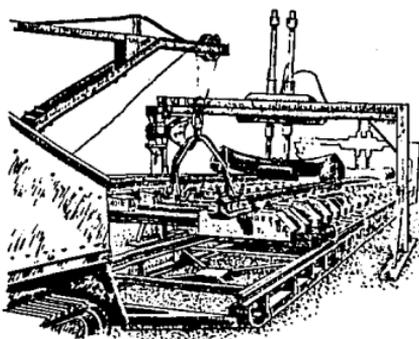


Fig. N.º 8

**DESCARGA DEL PRIMER TRAMO DE LA VIA
YA UTILIZANDO LOS PORTICOS**

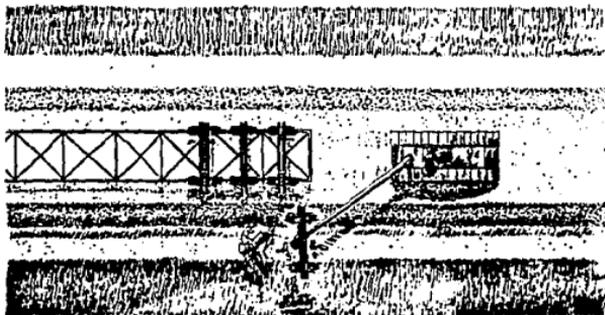
4) Para este entonces, todo está listo para recibir al tren de "Lorrys" el cual se hace avanzar lentamente, para estacionarlo sobre la vía provisional del trineo.

Cabe mencionar que sobre los tramos de vía prefabricados vienen montados 2 pórticos equipados con gatos hidráulicos.



VISTA DE LA DESCARGA DE UN TRAMO DE VIA PREFABRICADA

CARGA Y DESCARGA DE UN LORRY PRECISAMENTE
UTILIZANDO EL BRAZO DE LA GRUA DEL TRACTOR



5) Hecho lo anterior, se fijan las grapas de agarre de los pórticos a los hongos de los rieles del primer trineo de vía prefabricado, el cual es elevado con la ayuda de los gatos hidráulicos.

6) Se retiran los tramos de vía hacia atrás al ser jalado el tren de "Lorrys" por el autoarmón de la cola, quedando el primer tramo de vía levantado sobre el trineo.

7) Con el tractor de orugas se retira el trineo hacia adelante quedando libre la cama de balasto.

8) Así el balasto está en condiciones de recibir el primer tramo de vía.

9) Se procede a un emplanchuelado provisional como se mencionó en los sistemas constructivos anteriores.

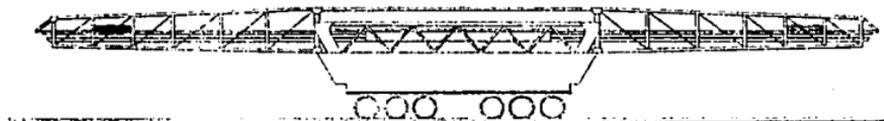
10) Se adelanta el tren de "Lorrys" hasta que se apoye en el primer tramo de vía colocada y los pórticos se vuelven a apoyar en el siguiente tramo de vía cargado con los "Lorrys", -- con la ayuda de los gatos hidráulicos.

11) Vuelve a situarse el trineo sobre el tramo - colocado.

12) Una vez más, el tren de "Lorrys" se sitúa sobre el trineo llevando cargados ambos pórticos, descansando sus patas en el balasto, para levantar el siguiente tramo y volver a retroceder al tren de "Lorrys" para asentar el tramo prefabricado emplanchuelándolo provisionalmente y volver a repetir el ciclo.

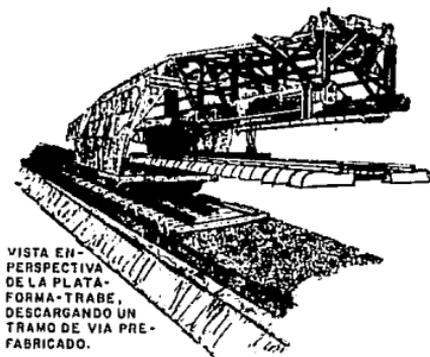
IV.3.2.5. Sistema Constructivo Francés.

1) Para este sistema constructivo se emplea como elemento básico un equipo especial al que denominaremos "plataforma trabe" (que tiene sus propios medios de tracción y frenado.)



VISTA GENERAL DE LA PLATAFORMA-TRABE

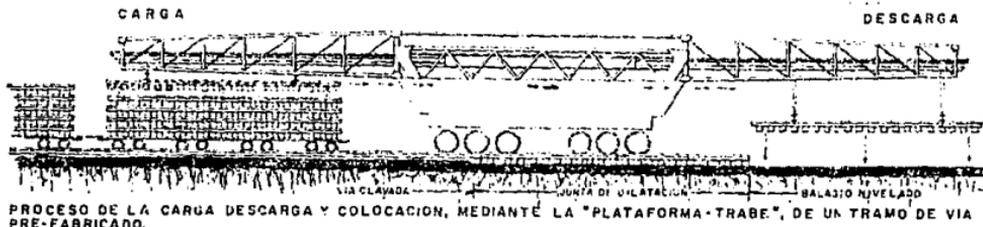
2) Se cargan los tramos de vía en plataformas de "Lorrys" como se ilustró en el sistema constructivo anterior. Inmediatamente después se forma el tren de trabajo con la "plataforma - trabe" al frente seguida de las plataformas ligeras, cargadas con los tramos de vía prefabricados y llevando uno o dos autoármones -- a la cola.



VISTA EN-PERSPECTIVA DE LA PLATAFORMA-TRABE, DESCARGANDO UN TRAMO DE VIA PREFABRICADO.

3) En caso de haber existido vía clavada anteriormente, se procede a desarmarla y depositar sus elementos fuera de la cama del balasto. Se procede a emparejar, nivelar y consolidar la superficie de balasto para esperar a los tramos de vía prefabricados.

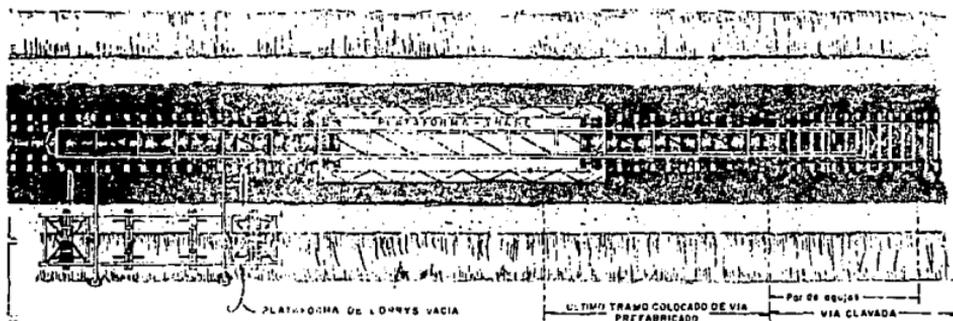
4) Mediante la "plataforma trabe" usando sus ganchos especiales, se carga el primer tramo de vía y una vez levantado con los mecanismos y motores se mueve el tramo hacia adelante -- quedando el primer tramo de vía sobre el balasto y accionando los macacates se irá bajando lentamente hasta asentarlo en la cama de balasto, haciendo topar sus extremos de los rieles con los de la junta de dilatación, previamente colocada, poniendo una plantilla de 14 mm para garantizar el espacio requerido para la soldadura aluminotérmica y emplanchuelando provisionalmente al final.



PROCESO DE LA CARGA, DESCARGA Y COLOCACION, MEDIANTE LA "PLATAFORMA TRABE", DE UN TRAMO DE VIA PRE-FABRICADO.

5) Una vez colocado el primer tramo de vía se adelanta todo el tren, quedando la "plataforma trabe" situada precisamente en este tramo. Se vuelve a proceder con la descarga del segundo tramo repitiéndose el ciclo hasta dejar descargados todos los tramos de vía de la primera plataforma de "Lorrys".

6) La "plataforma trabe" porta un sistema de vigas en cantiliver laterales y malacates viajeros, que sirven para cargar y descargar fuera de la vía las plataformas vacías de "Lorrys". Obviamente, se descargarán del lado contrario del lugar donde se encuentran los materiales de recobro de la vía clavada, (Si es que la hubo).



7) Retirada la primera plataforma, los autoarmones empujarán las restantes plataformas cargadas, armando la que venía en segundo lugar hasta situarla junto de la "plataforma trabe" repitiendo el ciclo.

IV.3.2.6 Sistema Secmafer.

Este sistema debe su nombre al del fabricante de ----- las máquinas que se utilizan en este procedimiento. Hacia 1969 Ferro carriles Nacionales adquirió este equipo para renovación integral de vía.

Aparte de la maquinaria Secmafer se necesitan como complemento dos trenes de trabajo. Uno es para transportar los durmientes de concreto nuevos y de regreso las escaleras de vía antigua. -- Otro para transportar el balasto necesario para complementar la superestructura.

Las máquinas Secmafer son:

Un posicionador

Dos grúas de pórtico y una viga, que trabajan como unidad.

Una conformadora compactadora de cama de vía.

Una colocadora de riel.

Antes que todo una cuadrilla elimina el cuatrapeo de - las juntas dejándolas una frente a otra. Una vez eliminado, se for-- man dos camellones de balasto a los lados de la vía, de la altura del hombro de la vía antigua con objeto, de posteriormente, colocar sobre ellos los L.R.S. que formarán parte de la vía renovada.

Si por alguna razón el balasto no es necesario, se colocan trozos de madera cortados de durmientes de desecho, cada 4 o 5 metros para recibir a los L.R.S. y en esta forma se preparan de 3 a 5 km. de longitud.

Entonces se recibe el primer tren de L.R.S., y se descargan a ambos lados de la vía sobre las cabezas de los durmientes y se emplanchuelan para facilitar su colocación. Una vez descargados y emplanchuelados se toman con el posicionador por debajo del hongo del riel y se colocan directamente sobre los camellones de balasto o sobre los bloques de madera. Deben de quedar con un escantillón de --- 3.90 m. y simétricamente colocados respecto al eje de la vía. Una -- vez terminado lo anterior, se tiene listo el "Camino de rodamientos" sobre el cual se transportarán los pórticos, la viga y la conformadora.

Hasta aquí se terminan los preparativos para dar paso a los trenes de trabajo de renovación. Entonces veamos ahora el procedimiento.

Primero se forma un tren con el siguiente orden: Una locomotora, un cabús, la plataforma con los pórticos, la plataforma -- con la viga, 8 plataformas vacías, 6 plataformas con durmientes de -- concreto y por último, la plataforma con la conformadora de vía. La colocadora del riel avanza al último por su propia propulsión.

Cabe mencionar que el número de plataformas con durmiente de concreto y vacías dependen de la producción que necesitemos de renovación de vía.

Se empieza con dos desatornilladoras que desarman sobre cada hilo una planchuela si y otra no. Los dos pórticos y la viga llegan transitando por el camino de rodamiento y levantan la primera escalera, avanza nuevamente y la deposita sobre la segunda esca

lera, para levantar simultáneamente las dos escaleras y depositarlas en la primera plataforma vacía. Entonces entra por el camino de rodamiento la conformadora de balasto, desbaratando éste y depositándolo mediante bandas transportadoras a los lados de la vía. En la parte posterior la conformadora tiene dos rodillos vibratorios que compactan la cama de la vía. Es probable que se tengan durmientes muy viejos y al levantar las escaleras de caigan o se queden en la cama. Si esto ocurre, es necesario quitarlos a mano, de tal manera que para cuando pase la conformadora la cama esté libre. Esta máquina deja en dos pasadas listo el terreno para la colocación de durmientes nuevos.

Ahora los dos pórticos y la viga regresan a la primera plataforma cargada y con paletas especiales levantan la primera capa de durmiente nuevo y la transportan al terreno que está listo para recibirlos. A continuación descargan terciados los primeros -- durmientes (nonos) y ya alineados y escuadrados avanzan, vuelven a bajar y descargan los segundos durmientes (pares). Nuevamente suben, avanzan, levantan la siguiente escalera, la depositan sobre la otra escalera que sigue, las levantan ambas y las llevan a descargar sobre las primeras que dejaron en la primera plataforma vacía.

Así, una vez más, avanza la motoconformadora, se elimina el balasto excedente, compacta el restante y deja el campo libre a los pórticos repitiéndose el ciclo hasta completar el tramo -- del día.

Hasta aquí los durmientes están colocados y el riel se encuentra con 3.90 m. de escantillón. Entonces se alinean, escuadran y espacian los durmientes. Atrás van dos reparadoras colocando las placas de hule de asiento.

Después de la preparación anterior viene la colocadara de riel que levanta los L.R.S. que están a 3.90 de escantillón y los cierra a 1.435 m. y los deposita en su lugar sobre los durmientes nuevos recién colocados y avanza sobre los mismos L.R.S. que va colocando. A continuación se distribuyen las fijaciones, se lococan y se aprietan como se ilustró en el sub-capítulo de rieles.

Detrás entra el segundo tren descargando el balasto para poner en condiciones reglamentarias de la superestructura de la vía.

Finalmente, entra la maquinaria de acabado. Esta la veremos en el siguiente sub-capítulo.

IV.4 CONSERVACION DE VIA ELASTICA.

IV.4.1 INTRODUCCION.

Conforme hemos descrito esta tesis nos enteramos de cada uno de sus elementos, así como de la construcción de la vía elástica. Ahora pues, nos ocupará hablar de su conservación.

Podemos decir que una vía elástica opera satisfactoriamente si el equipo tractivo y de arrastre se desplaza sin dificultad, con seguridad y a un costo razonable. Esto se logra sin duda si todos y cada uno de sus componentes fueron diseñados y se encuentran en un buen estado.

Entonces, los trabajos de conservación están encaminados a restablecer en condiciones óptimas el nivel transversal y la superficie de rodamiento de la vía. En esta labor no se substituyen integralmente los componentes los componentes de la superestructura de la vía elástica, sino que solamente aquellos que presentan deterioros que exceden los límites máximos permisibles. Por lo tanto, los trabajos de conservación están encaminados hacia el balasto y con este elemento nos basaremos para hacer la conservación. Si fuera necesario reemplazar algún elemento (riel, durmiente o fijación) este cambio debe de hacerse antes de trabajar con el balasto.

IV.4.2 NIVELACION MECANICA.

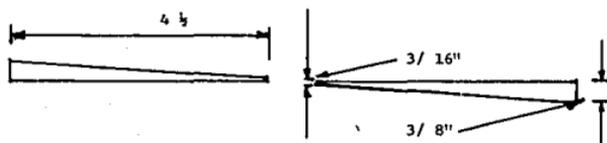
El método de compactación de suelos no cohesivos, según la mecánica de suelos, es el que aplica vibraciones y presión al mismo tiempo. Las máquinas multicalzadoras niveladoras aplican en la prác-

tica esta teoría. Estas máquinas entonces juegan un papel importante en los trabajos de conservación y las describiremos brevemente.

Estas máquinas utilizan 16 calzadores que son accionadas en grupos de 4 por cuatro unidades vibratorias. Describamos cada una de ellas:

IV.4.2.1 Unidades Vibratorias.

Las cuatro unidades se alimentan por un motor trifásico de 127 voltios, vibrando a 3,200 vibraciones por minuto con una amplitud de $3/8$ de pulgada.



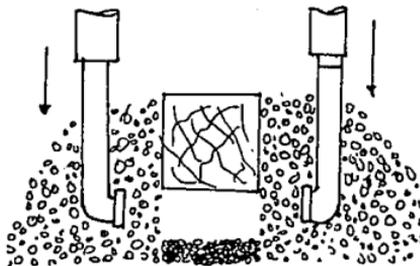
Los calzadores que llevan a cabo la compactación del balasto pueden alcanzar una penetración de $19 \frac{1}{2}$ pulgadas desde la parte superior del riel. La máquina viene acondicionada para que, en caso de alguna obstrucción, el lado opuesto del mismo vibrador continúe la compactación.

IV.4.2.2 Ciclo Automático de Calzado.

El ciclo se controla por el operador desde cabina o caminando al lado de la máquina.

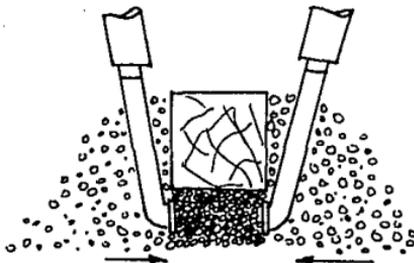
Si se desea, la máquina al terminar el ciclo avanza automáticamente al próximo durmiente, pero el operador es responsable para detener la máquina en el siguiente durmiente.

El peso propio de los vibradores aunado a una presión hidráulica de 1,800 PSI los ayuda a descender. La máquina contiene interruptores de profundidad para que los vibradores descendan a la profundidad deseada.



La compresión se logra a una velocidad ajustable a la condición de balasto en uso. La compresión es uniforme y se suspende cuando la presión hidráulica predeterminada es alcanzada.

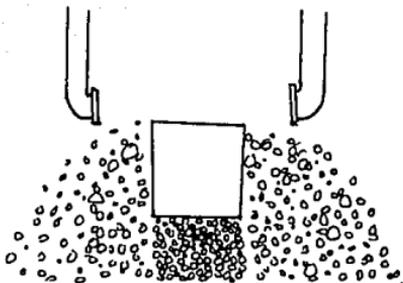
Una vez alcanzada la compresión, las patas de calzar inician su ascenso por el cortado del durmiente. Este trabajo protege y no permite que el balasto caiga.



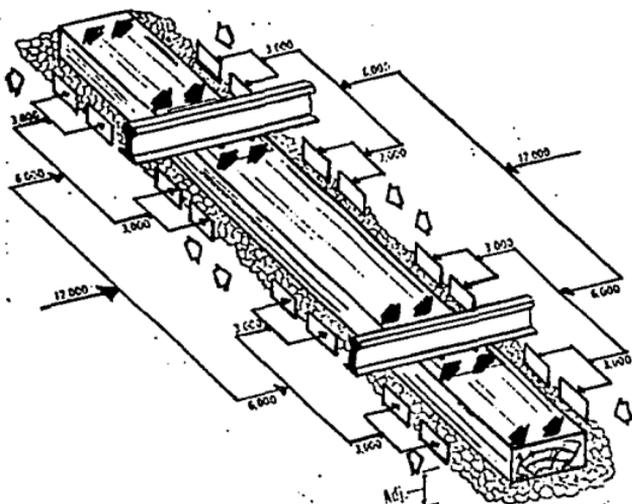
Así es que los vibradores suben hacia su límite superior y las patas alcanzan su apertura máxima. Las patas deben librar al durmiente, máximo 3 cm.



A continuación se muestra un cuadro donde se observa la fuerza aplicada y la compresión lograda por ella. Una compresión normal es de 1000 PSI. son una reserva de 80% para cualquier condición de balasto.



La compactación uniforme por debajo de la longitud total -- del durmiente se logra mediante interconexiones hidráulicas entre los dos circuitos de compresión.



Las flechas blancas  indican movimiento por la vibración del calzado.

Las flechas oscuras  indican movimiento por la compresión.

IV.4.2.3 COMPRESION

El balasto por esta acción fluye debajo del durmiente en -- las zonas de principal soporte, como lo son: debajo de los rieles y en los extremos del durmiente. Esto elimina toda posibilidad de vacío y asegura un soporte firme para la vía.

La compresión deseada puede seleccionarse por un interruptor. Esta debe ser entre 1000 y 2000 PSI ya que una presión excesiva lograría que la vía se soportara en el centro del durmiente. Una manera empírica de saber si la presión es correcta es observando si en el extremo del durmiente hay un movimiento del balasto hacia afuera.

IV.4.2.4 PROFUNDIDAD DEL CALZADO.

La mejor compactación de balasto se logra cuando las patas de calzar penetran a la llamada profundidad "O" más 15 milímetros.

Se llama profundidad "O" al momento en que la parte supe---rior de las patas están a nivel de la parte inferior del durmiente.

IV.4.2.5 ALTURA DE LOS CABEZALES

Estos son ajustados al límite superior, y se logra así una distancia de 3 cm. entre las patas y el durmiente.

IV.4.2.6 SEPARACION DE LAS PATAS.

Esta separación debe ser tal, de manera que caigan en el - centro del cajón. Esto se logra ajustando cuatro tornillos por cada cabezal.

IV.4.3 SISTEMA DELTA

Este sistema nos sirve para permitir que la máquina levante la vía para nivelarla y también para quitar golpes de vía.

IV.4.3.1 LEVANTE Y NIVELACIÓN.

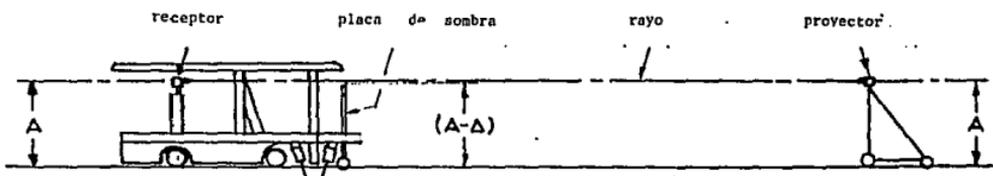
Las operaciones de levante y nivelación se hacen automáticamente y como es de pensarse varían con la marca del fabricante. Es por eso que en este trabajo mencionamos los mecanismos de la marca Electromatic TAMPER, que es la utilizada en su gran mayoría por Ferrocarriles Nacionales para su trabajo de conservación.

La máquina cuenta esencialmente con un rayo infrarojo modulado, que es enviado por un proyector, el cual tiene en la máquina principal un receptor. El proyector viaja a 50 o 100 pies y envía el rayo a dos fotoceldas que están montadas en un marco especial sobre el bastidor de la máquina y soportado por el eje trasero. Estas fotoceldas reciben el rayo y controlan los solenoides de levante. Por su parte los receptores están siempre a nivel, cualquiera que sea la condición de la vía.

Otro aditamento que es de vital importancia para la nivelación es la placa de sombra que va en los rieles sobre el durmiente que se está calzando y que intercepta el rayo cuando la vía ha llegado al levante deseado.

Cabe mencionar que la máquina que hace el calzado y compactación de la vía es la misma que hace la nivelación. Todo lo hace al mismo tiempo dando rapidez al avance.

La siguiente figura muestra claramente los conceptos antes señalados.



Supongamos que necesitamos una altura "A" de levante de la vía. Entonces ajustamos el receptor y el proyector a una altura "A", estableciéndose un plano infrarrojo paralelo a la vía (ver figura anterior).

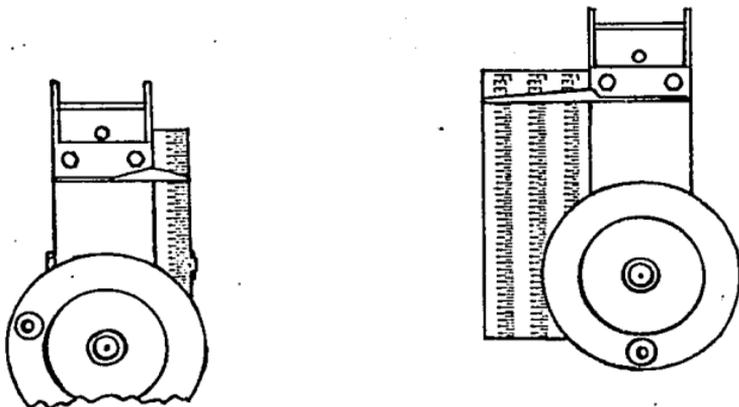
Como es de pensarse, si el receptor, proyector y la placa de sombra son ajustados a una misma altura, en la vía no habrá levante y se supondrá nivelada. Pero si la placa se baja (por ejemplo 1/4 de pulgada), el receptor verá el rayo del proyector y la vía se levantará por medio de una pinzas operadas hidráulicamente que presan al riel. Este levante se hará hasta que nuevamente la placa intercepte el rayo.

La máquina TAMPER viene acondicionada de tal manera, que por cada 1/8 de pulgada que la sombra baja, el levante de la vía será de 1 pulgada después de que la máquina ha avanzado 250 pies.

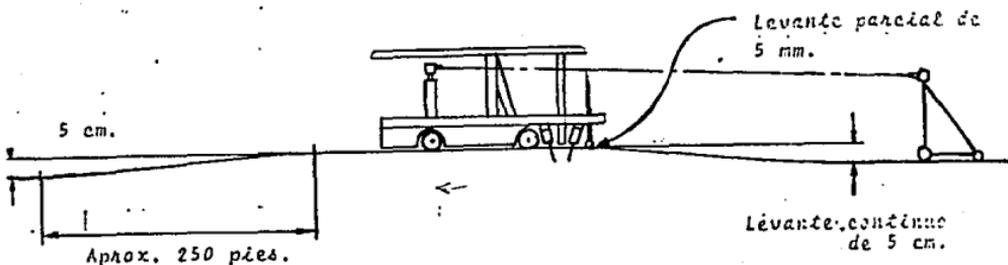
IV.4.3.2 NIVELACION EN CURVAS.

Cuando nos encontremos con una curva, tendremos un riel más bajo. Este riel, precisamente, va a ser el riel de referencia para esta sobre-elevación.

Para el ajuste de la sobre-elevación y altura de la placa de sombra se utilizan 2 manivelas que se ilustran en la siguiente figura.



Si la máquina se encuentra en sobre-elevación, la placa de sombra y los receptores siempre se mantienen en un plano horizontal. El ajuste de sobre-elevación tiene efecto en el durmiente en el momento del ajuste, mientras que el ajuste de nivelación no; quiere decir, que en nivelación si el levante es ajustado a un centímetro, tienen que ser trabajados aproximadamente 250 pies para que el levante completo se alcance. Pero si la sobre-elevación se ajusta a 10 mm esto será realizado en el próximo ciclo de levante. El ajuste de la sobre-elevación está calibrado en milímetros. 1/4 de vuelta en la manivela de ajuste representa aproximadamente 1.5 mm de elevación en la vía.



Como es de pensarse, la vía no nivelada presenta muchos aspectos. Así, tendremos que hacer levantes parejos y discontinuos. A continuación se presentan estos casos.

IV.4.3.3 LEVANTE CONTINUO.

En este caso la máquina trabaja con el carro a 100 pies. - El operador elige el levante deseado (de 0 a 20 cm) y la máquina desarrollará el levante después de 250 pies.

Si el operador no cambia la escala, la máquina continuará manteniendo el levante deseado. Pero, si el operador efectúa un cambio de levante durante el trabajo, la máquina demorará 250 pies en responder. Por ejemplo: si el operador desea bajar el levante de 6 cm a 5 cm la máquina efectuará la rebaja total de 1 cm. a través de 250 pies en partes iguales.

IV.4.3.4 LEVANTE CON OBSTACULOS

Los ferrocarriles, generalmente prefieren que los operadores terminen el levante de 3 a 5 rieles antes de algún obstáculo. Este obstáculo se levantará si se prefiere así con gatos manuales. Si se continúa con el levante después del obstáculo, también se levantará dejando de 3 a 5 rieles, como espacio.

Si se considera necesario que la máquina también calce el -- obstáculo, se procederá entonces a poner la placa en "0". Para esto, -- el operador apaga la parte levantadora de la máquina y calza los dur--- mientes sueltos.

Como obstáculos, podemos citar los siguientes ejemplos: Un puente, un cambio, un cruceamiento a nivel, un tunel,...

Después de haber salvado el obstáculo, el operador tiene que salir haciendo un levante de inmediato para no dejar un bajo. En el -- campo, el operador coloca la máquina sobre el primer durmiente que pueda calzar y baja la placa de sombra hasta encontrar la luz de levante.

Al salir del obstáculo, el operador regresará si es necesario, la escala de sobre-elevación a "0" en etapas no superiores a 3 mm.

IV.4.3.5 LEVANTE DISCONTINUO (Desgolpeo)

En este trabajo, se eliminan los golpes de vía y que generalmente son más cortos, en longitud, que el largo de la máquina (35 - metros).

Aquí, el operador coloca la escala de levante en "0" y con la máquina en posición sobre el primer durmiente, calza y levanta el riel bajo hasta que la máquina llega al extremo.

IV.4.4 ALINEAMIENTO.

IV.4.4.1 ALINEAMIENTO EN TANGENTE.

Para alinear la vía existen máquinas cuyo fin es corregir los defectos de la vía con respecto al plano horizontal.

Existen variedad de marcas de máquinas, que reali--zan este trabajo. Sin embargo, la actividad que ejecutan todas ellas las podemos agrupar en dos tipos. El primer tipo lo conforman las máquinas Nordberg, Fairmont y Kershaw (estadounidenses) mientras que el segundo, las máquinas Robel (alemanas).

a) Trabajos del primer tipo.

Las máquinas Norberg y Fairmont usan como referen--cia una cuerda tensada de alambre acerado de 1'00' de largo, colocada a un lado de la vía y conectada a una aguja sobre una carátula graduada. Esta aguja registra las desviaciones con respecto al eje de la vía. - Para corregir la alineación estas máquinas utilizan cilindros hidráulicos que se apoyan en el patín del riel y mediante zapatas adecuadas se apoyan en el balasto.

El sistema Kershaw utiliza un martillo de gran peso para desplazar a la vía hacia su posición correcta. Esta máquina se -sienta sobre el balasto para usarlo como apoyo, con dos pinzas adecuadas aprisiona los rieles y es entonces cuando el martillo golpea con -

gran energía a unas sufrideras especiales recargadas contra el patín - del riel y mover la vía a su posición deseada.

b) Trabajos del Segundo Tipo.

Al igual que en las máquinas del primer tipo, estas máquinas vienen provistas de un alambre acerado de 100' de longitud que se coloca por debajo de la máquina, y coincide con el eje de la vía. Este alambre se conecta a un palpador eléctrico que a su vez se conecta - sobre un lápiz que marca sobre un papel cuadriculado el movimiento de - la máquina. Esta gráfica nos revela la condición de la vía, y se toma en un tramo determinado. Para corregir las desviaciones con respecto - al eje de la vía, el operador corrige la gráfica con una regla trazando una línea recta que corre a la mitad de las desviaciones opuestas de -- los picos de la misma.

Hecho lo anterior, el operador regresa al punto inicial del tramo y substituye el lápiz por un indicador, empieza a caminar y - conforme el indicador marca sobre los puntos desplazados, detiene la má- quina. Entonces la máquina baja unos cilindros hidráulicos que se apo- yan contra el patín del riel y mediante un control de mano empuja la -- vía en la dirección correcta, hasta que el índice marca sobre la línea recta de corrección de la gráfica. Este ciclo se repite por tramos.

IV.4.4.2 ALINEAMIENTO EN CURVA.

En este caso también dividiremos en dos tipos de traba-- jos a las máquinas alineadoras.

a) Trabajos del Primer Tipo.

En la curva, se localizan los puntos P.C. y P.T. y se dividen en estaciones de 20 m. marcándolas sobre el terreno. El operador de la máquina reduce la longitud de la cuerda de referencia a 20 m. y a partir del P.C. lee en cada estación las flechas de la curva, dibujando a escala una gráfica de la curva, entregándosela al ingeniero. Este traza sobre la gráfica levantada la curva teórica a la misma escala, marcando las desviaciones en cada estación de 20 m. de la gráfica. El operador con estas correcciones vuelve al P.C. y en cada estación empuja la vía con la máquina, en la dirección necesaria.

b) Trabajos del Segundo Tipo.

Aquí solamente se localizan los puntos P.C. y P.T. de la curva y a partir del P.C. la máquina al recorrer la curva, dibuja una gráfica de la misma sobre el papel cuadriculado. En ésta quedan marcadas las desviaciones hacia uno y otro lado con respecto al eje de la vía. Para redondear la curva, el operador traza con su regla una línea media entre los picos de la gráfica. Entonces regresa al P.C., substituye la pluma por el indicador y empieza a recorrer nuevamente la curva, deteniéndose en donde el indicador marque sobre los errores. En cada desviación, baja sus cilindros hidráulicos apoyándolos contra el patín del riel acciona su palanca y empuja en la dirección deseada, hasta que el indicador marque sobre la línea media correctora. En este momento ha quedado corregido el error de la vía.

IV.4.4.3 PRECAUCIONES.

Para alinear la vía se necesitan tomar precauciones res

pecto al balasto. La práctica ha mostrado que no es conveniente alinear la vía cuando el balasto esté muy compacto o cementado, a menos que la compactación se rompa fácilmente y se le dé un levante a la vía, pues el comportamiento elástico de la cama de balasto, ocasionaría que las vibraciones producidas por el paso de los trenes regresen a su posición original a la vía, haciendo inútiles este tipo de trabajos.

IV.4.5 REGULACION DE BALASTO.

Existen máquinas especiales para este tipo de trabajo en las cuales nos basaremos para la descripción de este sub-capítulo. Estas máquinas, llamadas Reguladoras de Balasto, tienen al frente dos cuchillas y a los lados dos cajas de balasto. En la parte posterior cuentan con un rodillo de mangueras giratorio (escoba). Las cuchillas del frente sirven para las siguientes operaciones:

- a) Pasar el balasto del centro a los hombros de la vía.
- b) Pasar el balasto de los hombros al centro de la vía
- c) Pasar el balasto de un hombro al otro.

Las cajas laterales sirven para recorrer el balasto excedente a lugares donde sea escaso; y para acercar balasto en los hombros.

Por último, la escoba se usa para eliminar el poco balasto que haya quedado sobre los durmientes, dejándolo en los cajones y hombros, dándole un aspecto agradable a la vía.

IV.4.6 COMPACTACION DE BALASTO.

Existen máquinas para hacer este trabajo, las cuales las -- describiremos.

Las máquinas compactadoras de balasto tienen cuatro pisones vibratorios, uno al lado de cada riel. Cuando el espaciamiento y es-- cuadramiento de los durmientes lo permite pueden colocarse otros cua-- tro pisones paralelamente a los primeros, con objeto de compactar dos cajones simultáneamente.

Estas máquinas cuentan también con cuatro placas vibrato-- rias, las cuales se apoyan sobre los hombros y las otras dos sobre los taludes de la cama del balasto. Mediante la aplicación de vibración y presión simultáneas sobre el material, se consigue confinar y compac-- tar al mismo, dándole el acabado final a la vía.

V. CONCLUSIONES

A través de la historia, una de las metas de los sistemas de transporte ha sido y es mejorar sus tiempos de recorrido. El ferrocarril como medio de transporte terrestre se ha fijado esta meta como -- una de sus primordiales. En todo el mundo se ha desatado una competencia sobre los implantes de nuevos records de velocidades. Así, Francia, Japón, Inglaterra, Alemania, etc. han desarrollado técnicas tendientes a mejorar las velocidades de sus respectivos ferrocarriles.

La vía elástica como parte fundamental del ferrocarril, coadyuva al logro de estas metas. Las mejoras, en los sistemas de conservación, construcción son temas de cada día. Es por esto, que esta tesis pretendió dar a conocer las técnicas más actuales, así como las -- tradicionales. Es menester mencionar que se debe estar preparado de -- los cambios en estas técnicas.

Esta necesidad de desarrollar nuevas tecnologías, ha obligado a la ingeniería mexicana a realizar esfuerzos que se traducen en resultados que permiten modernizar la infraestructura del ferrocarril. -- Al desarrollar nuevas tecnologías se dejan de importar los materiales necesarios, dando un beneficio a la economía del país.

Con el dominio de la técnica de la vía elástica, se ha obtenido en primer término, un avance sin precedentes en materia de velocidad. Estas se han incrementado admitiendo cargas por eje mayores, haciendo posible remolcar más toneladas con los mismos caballos de potencia.

También se ha incrementado la vida útil del equipo rodante, al eliminarse las juntas de los rieles emplanchuelados que representaban zonas de altos impactos en la vía; se ha elevado considerablemente al confort en los trenes de pasajeros y se ha abatido considerablemente los costos de mantenimiento de la vía.

En México, actualmente se construyen toda clase de elementos de la vía elástica, con las normas de calidad exigidas; tales como durmientes de concreto, placas de hule, cojinetes, pernos grapas, etc.

En el capítulo 2 hablamos de las ventajas del durmiente de concreto sobre el de madera. Haciendo un uso extensivo del tema, a continuación se enumeran las conclusiones en cuanto a todos los tipos de durmientes (léase tipos de vías) se refiere:

1. Comparación entre durmientes.

a) Durmiente de concreto reforzado (DCR). Es recomendable por agrietarse con el tiempo y tener una vida útil baja.

b) Durmiente de concreto preesforzado (DCP). Es recomendable cuando se tiene un buen diseño y por tener una vida útil mayor.

c) Durmiente de madera (DM). Es recomendable cuando la madera es dura y para utilizarse en la vía francesa en curva de fuerte grado.

2. Comparación de la vida probable de cada uno.

a) D.C.R. Aproximadamente $1/6$ de la vida útil del riel.

b) D.C.P. Aproximadamente $1/3$ de la vida útil del riel.

c) D.M. Aproximadamente $1/5$ de la vida del riel.

3. Resultado de pruebas y ensayos.

- a) D.C.R. Baja resistencia a las cargas
- b) D.C.P. Alta resistencia a las cargas
- c) D.M. Suave: Baja resistencia a las cargas y dura: alta resistencia a las cargas.

4. Costos relativos de fabricación y de transporte.

- a) D.C.R. Costos Altos,
- b) D.C.P. Costos Altos
- c) D.M. Costos bajos.

5. Características del durmiente de concreto.

- a) El durmiente de concreto preesforzado es el más recomendable.

- b) Resistencias recomendables:

$$\text{Concreto } f'_c = 490 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Acero de refuerzo } f_y = 4,200 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Acero de preesfuerzo } f_y = 14,000 \text{ Kg/cm}^2$$

- c) El curado del concreto es preferible por medio de vapor y los durmientes se pueden almacenar en tongas con altura máxima de 30 - camas.

- d) Producción diaria óptima: 1,000 durmientes.

- e) Dimensiones: de conformidad con las especificaciones del capítulo 10 del Manual A.R.E.A. en vigor.

6. Clases de durmientes más recomendables.

- a) Para tangentes y curvas suaves. Durmiente de concreto preesforzado.

b) Para curvas fuertes. Durmiente de madera dura

c) Para cambios. Durmientes de madera semidura.

8. Precio Comparativo.

Los precios varían constantemente debido al proceso inflacionario, aunque en forma general se puede decir que el durmiente de concreto preesforzado tiene una inversión inicial fuerte, pero se justifica porque se amortiza en un plazo mayor que otros durmientes, cuando se tiene una adecuada conservación de la vía y si es eficiente la operación de los trenes.

Una pregunta que es necesariamente formulada es la siguiente ¿Es posible que la vía elástica pueda satisfacer, desde el punto de vista económico, las necesidades del tráfico de carga sobre vías principales?

Informes de otros países han venido a demostrar que la vía elástica puede competir favorablemente tanto desde el punto de vista económico, como de servicio. La vía elástica, como habíamos concretado, tiene también ventajas adicionales relacionadas con el mantenimiento de la vía.

La vía elástica tiene sus orígenes en la creación del durmiente de concreto y éste se remonta (como habíamos comentado en el capítulo III) hacia 1893, cuando en Estados Unidos la Reading Company instaló 200 durmientes de concreto en Germantown, Pa. durante el período entre 1893 y 1930, se diseñaron y patentaron unos 150 tipos de durmientes de concreto reforzado.

Desde 1930 hasta cerca del final de la Segunda Guerra Mundial, muy poca actividad hubo en cuanto a innovación en los durmientes de concreto. Sin embargo, después de la Segunda Guerra Mundial, las vías de los ferrocarriles europeos se encontraban en un completo estado de abandono, debido a la falta de mantenimiento, a la escasez de materiales y al gran daño que la guerra había producido. Tenía que planearse una renovación casi completa de la vía en una época en que era imposible conseguir madera adecuada para la construcción de durmientes. Inglaterra, -- Francia, Alemania, Bélgica y otros países recurrieron al posible empleo de la vía elástica como sustituto de la vía clásica.

En México, se empezaron a hacer estudios desde que el problema maderero empezó a tener importancia tal, que preocupaba al país. Para 1959 el Ing. Alberto Dovalí Jaime ponía ya énfasis en la sustitución de durmientes de madera por durmientes de concreto. Esto no sería realidad, hasta 1961 cuando se empieza a construir el ferrocarril Chihuahua al Pacífico con vía elástica que entonces se le denominaba vía moderna. Ahora es toda una realidad, puesto que México como en todo el mundo, la vía elástica tiene preferencia de construcción sobre vía clásica.

A continuación veremos algunas opiniones sobre la vía elástica. Todas convergen hacia el éxito de la misma. F.S. Hespe escribió:

"Los costos de mantenimiento en equipo rodante y locomotoras... han mostrado ser significativamente menores cuando estos vehículos se -- desplazan sobre vía elástica. La rigidez de la vía y la falta de juntas, durmientes sueltos, etc., hacen posible un viaje suave y estable, el --- cual es mucho mejor. No sólo se reduce el mantenimiento en el equipo roo

dante, sino que también los costos de combustible pueden disminuirse debido al movimiento más suave sobre la vía, la cual reduce la resistencia del tren y del movimiento del balanceo. Además, la comodidad del pasajero, así como la de la carga, son factores que pueden mostrar de inmediato la restitución de las erogaciones. No hay duda posible de -- que el viaje sobre vía elástica es infinitamente más cómodo y menos cansado que sobre vía clásica"

Según Roger Sonnevile:

"La vía elástica es ahora más popular que nunca antes. Por todo el mundo, su popularidad ha crecido progresivamente desde 1945. La explicación es sencilla: Los costos de la madera y de la mano de obra han subido continuamente a partir del final de la Segunda Guerra Mundial. Debido a esto, la diferencia de costo entre la madera y el concreto se ha reducido y el costo de mantenimiento de la superestructura de la vía ha llegado a ser exorbitante".

De acuerdo con A.N. Bultand: "Nuestra vía del futuro para --- nuestras líneas principales es soldada, de riel de 115 lb de patín plano sobre durmientes de concreto pretensado, en 1 1/2 durmientes por milla. Hasta ahora, en los Ferrocarriles Británicos, en conjunto, hemos instalado muchas millas de tal vía. No lo hemos hecho tan a la ligera, nos hemos asegurado primero de que a largo plazo, resulta económicamente justificada, más confortable para los pasajeros y sobre todo, más segura".

Kenichi Ijichi ex-Jefe de la Sección de Mantenimiento de Vía. de los Ferrocarriles Nacionales Japoneses expresó: "En Japón, desde que empezamos a habérnoslas con durmientes de concreto pretensado han trans

currido 16 años y el estado experimental terminó ya. Ahora, se están reemplazando los durmientes de madera por durmientes de concreto"

Las opiniones antes vertidas, tratan diversos temas, resaltando por su importancia, la confrontación de costos entre las vías, elástica y clásica. En un medio en el cual el factor económico es esencial, en esta tesis no podíamos dejar fuera una relación (aunque muy somera) de los costos promedios para 1988 de ambas vías.

A continuación, entonces, se presenta una lista de los principales elementos de ambas vías con sus respectivos costos.

COSTOS DE MATERIAL PARA VIA
(PROMEDIO 1988)

C O N C E P T O	UNIDADES	UNIDADES POR KM.	PRECIO UNITARIO	TOTAL VIA ELASTICA (\$ 000)	TOTAL VIA CLASICA (\$ 000)
Durmiente de Concreto.	Pza.	1666 X	92,250	153'688	
Durmiente de Madera.	"	2022 X	60,475	-	122'280
Balasto Via Elástica.	M2.	1900 X	13,225	25'127	
Balasto Via Clásica.	"	1280 X	13,225		16'928
Cojinetes.	Pza.	3332 X	664	2'146	
Grapa Elástica No. 7.	"	6664 X	3,348	22'311	
Pernos SL.	"	6664 X	2,612	17'406	
Placas 6 MM.	"	3332 X	1,902	6'337	
Placas de Rule.	"	4044 X	1,743		7'048
Tirafondo.	"	8088 X	2,433		19'678
Placas de Asiento.	"	4044 X	20,227		81'798
				227'015	247'732
Soldadura Aluminotérmica Aplic.		42 X	65,600	2'755	2'755
Riel 115lb./yd.	Ton.	114.095 X	912,400	104'100	104'100
				333'870	354'587

Para la tabla anterior se contemplan varias consideraciones que en seguida se enuncian:

a) En el caso de la vía clásica (al igual que en la elástica) sus rieles están unidos mediante soldadura aluminotérmica

b) La placa de asiento de la vía clásica tiene un costo muy alto, por ser metálica. Para obtener el costo total por kilómetro de vía clásica fue necesario considerarla. Esto se presta a varios puntos de vista, ya que como la tendencia actual es retirar vía clásica y poner vía elástica, se tendrá un "stock" de placas de asiento considerable. Desde este enfoque la placa de asiento tendría un costo muy bajo.

Como puede verse, el costo inicial por kilómetro de vía elástica es más bajo que de vía clásica, en el contexto de México. Esto aunado con las ventajas comentadas a lo largo de esta tesis hacen que la vía elástica sea hoy por hoy la mejor alternativa en cuanto a vías se refiere.

En el análisis final, la adopción de vía elástica en los sistemas ferroviarios del mundo, dependerá de las ventajas de ahorro de costos aportados por la vía elástica. También deberán tomarse en cuenta, algunos factores intangibles, tales como la calidad de marcha, el mantenimiento del material rodante y el consumo de combustible en el caso de locomotoras diesel eléctricas.

Aunque a nivel mundial, algunas veces ligeramente más cara que la vía clásica, la vía elástica tiene ventajas potenciales

de vida mayor y menores costos de mantenimiento, factores todos, que dan por resultado un menor costo anual.

Ya que los costos cada vez más bajos (sin detrimento de la operación segura), pueden ser el único verdadero criterio para medir el amplio problema de mantenimiento de vía, la vía elástica re presenta una valiosa ventaja y una lucrativa inversión.

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

AMERICAN RAILWAY ENGINEERING ASSOCIATION
Manual for Railway Engineering,
U.S.A. 1983

ANNA, AMIR N.
Prestressed Concrete Ties for North American Railroads;
State of the Art Report on
Concrete Institute Journal U.S.A. Sept/Oct 1979.

HANNA, AMIR N.
Review of At-Grade Concrete Slab Track for Urban
Rail Transit Systems.
Concrete International: Design and Construction.
U.S.A. November 1982.

LONGY, MOHAMMED S.
Innovation in Track Structures on Long Island Rail Road-Rationale,
Design Criteria and Performance,
Transportation Research Record 939 Washington D.C. 1983

HANNA, AMIR N.
Analyzing Fastener Performance in Concrete Ties
Railway Track and Structures,
U.S.A. August 1981

HANNA, AMIR N.
Railway Track Research-Theoretical and Experimental
Portland Cemen Association Research and Development Bulletin
U.S.A. 1975

HANNA, AMIR N.
Track-Structure Analysis: Methodology and Verification
Transportation Research Record 653 Washington D.C. 1977

FIP COMMISSION ON PREFABRICATION,
Working Group on Concrete Sleepers
Concrete Railways Sleepers A State of the Art Report
U.S.A. August 1985.

HAY, WILLIAM W.
Railway Engineering,
John Wiley U.S.A. 1953

LORING WEBB, WALTER
Railroad Construction
John Wiley U.S.A. 1932

HAOND, PASCAL. COMECOP,
Durmiente de Concreto Pretensado. Elementos de Cálculo.
México, Noviembre 1985

CHARLES CASTOR, MARIE JEAN PIERRE,
Proyecto de Rehabilitación de la Vía México-Esperanza,
con Riel Soldado Continuo sobre Durmiente de Concreto y
Sujeción Elástica.
Tesis Profesional F. Ingeniería U.N.A.M.
México, 1986.

PADILLA CHAVEZ, JOSE LUIS
Conservación de Vías Férreas,
Tesis Profesional F. Ingeniería U.N.A.M.
México, 1986.

SANCHEZ RAMIREZ, ABRAHAM ROBERTO,
Comportamiento de Durmientes de Concreto y un nuevo
Sistema para Sujetar el Riel al Durmiente,
Tesis Profesional F. Ingeniería, U.N.A.M.
México, 1985

DOBERNING G., J. ALONSO,
Los Ferrocarriles, Problemas y Posibles Soluciones,
Revista Ingeniería Civil Número 162
México, Enero-Febrero 1971.

CAMARA ROJAS, MARIO.
Estudio General sobre los Ferrocarriles en México.
Revista Ingeniería Civil Número 134,
México, Mayo-Junio 1966.

GALEGOS VARGAS, HECTOR,
Durmientes de Concreto Pretensado,
Revista IMCYC Número 182,
México, Julio 1986.

GOROSTIZA PEREZ, FRANCISCO JAVIER.
Los Ferrocarriles y la Ingeniería Civil,
Revista Ingeniería Civil Número 246,
México, Octubre, 1987.

COLECCION CIENTIFICA TIME-LIFE
Ruedas,
México, 1981.

CONSULTORES DEL CONCRETO,
Estudio Comparativo entre los diversos tipos de
durmientes para ferrocarril,
México, 1986.

TOGNO, FRANCISCO M.
Ferrocarriles
Representaciones y Servicios de Ingeniería
México, 1976.

OLIVERA R.F., RODRIGUEZ M.M., MEGIA P.M.
Tratado de Ferrocarriles I Vía
Editorial Rueda
Madrid, España, 1980

MERRIT, FREDERICK S.,
Manual del Ingeniero Civil Tomo III
Mc Graw-Hill
México 1984

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
Vías de Ferrocarril (Generalidades)
México, 1967.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO. INSTITUTO DE CAPACITACION.
Especificaciones Alemanas "DIN" para la fabricación de
durmientes de concreto reforzado y pretensado.
México, Mayo 1967.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO, INSTITUTO DE CAPACITACION
Diversos Sistemas Constructivos de Vía Elástica
México, Abril 1965.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO. INSTITUTO DE CAPACITACION,
Manual de Capacitación de Trabajadores de Vía Tomos 1, 2, 3 y 4
México, Agosto 1958.

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO. INSTITUTO DE CAPACITACION
Placas de Hule Lisas y Acanaladas
México, Abril 1974

FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO. INSTITUTO DE CAPACITACION
Conservación de Largos Tramos de Riel Soldado,
México, Septiembre 1964.

VARGAS ZEPEDA JULIO. FERROCARRILES NACIONALES DE MEXICO
Utilización de Maquinaria para Rehabilitación y Mantenimiento
de Vías de Ferrocarriles
México, Junio 1978.

CASO LOMBARDO, ANDRES,
La Modernización de los Ferrocarriles en México.
Conferencia Dictada en el Colegio de Ingenieros Civiles,
México, Noviembre 1986.