



# Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA

139

"APUNTES DE LA CLASE: SISTEMAS  
DE TRANSPORTE TERRESTRE PARTE VI"

T E S I S

Que para obtener el Título de  
I N G E N I E R O C I V I L  
P r e s e n t a

TOMAS MONTES DE OCA NAVA



México, D. F.

1984



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## I N D I C E

1.- SUB-RASANTE, SUB-BALASTO Y BALASTO.....	1
1-1 Sub-rasante.....	1
1-1.1 Introducción.....	1
1-1.2 Mejoramiento de las Terracerías.....	2
1-2 Sub-balasto.....	4
1-2.1 Definición.....	4
1-2.2 Materiales del Sub-balasto.....	4
1-2.3 Ejecución y Proporción de Materiales.....	6
1-2.4 Espesor del Sub-balasto.....	8
1-2.5 Comprobación del Sub-balasto.....	9
1-3 Balasto.....	12
1-3.1 Introducción.....	12
1-3.2 Materiales del Balasto.....	13
1-3.3 Espesor del Balasto.....	14
2.- DURMIENTES, RIELES Y ACCESORIOS.....	21
2-1 Durmientes.....	21
2-1.1 Introducción.....	21
2-1.2 Características de los Durmientes.....	21
2-2 Rieles.....	33
2-2.1 Generalidades.....	33
2-2.2 Largos rieles soldados.....	35
2-2.3 Defectos en los Rieles.....	38
2-2.4 Temperaturas en los Rieles.....	41
2-3 Accesorios.....	43
2-3.1 Introducción.....	43
2-3.2 Descripción de Accesorios.....	43
2-3.3 Colocación de las Grapas elásticas.....	50

3.- TENDIDO DE VIA.....	55
3-1 Introducción.....	55
3-2 Vía Clavada.....	56
3-3 Vía Elástica.....	59
3-3.1 Vía Prefabricada.....	61
3-3.2 Sistema Constructivo SECMAFER.....	63
4.- NIVELACION Y ALINEAMIENTO.....	71
4-1 Introducción.....	71
4-2 Nivelación.....	72
4-2.1 Procedimiento de Nivelación de una Vía Clásica.....	73
4-2.2 Nivelación utilizando Niveleta.....	75
4-3 Alineamiento.....	79
4-3.1 Procedimiento de Alineamiento.....	80
4-3.2 Alineación de Curvas con Cuerda.....	81
5.- CONSERVACION.....	83
5-1 Generalidades.....	83
5-2 Organización de la Conservación.....	87
BIBLIOGRAFIA.....	92

## CAPITULO 1

### SUB-RASANTE, SUB-BALASTO Y BALASTO

#### 1-1 SUB-RASANTE

##### 1-1.1 INTRODUCCION

Las capas superiores de la subestructura (sub-rasante y sub-balasto) de una vía férrea, deben reunir diversas características de resistencia e impermeabilidad, que les permitan cumplir sus funciones drenantes y estructurales. El drenaje superficial se realiza por el escurrimiento del agua pluvial sobre las pendientes transversales de la corona de la formación, impidiendo su filtración a las terracerías. Como elementos estructurales, estas capas distribuyen las presiones transmitidas por la carga viva, a través de los rieles, durmientes y balasto. Para lograr esas cualidades, se emplean dos procesos diferentes, que dan lugar a dos tipos de capas: la capa sub-rasante o capa de mejoramiento de las terracerías y la capa de sub-balasto.

La capa sub-rasante se forma con el mismo material de las terracerías, al cual se le da un tratamiento especial que las mejora, este mejoramiento se obtiene en algunos casos agregando antes de compactar algunos materiales que modifiquen favorablemente la granulometría; en otros casos, dándole únicamente un mayor grado de compactación que al resto de las terracerías. El espesor de la capa sub-rasante varía de 30 a 50 centímetros y se construye generalmente como apoyo del sub-balasto en terracerías de materiales poco resistentes o en la parte su

perior de la subestructura, cuando se considera innecesario al sub-balasto.

### 1-1.2 MEJORAMIENTO DE LAS TERRACERIAS

Como se mencionó en el párrafo anterior, para el mejoramiento de las terracerías, se acostumbra agregar otros materiales (hacer mezclas de suelos); por lo que podemos mencionar al respecto lo siguiente: Cuando por ejemplo a un suelo grueso le falta cementante, o un suelo cohesivo carece de suficiente arena y otras partículas granulares, basta mezclarlos adecuadamente para obtener una base o una sub-rasante con máximo valor de soporte y obtener buen resultado permanente aún al variar la humedad.

Las mezclas se realizan dosificando los espesores de varias capas de los dos o tres materiales que aisladamente carecen de adecuada granulometría, revolviendo esos materiales con motoconformadora y rastras, hasta uniformizar el color de la mezcla; la cual deberá compactarse por capas de diez a quince centímetros de espesor, usando la humedad óptima.

Las granulometrías de los suelos disponibles por mezclar se comparan con diversas granulometrías ya establecidas; las cuales producen resultados óptimos, para la construcción de esta capa, con lo cual (comparación) se obtienen los porcentajes de la mezcla que más se aproxime a la óptima.

Es importante mencionar que los finos (pasa malla No.200) no deben de exceder de un diez a quince por ciento, lo cual determina que un suelo cohesivo, sólo deba usarse en veinte a treinta por ciento, respecto del suelo o suelos granulares disponibles, cuya suma debe representar del setenta al ochenta por ciento del total.

En general las mezclas de tres suelos, se resuelven mezclando primero los dos más gruesos, hasta obtener un primer

compuesto, de donde se obtendrá un nuevo suelo mejor graduado que los dos originales, y luego se le incorpora el tercer suelo, que generalmente es más arcilloso y en consecuencia se usa en mínima proporción.

La capa superior de la sub-rasante del ferrocarril (en los difíciles problemas derivados de los suelos arcillosos), debe mejorarse mediante la inyección de lechadas de cal a través de barrenos de un metro de profundidad espaciados un metro entre sí, donde se introducen diez litros de lechada de cal en cada barreno, con el objeto de diluirla entre el material cohesivo, restándole humedad excesiva y plasticidad, obteniendo una mejor cementación y soporte, lo cual debe complementarse con un sellado asfáltico final, antes de colocar el sub-balasto arenoso.

Conviene recordar que el nivel de la sub-rasante, ya sea el lecho, o la corona de los cortes o terraplenes, obviamente debe poder soportar las cargas (con una pequeña deformación, disminuida por el empleo de algún material arenoso; sub-balasto) causada por el tendido inicial de una vía, cuyo balastado y nivelación final, con frecuencia se ejecutan posteriormente.

Las condiciones del valor de soporte de la sub-rasante, son muy variables (humedad, compactación, etc.) a través del tráfico que varía en sus velocidades y cargas, de tal modo que en los últimos diez años, en numerosos ferrocarriles incluyendo a México, se han ensayado no sólo el construirse las terracerías con normas similares a las de una buena carretera, sino emplearse base compactada y sellada con riego asfáltico (como se mencionó anteriormente), o forrado con tela ahulada de neopreno (Japón), además de perfilar la sección con bombeo para el escurrimiento transversal del agua.

Estas providencias (para lograr una sub-rasante capaz de

garantizar una relativa permanencia del valor de soporte necesario para cada tipo de suelo disponible) son la base práctica para calcular el espesor del balasto, usando las fórmulas racionales (que más adelante se mencionan), donde la presión en la base del durmiente se transmite a través del balasto según aproximados diagramas cónicos (piramidales), cuyos taludes inclinan de treinta a cuarenta y cinco grados y con espesores suficientes para que los bulbos de presión de los durmientes colindantes, produzcan una presión uniforme, admisible por la capa sub-rasante.

## 1-2 SUB-BALASTO

### 1-2.1 DEFINICION

El sub-balasto, es una capa de material seleccionado, que se tiende sobre las terracerías terminadas, la cual debe impedir la penetración del balasto, cuya función es soportar las cargas rodantes y transmitir las a las terracerías, distribuyéndolas en tal forma que no se produzcan deformaciones perjudiciales en éstas.

### 1-2.2 MATERIALES DEL SUB-BALASTO

La capa de sub-balasto está constituida por materiales procedentes de suelos, depósitos naturales o rocas alteradas, generalmente sin ningún tratamiento previo a su utilización. Cabe señalar, que se exige de los materiales que van a formar esta capa, el que cumplan con las siguientes condiciones o características: a) Que tengan buena granulometría, b) Contracción lineal reducida, c) Alto valor cementante, y d) Un valor relativo de soporte estándar mínimo de 30%.



Así tenemos, que los materiales para el sub-balasto podrán ser:

- 1) Materiales que no requieren tratamiento.
- 2) Materiales que requieren ser disgregados.
- 3) Materiales que requieren ser cribados,
- 4) Materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados.

1) Los materiales que no requieren tratamiento, son poco o nada cohesivos; como por ejemplo limos, arenas y gravas, que al ser extraídos quedan sueltos y que no contienen más del cinco por ciento de partículas mayores que setenta y seis milímetros; tres pulgadas (según la S.C.T.). Por otro lado tenemos que estos materiales, deberán ser extraídos y cargados por el medio mecánico que se considere más conveniente. El material mayor de setenta y seis milímetros, deberá ser eliminado de la corona de la terracería, depositándolo en un sitio adecuado.

2) Los materiales que requieren ser disgregados son los cohesivos, como los tepetates, caliches, conglomerados, aglomerados y rocas muy alteradas, que al ser extraídos resultan con terrones que pueden disgregarse por la acción del equipo de disgregación, y que una vez disgregados no contienen más del cinco por ciento de partículas mayores de setenta y seis milímetros. Deberán extraerse en forma tal que su tamaño máximo sea de cuarenta centímetros, transportarlos y colocarlos sobre la terracería, donde, para su compactación al grado indicado en el proyecto, serán disgregados mediante el equipo mecánico adecuado, hasta que el porcentaje de terrones mayores que setenta y seis milímetros, sea como se dijo anteriormente, menor del cinco por ciento. Todo el material mayor que este tamaño debe eliminarse como desperdicio y depositarse en un sitio conveniente.

3) Los materiales que requieren ser cribados, son poco o nada cohesivos; como por ejemplo, mezclas de gravas, arenas y

limos, que al ser extraídos quedan sueltos y que contienen entre el cinco por ciento y el veinticinco por ciento de material mayor de setenta y seis milímetros; por lo que requieren ser cribados por una malla para eliminar el material mayor de setenta y seis milímetros. Deberán ser cribados, por cualquier medio mecánico que asegure la eliminación de toda partícula mayor a la dimensión ya mencionada.

4) Los materiales que requieren ser triturados parcialmente y cribados, son poco o nada cohesivos; como por ejemplo mezclas de gravas, arenas y limos, que al ser extraídos quedan sueltos y contienen entre el veinticinco por ciento y el setenta y cinco por ciento de partículas mayores que setenta y seis milímetros y que deben ser triturados y cribados por la malla de tres pulgadas. Deberán ser triturados a tamaño máximo de setenta y seis milímetros, mediante el equipo mecánico que permita satisfacer la composición granulométrica fijada en el proyecto.

### 1-2.3 EJECUCION Y PROPORCION DE MATERIALES

Por otro lado tenemos que terminadas las terracerías, se tiende la capa de sub-balasto, cuyo espesor no será menor que treinta centímetros, salvo que el proyecto indique otra cosa.

Los materiales que se utilicen en la construcción del sub-balasto, se descargarán directamente sobre las terracerías terminadas, conforme a la distribución por estación que se especifique en el proyecto.

Los procedimientos de ejecución y el proporcionamiento de los materiales para el sub-balasto, serán fijados en el proyecto. La secuencia de estas operaciones será en términos generales, la siguiente:

- a) Con objeto de lograr un material homogéneo, se mezclarán en seco los dos o más materiales empleados.

- b) Mediante motoconformadora, el material se extenderá en forma parcial y se le incorporará, por medio de riegos y mezclados sucesivos, el agua necesaria, hasta alcanzar la humedad que se fije, para obtener así homogeneidad en el conjunto. Logrado esto, se extenderá por capas consecutivas, de espesor tal que pueda compactarse al grado fijado.
- c) Toda capa se compactará hasta alcanzar un grado no menor que noventa y cinco por ciento. Las capas deben sobreponerse hasta que se alcance el espesor y sección fijados en el proyecto. Para compensar la pérdida de humedad por evaporación, se darán riegos superficiales de agua.
- d) En las tangentes, la compactación se iniciará de las orillas hacia el centro; y en las curvas, de la parte interior hacia el exterior.

Ahora bien, si tomamos en consideración que el sub-balasto, sirve también para afinar las terracerías, resulta aconsejable construirlo en forma continua en toda la línea (aunque en muchos casos el material sea el mismo de las terracerías). En estas condiciones, el sub-balasto constituye la superficie que limita a la subestructura, y su perfil, que será una línea paralela a la rasante, puede adoptar el nombre de línea sub-balasto. Esta línea debe ser la base para el proyecto de las terracerías, pero en los datos de construcción se deberán tomar en cuenta la línea subrasante y la subcorona, es decir el nivel bajo el sub-balasto y el ancho de la terracería en ese nivel.

Cabe señalar que aunque siempre se recomienda construir el sub-balasto solo un poco antes del tendido de la vía, para evitar su deterioro con el tránsito del equipo de construcción no es posible impedir que sirva de superficie de rodamiento a los vehículos de aprovisionamiento y de supervisión, y en muchas regiones hasta como camino provisional.

#### 1-2.4 ESPESOR DEL SUB-BALASTO

Tomando como base para la elección de los espesores del sub-balasto, su función distribuidora de los esfuerzos que recibe de la superestructura; dichos espesores deberán incrementarse mientras menor sea la resistencia de las capas subyacentes. A reserva de que se obtengan resultados más precisos de una investigación acorde a las características de nuestras vías en construcción; una comisión de la S.C.T. ha recomendado la aplicación de la siguiente tabla:

MATERIAL DE LA CAPA SUB-RASANTE		Espesor del Sub-balasto requerido.
Simbolo del suelo	Valor relativo de soporte estandar más frecuente.	
GW, GP, GM, SW	Mayor de 40%	No se requiere
GC, SP, SM, SC	de 20 a 40%	No se requiere
CL, ML	de 8 a 20%	30 cms.
OL, MH <sub>1</sub> , CH <sub>1</sub>	Menor de 8%	40 cms.

Se observa que, cuando la capa sub-rasante está formada por gravas o arenas más o menos bien graduadas o mezcladas con arcillas y limos, no se necesita el sub-balasto (atendiendo únicamente a razones estructurales). No ocurre lo mismo con sub-rasantes de suelos limosos o arcillosos. En estos casos, cuando la plasticidad de los suelos es baja (CL y ML), requerirán un sub-balasto de 30 cms. de espesor, mientras que si son altamente plásticos o son de origen orgánico, requerirán un espesor de sub-balasto mayor. Cuando los suelos no alcancen un V.R.S. (valor relativo de soporte) mínimo de cinco por ciento, serán rechazados para formar la sub-rasante.

### 1-2.5 COMPROBACION DEL SUB-BALASTO

Para dar por terminada la construcción del sub-balasto se comprobará el alineamiento, el perfil, la sección, la compactación, el espesor y el acabado, de acuerdo con lo fijado en el proyecto y aceptando las siguientes tolerancias:

- A) Ancho de la sección, del eje a la orilla.....+10 cm.
- B) En espesores, la raíz cuadrada del promedio de los cuadrados de las diferencias entre los espesores reales obtenidos en cada punto de prueba ( $e_1, e_2, \dots, e_n$ ), y el espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba ( $\bar{e}$ ), deberá ser siempre igual o menor que catorce centésimos del espesor real promedio; además, el valor absoluto de las diferencias entre el espesor real y el espesor de proyecto, en ochenta y cuatro por ciento, como mínimo de las determinaciones realizadas, siempre deberá ser igual o menor que el diez por ciento de los espesores de proyecto. Lo anterior se expresa algebraicamente:

$$\sqrt{\frac{(e_1 - \bar{e})^2 + (e_2 - \bar{e})^2 + (e_3 - \bar{e})^2 + \dots + (e_n - \bar{e})^2}{n}} \leq 0.14\bar{e}$$

$$(e_r - e) \leq 0.1e;$$

(en 84% de los casos como mínimo)

En donde:

$e$  = Espesor de proyecto.

$e_1, e_2, e_3, \dots, e_n, e_r$  = Espesores reales encontrados al efectuar los sondeos y nivelaciones.

$\bar{e} = \frac{e_1 + e_2 + e_3 + \dots + e_n}{n}$  = Espesor real promedio correspondiente a todos los puntos de prueba.

n = Número de comprobaciones del espesor real, hechas en el tramo. (La longitud de cada tramo será de un kilómetro o menos, con la distribución que se indica en el párrafo siguiente).

La distribución de los puntos donde se lleven a cabo los sondeos para comprobar el espesor, la compactación y los que sirven para determinar los niveles, para fines de espesores y tolerancia, deberá ser la indicada en la figura 1-2.5-1. Además, para controlar las fracciones de tramo comprendidas entre las separaciones indicadas y las que se originaron por razones de procedimiento de construcción o de interrupciones en la obra, se harán como necesarios los sondeos o se determinarán los niveles que se consideren necesarios. También se tomará en cuenta lo siguiente:

a) Para los sondeos:

- 1) No deberá dañarse la parte contigua a ellos.
- 2) El espesor del sub-balasto, determinado a partir de los sondeos realizados, deberá ser igual al espesor fijado en el proyecto, con la tolerancia indicada en el párrafo (B), inmediato anterior.
- 3) Cada uno de los huecos, originados por los sondeos, deberán ser rellenados por el contratista; para ello usará el mismo tipo, del material del sub-balasto, y lo compactará hasta obtener un grado no menor que el noventa y cinco por ciento, enrasando la nueva superficie con la original del sub-balasto.

b) En las nivelaciones para comprobar los espesores:

- 1) Se utilizará un nivel fijo para nivelación de la terracería terminada y para su comprobación. En cada sección

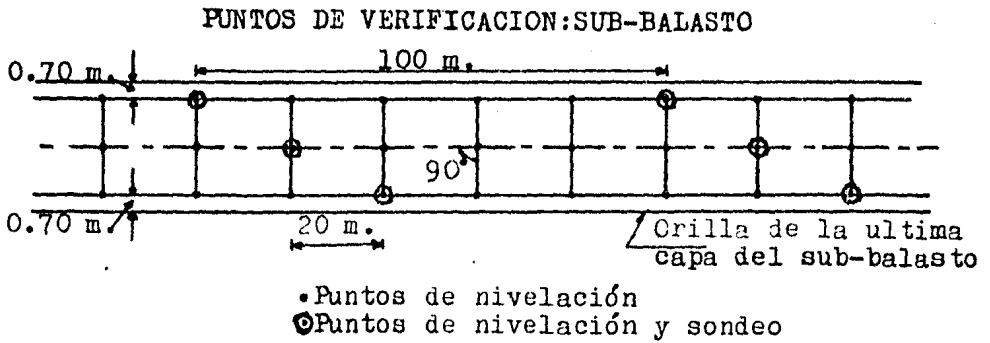


FIGURA 1-2.5-1

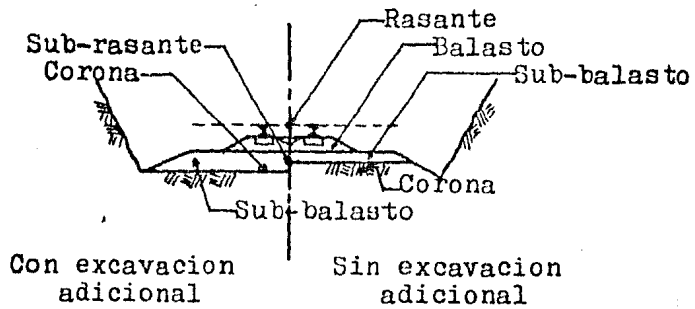
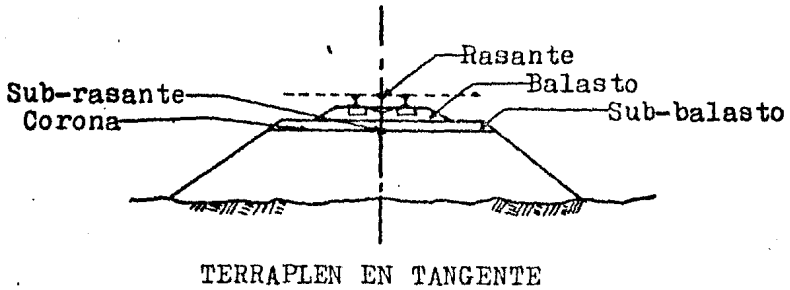


FIGURA 1-2.5-2

- transversal, a veinte metros una de otra, se tomarán los puntos que se indican en las figuras 1-2.5-1 y 1-2.5-2
- 2) Terminado el sub-balasto se nivelarán nuevamente los mismos puntos de las mismas secciones a que se refiere el párrafo anterior.
  - 3) A partir de las cotas de todos los puntos indicados se obtendrán los espesores del sub-balasto compactado. Estos espesores deberán estar comprendidos dentro de las tolerancias estipuladas en el párrafo (B) ya mencionado.

## 1-3 BALASTO

### 1-3.1 INTRODUCCION

Es un material pétreo seleccionado, que se coloca sobre el sub-balasto, debajo y entre los durmientes, su función es dar firmeza a la vía, distribuir y transmitir las cargas al sub-balasto y a las terracerías, permitir el nivelado y alineado de la vía, cada vez que sea necesario, además de asegurar el drenaje del agua de lluvia.

También podemos decir, que el balasto es para la vía lo mismo que la cimentación para una casa. Forma la base que sostiene la estructura de la vía, la que a su vez carga el peso del tráfico de trenes.

Así, tenemos que los objetivos del balasto, como parte constitutiva de la superestructura de la vía férrea, son muy diversos y todos ellos de gran importancia; algunos son:

- 1) Confina los durmientes, oponiéndose a sus desplazamientos longitudinal y transversal, originados por el frenaje o la tracción del equipo, por el cabeceo, por las fuerzas centrífugas o por sobreelevación excesiva en las curvas y, en las vías



soldadas, por los considerables esfuerzos que se desarrollan con los cambios de temperatura.

2) Transmite las presiones a la subestructura.

3) Drena las vías.

4) Sirve de elemento nivelador para la conservación de la rasante.

### 1-3.2 MATERIALES DEL BALASTO

Las dimensiones del material que forma el balasto, pueden variar desde dos hasta siete y medio centímetros, aunque generalmente se exige que no pasen de cuatro centímetros. Esta limitación se debe a las dificultades que presenta el material grande, para la precisión con que deben ser niveladas las vías. Las partículas menores de dos centímetros también deben excluirse, por constituir un dren poco eficiente. Esto no es obligatorio, sin embargo, para que en los patios y vías secundarias se emplee un material de sesenta y cinco centésimos (0.65) de pulgada ó dos centímetros.

Estos materiales se obtienen de la trituración de rocas o de escorias de fundición y en algunas ocasiones por la trituración parcial de conglomerados extraídos de depósitos naturales. También pueden utilizarse gravas de mina o de río, cribadas únicamente y algunas veces lavadas, siendo conveniente combinarlas con materiales triturados. El caso más frecuente, y también el más complicado, es el de trituración de la roca.

La roca triturada se utiliza para vías de primera clase en las que los trenes de carga y los de pasajeros son frecuentes y a altas velocidades. Este balasto mantiene la vía nivelada y alineada mejor que cualquier otro material, y no tiene prácticamente ningún polvo. Debe ser una buena calidad de roca dura. Este balasto durará dando buen servicio por muchos años. Además como la tierra, cenizas, yerbas, etc. se acumulan con

el tiempo, evitando un buen drenaje del agua de lluvia, el balasto de roca se debe quitar, limpiar y volver a colocar cada vez que sea necesario, necesitándose de 15 a 25 por ciento de balasto nuevo al recolocarlo.

En cuanto a la grava, podemos decir: La grava lavada y con buena graduación de tamaños, es casi tan buena como la roca triturada. Se acomoda perfectamente en la vía, cuando se calza con calzadoras mecánicas y mantiene la vía en buen alineamiento y nivel. La grava simple, tal como sale del banco, generalmente tiene un alto porcentaje de arena y tierra. Este balasto no drena bien, y tiende a sufrir acomodamientos, que con frecuencia desnivelan la vía. Por estas razones, este balasto necesita más trabajo de conservación.

Puede usarse también grava de río, siempre que no contenga limo, barro, o materias vegetales. Puede contener arena, de preferencia gruesa, hasta un 40%. Este balasto se calza bien con calzadoras mecánicas y dá bastante buen resultado.

El balasto se distribuye en la vía mediante góndolas de puertas laterales o de descarga inferior (tolvas), en cantidades previamente calculadas para levantes sucesivos hasta de 10 centímetros, hasta alcanzar la sección que haya sido especificada. En cada operación, la vía se levanta a la altura prevista y se calza, distribuyendo el balasto uniformemente bajo los durmientes. Esta operación se lleva a cabo mecánicamente empleando gatos, calzadores y multicalzadoras, efectuándose en algunas ocasiones con herramientas de mano.

### 1-3.3 ESPESOR DEL BALASTO

Aún cuando hasta el momento no se ha encontrado una solución racional y definitiva para el diseño de la sección de balasto, podemos analizar los resultados de los experimentos efectuados en estados unidos por el profesor Talbot y en alema-

nia por el profesor Zimmerman y los ingenieros Brauning y Schubert, además de las recomendaciones prácticas de la Asociación Americana de Ingeniería de Ferrocarriles (A.R.E.A.).

Todos los estudios coinciden en que la intensidad de las presiones disminuye a medida que el espesor del balasto aumenta, hasta llegar a un espesor en que las presiones se distribuyen uniformemente. En todos los casos este espesor es un poco mayor que la separación entre durmientes. El profesor Zimmerman le concede particular importancia a la altura en que se interceptan las líneas que limitan las zonas de distribución de las presiones, en el espacio entre dos durmientes consecutivos ya que para espesores menores a esta altura, la distribución de las presiones sobre la superficie de apoyo del balasto es discontinua. Considerando algunos otros factores de menor importancia, pero apoyándose fundamentalmente en la conveniencia de que las presiones en la base del balasto tengan una distribución uniforme o bien en considerar suficiente que dicha distribución sea continua, se ha llegado a dos criterios muy diferentes:

El primero (norteamericano), considera que el espesor del balasto debe ser al menos igual al espaciamiento entre durmientes, más tres o cuatro pulgadas adicionales como un factor de seguridad para aquellos casos en donde las condiciones de la capa sub-rasante sean deficientes. Así mismo un espesor mínimo de 24 pulgadas, por lo menos en las vías principales, parece ser el indicado para balastos de roca triturada, requiriéndose un espesor mayor para materiales más ligeros. Un buen material de balasto, preferiblemente de roca triturada, debe constituir por lo menos las ocho pulgadas superiores. Los espesores recomendados por el A.R.E.A., basados sobre las anteriores consideraciones para balastos de roca triturada, escoria y grava, varían de 12 a 30 pulgadas de espesor total de balasto y sub-balasto, y de 6 a 16 pulgadas para el balasto arriba del sub-

balasto.

Los técnicos alemanes, después de un minucioso análisis teórico de la distribución de los esfuerzos producidos por la carga viva, a través de los rieles, los durmientes y el balasto concluyen: Todas estas consideraciones y pruebas apropiadas han llevado a los ferrocarriles alemanes a adoptar un espesor estándar uniforme de balasto, medido de la base del durmiente a la superficie de la formación:  $h = 30$  centímetros.

Las experiencias que se tienen en este concepto en las vías férreas nacionales, nos muestran líneas cuyo tráfico no es muy intenso, en las que un espesor de balasto de 15 a 20 centímetros han dado un excelente resultado. Se han encontrado tramos también en los que el balasto se va incrustando en las terracerías y muy pronto se pierde. Este caso se observa en líneas de mucho tránsito y terracerías sin tratamiento superficial alguno.

Debido a las rígidas especificaciones exigidas para el sub-balasto y para la capa sub-rasante donde falta el primero, podemos aceptar que estas capas soporten esfuerzos diferenciales, lo cual nos aleja de los más altos espesores del criterio americano. Considerando además como factor muy importante a la intensidad del tráfico, que se traduce en la frecuencia de aplicación de la carga viva, se piensa que la recomendación más aceptable por el momento para el espesor del balasto, es la propuesta por la comisión de la S.C.T., la cual hace variar dicho espesor entre 15 y 30 centímetros bajo el durmiente, de acuerdo con el tonelaje anual que vaya a soportar la vía.

Los estudios cuyas conclusiones hemos estado analizando, están de acuerdo en que la capacidad de carga del balasto aumenta, a medida que éste se eleva alrededor del durmiente. Este incremento es efectivo, principalmente en la resistencia a los esfuerzos horizontales. Sin embargo existe una limitación para la altura del balasto, sobre todo en vías electrificadas, o sim

plemente señalizadas, en las que el contacto del riel con el balasto ocasionan pérdidas en la corriente. Por este motivo, se aconseja que el balasto llegue hasta 5 centímetros abajo del patín inferior del riel.

En cuanto al espesor del balasto, podemos ahondar un poco más; así tenemos que el espesor total =  $h$  = espesor del balasto + espesor del sub-balasto o material de la sub-base, pueden obtenerse de la fórmula derivada de experiencias del A.R.E.A., usando un ángulo de transmisión de presiones de 30 grados, (ver figura 1-3.3-1). Cabe señalar que la fórmula europea proviene de suponer un ángulo de 45 grados.

Así entonces tenemos que la fórmula mencionada es:

$$P = \frac{17}{h(1.25)} \times P_0 \quad (\text{se anexa nomograma}).$$

donde ( $P$ ) es la presión admisible (sin considerar altas velocidades de trenes) por el terraplén (sub-rasante), ( $P_0$ ) es la presión bajo el durmiente y ( $h$ ) es el espesor buscado (sin incluir impacto de alta velocidad, superior a la normal).

Así, con lo expuesto en el párrafo anterior, y los datos del párrafo siguiente, podemos dar un ejemplo de cálculo del espesor del balasto:

Se conoce el tipo de locomotora más pesada y su velocidad máxima para el distrito en estudio; y se conoce además la clase de durmiente y el espaciamiento entre ellos.

Supongamos máquina de 40,000 kg. por eje ( $W$ ) con base rígida (2 ejes) de 275 cm. =  $d$ ; operando a velocidad máxima de 110 km./hora =  $V$ , y un espaciamiento de durmientes de 50 cm. =  $e$

Tenemos que la primera incógnita es la presión ( $P_0$  en kg./cm<sup>2</sup>) en la base del durmiente, la cual se deduce de la carga máxima sobre cada durmiente ( $P_{\text{máx.}}$ ). Esta carga la podemos obtener con la fórmula de Dressen, la cual es:

$$P_{\text{máx.}} = \frac{W \times K}{n}$$

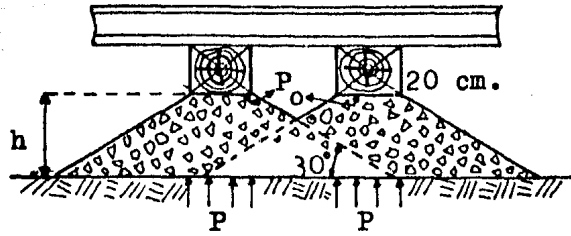
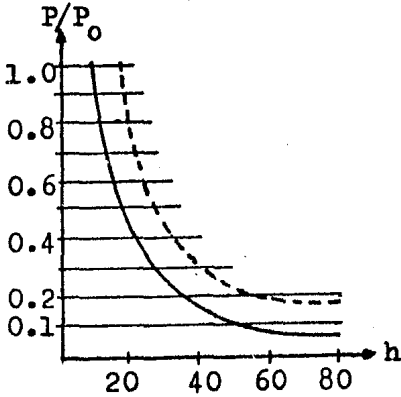


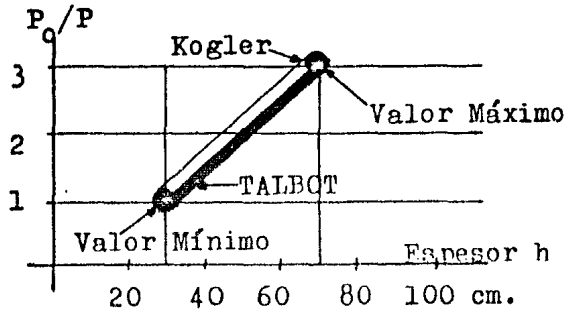
FIGURA 1-3.3-1



NOMOGRAMA: Espesor del balasto

$$P = \frac{17}{h^{(1.25)}} \times P_0$$

- Velocidad Normal (100 kph).
- - - Alta Velocidad (150 kph).



GRAFICA DE:

VALORES APROXIMADOS.-ESPESOR TOTAL  
EN cm.  
(SUB-BALASTO Y BALASTO)

donde  $W = 40,000 \text{ kg.}$ ;  $n = \frac{d}{e} = \frac{275}{50} = 5.5$ ; coeficiente  $K$  (para  $V = 110 \text{ km./hora}$ )  $K = 1 + \frac{V^2}{30,000} = 1 + \frac{(110)^2}{30,000}$ ; por lo que  $K = 1.40$ ; así tenemos  $P_{\text{máx.}} = \frac{40,000 \times 1.40}{5.5} = 10,203 \text{ kg.}$

pero esa carga se aplica sobre  $2/3$  del apoyo del durmiente (cuyas dimensiones en metros son:  $0.20 \times 0.20 \times 2.40$ ); o sea que tenemos:  $20 \times 240 \times 2/3 = 3,200 \text{ cm.}^2$ , y entonces la presión resulta de:  $P_0 = \frac{10,203 \text{ kg.}}{3,200 \text{ cm.}^2} \doteq 3.2 \text{ kg./cm.}^2$ .

Por otro lado tenemos que la presión permisible por la capa sub-rasante ( $P$ ) es de:  $0.5 \text{ kg./cm.}^2$  para suelo cohesivo de mínimo soporte (malo),  $1.0 \text{ kg./cm.}^2$  para suelo arenoso arcilloso (regular),  $1.5 \text{ kg./cm.}^2$  para suelo bien graduado (bueno),  $2 \text{ kg./cm.}^2$  para pedraplén o material selecto compactado (excelente); usando estos datos, o preferentemente el mejor conocimiento disponible sobre el valor de soporte de la terracería, se obtiene  $P$  y se deduce la relación  $(P/P_0)$ , que generalmente es una cifra menor que la unidad, lo cual nos permite calcular el valor del espesor del balasto ( $h$ ) mediante la fórmula del A.R.E.A.:

$$(P/P_0) = \frac{17}{h(1.25)}$$

En nuestro caso, suponiendo un regular terraplén ( $P=1 \text{ kg./cm.}^2$ )  $(P/P_0) = 1/3.2 = 0.31$  y del nomograma se deduce  $h = 25 \text{ cm.}$  (espesor de balasto mínimo), o sea sin incluirse el sub-balasto.

Si usamos  $P_0/P$  (recíproco)  $\doteq 3$  y además la gráfica del espesor total; o sea sub-balasto más balasto; entonces el espesor total sería de  $70 \text{ cm.}$  al emplearse las recientes tesis del señor Kogler, de Rusia, usando durmientes de blocks de concreto, espaciados  $60 \text{ centímetros.}$

El anterior método de cálculo del espesor de la base (o sea del balasto más sub-balasto), es sólo aproximado y en casos

frecuentes o críticos, parece necesario realizar pruebas complementarias de resistencia al esfuerzo cortante de las muestras del suelo compactado de la sub-rasante, para aplicarles la prueba de penetración de un pistón de tres pies cuadrados, cargado tres toneladas, cuyos resultados se comparan con la penetración base de 0.1", que la carga tipo produce en el mejor suelo imaginable, proveniente de roca triturada.



## CAPITULO 2

### DURMIENTES, RIELES Y ACCESORIOS

#### 2-1 DURMIENTES

##### 2-1.1 INTRODUCCION

El durmiente es el medio más usado mundialmente por los ferrocarriles, para sostener los rieles y conservarlos a escantillón. A causa de que la clase de durmientes y su condición son factores importantes para determinar la seguridad y capacidad de la vía, los durmientes son de primordial importancia en los ferrocarriles. El durmiente constituye casi una sexta parte del costo de conservación de la vía, por lo que su inspección, almacenaje, manejo y uso deben ser objeto de especial interés. Así tenemos claro la importancia de estudiar estos.

##### 2-1.2 CARACTERISTICAS DE LOS DURMIENTES

Las clases de durmientes más usados en México son: de madera (dura y blanda), de concreto (pretensado y blocks reforzados con unión de acero estructural y articulación con pretensado) y finalmente de acero.

###### a) Durmientes de madera:

En México, usamos madera dura tropical (chicozapote, mora quebracha, tepeguaje, Jabin, etc.) maderas blandas de pino, ocote y ciprés y maderas semiduras de encino, laurel, etc..

La sección tipo de los durmientes de madera es de 18x20x240 cm. (7"x8"x8'), que resulta factible obtener para las made

ras de pino y es difícil para encinos y maderas duras tropicales.

Los durmientes duros, se usan sin creosotar (tratamiento químico a base de creosota), en áreas próximas a sus bosques. Mientras que el pino y las maderas semiduras, deben creosotarse para incrementar su vida útil, cuyo promedio en México, apenas alcanza de 10 a 18 años para los tráficos moderados, con reducidas velocidades y escaso balasto.

Tanto la creosota disuelta con petróleo (impregmol), como las sales de fluoruro de sodio (arseniato de sodio, bicromato de potasio y el fenol), constituyen elementos que ahuyentan a los insectos xilófagos, además de evitar la rápida destrucción por la oxidación.

Finalmente diremos en cuanto a los durmientes de madera, que la calidad de una vía con durmientes de diversas edades, se mide en función del número de durmientes en estado de prestar buen servicio, necesitándose un 90% en buen orden para las vías de primera clase y tolerándose de 15 a 25% en mal estado, para las vías de menor tráfico.

b) Durmientes de concreto:

Reseña histórica.- A fines del siglo XIX, en los inicios del concreto armado, se pensó en la fabricación de durmientes de concreto para sustituir o reemplazar los de madera; se tienen noticias de que durante el período de 1880 a 1914 se hicieron los primeros proyectos, que en algunos casos se complementaron con ensayos prácticos.

Como consecuencia de la dificultad para conseguir madera y con motivo del notable avance tecnológico del concreto armado durante la primera guerra mundial (1914-1918), se intensificó el estudio metódico del problema, que culminó con el establecimiento de las primeras industrias productoras de durmientes de concreto de 1920 a 1940.

Durante la segunda guerra mundial (1940-1945), se perfec-

cionó la tecnología de fabricación de durmientes de concreto, surgiendo diversos sistemas y tipos, que resistían correctamente la sollicitación de esfuerzos a que estaban sometidos en las vías en servicio.

Como la madera escaseaba, esta modalidad recibió el impulso definitivo, que finalmente propició la aparición del durmiente de concreto presforzado o precomprimido.

Se puede decir que a partir de esa época, la fabricación de durmientes de concreto logró su objetivo, vinculando bajo diseños originales las características de resistencia, flexibilidad y durabilidad, requeridas en cada uno de los tres modelos de durmientes prototipo, que a continuación se describen:

I) El durmiente monolítico de concreto precomprimido, que consiste en una viga de concreto, cuya precompresión está asegurada por un cierto número de alambres que transmiten sus esfuerzos por adherencia o por la tensión de barras ancladas en los extremos.

II) El durmiente de concreto precomprimido no monolítico, formado por dos bloques y un travesaño de concreto con dos juntas elásticas, ligados entre sí con acero de presfuerzo.

III) El durmiente mixto, en el cual la elasticidad se consigue uniendo dos bloques de concreto armado mediante un perfil de acero duro, que funciona como elemento flexible y asegura el escantillón.

En febrero de 1960 se procedió a la instalación (en ciudad Acuña Coahuila) de la primera planta en México, para la fabricación de durmientes mixtos del tipo RS, la cual inició su producción en el mes de marzo del mismo año, para satisfacer las necesidades de la línea en construcción que une a San Carlos con ciudad Acuña en el estado de Coahuila. Posteriormente, con base en los resultados que obtuvo con el empleo de este tipo de durmiente, la Secretaría de Obras Públicas decidió utilizarlo en la construcción y rehabilitación de los tramos Chihuahua

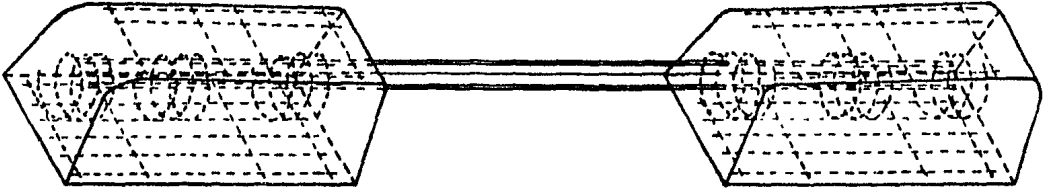
hua-Topolobampo y Chihuahua-Ojinaga del ferrocarril Chihuahua-Pacífico y la unión del ferrocarril Tehuano con el del Sureste a través del puente Coatzacoalcos. Por su parte los ferrocarriles Nacionales de México lo utilizaron en parte de la línea Monterrey-Matamoros.

En 1964 se inició la fabricación del durmiente mixto tipo SL en Dolores Hidalgo, Guanajuato (modificación del RS) y poco después, en Panzacola, Tlaxcala, fué instalada otra fábrica de durmientes de concreto, monolíticos y postensados Dywidag del tipo B-58, teniendo ambas plantas como meta satisfacer las necesidades del tramo en construcción Viborillas-Villa de Reyes y de la rehabilitación entre este lugar y San Luis Potosí.

Descripción de los durmientes de concreto fabricados en México.- Los durmientes que se fabrican en México son de dos tipos: durmientes mixtos RS y SL, y durmientes monolíticos Dywidag B-58 y B-55 (últimamente tipo S y O para el metro de la ciudad de México).

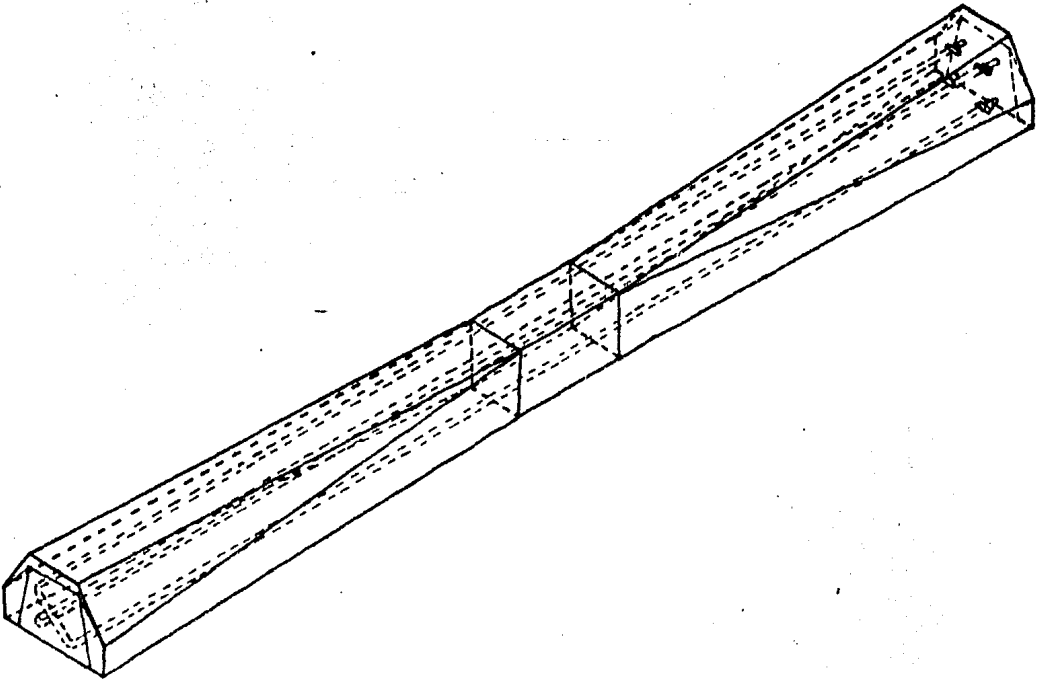
El durmiente mixto RS o SL, está constituido por dos bloques de concreto reforzado con mallas, tanto en la parte superior, como en la inferior y tres espirales en la parte intermedia, zona en la cual está el anclaje de los pernos ó tornillos empleados para fijar el riel y el apoyo del mismo con sus accesorios. Dichos bloques están interconectados rígidamente por un travesaño de acero duro, de sección "Y" o "I" según el caso, que asegura la correcta separación de los mismos y mantiene el escantillón de la vía, ver figura 2-1.2-1.

El durmiente monolítico Dywidag B-58, tiene una porción central robusta, sin depresiones, con extremos gradualmente divergentes, anclaje para elementos de fijación de la vía y superficie de apoyo suficientemente amplia; tiene una armadura tensora formada por dos horquillas de barras de acero, cuyos dobles se cruzan perpendicularmente en una de las cabezas del



DURMIENTE MIXTO TIPO RS

FIGURA 2-1.2-1



DURMIENTE B-58 CON ARMADURA TIPO  
(DYWIDAG)

FIGURA 2-1.2-2

durmiente y por el anclaje de los cuatro extremos libres en la otra cabeza, se transmiten al concreto los esfuerzos de tensado, ver figura 2-1.2-2.

Los materiales que se utilicen en la elaboración de los durmientes de concreto, deberán de contar con ciertas características que a continuación se mencionan:

CEMENTO.- Sobre el particular, las normas nacionales, las normas francesas y las alemanas, tienen presente el empleo de los cementos más adecuados para satisfacer los requisitos de resistencia de proyecto, estableciendo los procedimientos de ensaye y precauciones que deben tenerse en su almacenamiento a fin de garantizar su utilización en condiciones óptimas de sanidad.

AGUA.- Se establece que ésta de preferencia debe ser potable o de cualquier origen, siempre que su contenido de materias en suspensión, sales y materia orgánica no rebasen los límites de aceptabilidad.

ARENA.- En cuanto a forma de la partícula, se prefiere que sea redondeada, no deletérea, y se fijan límites de aceptabilidad para su granulometría, contenido de polvo, limo, arcilla y materia orgánica.

GRAVA.- Esta en general debe ser dura, resistente, químicamente estable, bien graduada, uniforme, y en lo referente a la forma de la partícula, las normas francesas aceptan los agregados naturales; las normas alemanas prefieren que dicho material sea en un 100% producto de trituración; y las normas nacionales adoptan ambos criterios para cada caso en particular.

ACERO DE REFUERZO.- Para los durmientes RS o SL los diferentes organismos coinciden en fijar 24 kg./mm.<sup>2</sup> como mínimo, para el límite elástico; 38 kg./mm.<sup>2</sup> como mínimo, para el esfuerzo de ruptura y un alargamiento del 20% como mínimo a la ruptura.

BARRA METALICA.- En los durmientes RS o SL, todas las normas establecen el requisito de que estarán exentas de defectos de laminación y deberán tener un límite elástico por arriba de

los 36 kg./mm<sup>2</sup>.

ACERO DE TENSADO.- Para los durmientes Dywidag B-58, la norma fija el empleo de cuatro barras de 9.7 mm. de diámetro, con un límite elástico convencional de 135 kg./mm<sup>2</sup>, una resistencia mínima a la ruptura de 150 kg./mm<sup>2</sup> y un alargamiento mínimo a la ruptura del 6%.

Así también, se debe tener un control de calidad y homogeneidad muy estricto, principalmente en los siguientes materiales y aspectos: Cemento, Agua, Arena, Grava, Aditivo, Concreto fresco, Curado inicial, Curado final, Curado de probetas y Concreto endurecido; para poder contar con durmientes que nos ofrezcan la mayor seguridad posible. Cabe señalar que el concreto que se use deberá tener una resistencia de 350 ó 400 kg/cm<sup>2</sup> a la compresión.

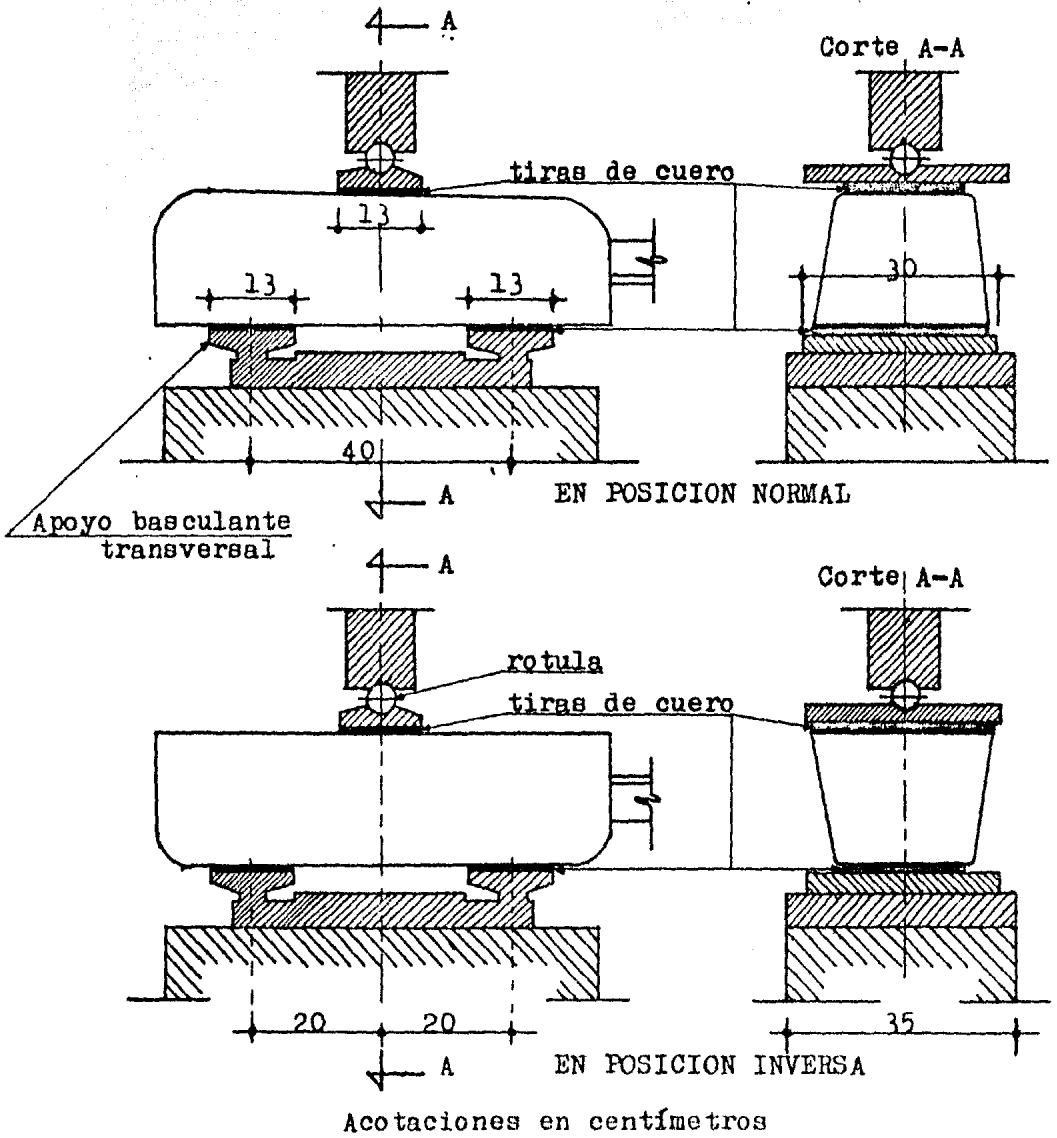
Sin embargo, para poder estar seguros de que se cuenta con durmientes de buena calidad, se ejecutan pruebas sobre estos; las cuales se describen a continuación:

PRUEBA DE FLEXION.- Para los durmientes mixtos RS ó SL, las normas nacionales y francesas establecen el ensaye a los 28 días a la flexión, de un durmiente para cada lote de 100, de acuerdo con el procedimiento que a continuación se describe:

Los durmientes por ensayar, deberán pintarse con lechada de cal a fin de facilitar la observación de fisuras, ensayándose uno de los bloques en posición normal y el otro en posición inversa.

Cada cabeza del durmiente, según el caso, se colocará en la máquina de ensaye en la posición que le corresponde, interponiendo entre la misma y las placas de apoyo o carga, tiras de cuero o de algún otro material, con dimensiones apropiadas, que aseguren la correcta transmisión de esfuerzos, tal como se indica en la figura 2-1.2-3.

La aplicación de carga se hará con velocidad uniforme, en



ENSAYE A FLEXION DE DURMIENTES MIXTOS

FIGURA 2-1.2-3



forma progresiva y hasta alcanzar 30 toneladas para el ensaye en posición normal y 25 toneladas para la posición inversa; una vez alcanzada la carga total en cada caso, ésta se conservará durante un mínimo de cinco minutos para examinar el bloque.

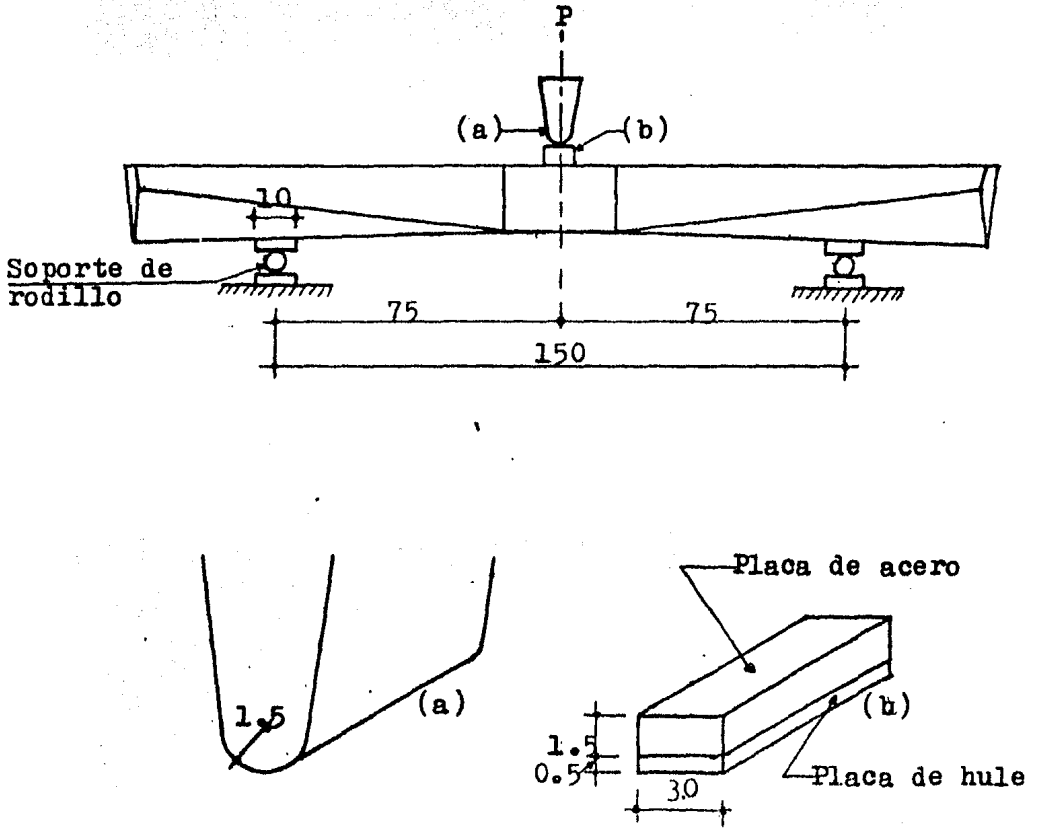
El ensaye es satisfactorio, si no aparecen fisuras antes de que las cargas alcancen los valores fijados para cada una de las alternativas, o bien las fisuras que eventualmente pudieran aparecer durante el sostenimiento de la carga, desaparezcan, o no sean visibles con lupa cuando se ha descargado el espécimen.

Para el durmiente Dywidag B-58, las normas alemanas y las nacionales establecen el ensaye a la flexión, de un durmiente tomado al azar de la producción de un día, el cual deberá curarse en agua durante siete días y posteriormente someterlo a la prueba en posición invertida, apoyado en dos soportes separados a 150 cm., con carga concentrada al centro del claro, tal como se ilustra en la figura 2-1.2-4.

El durmiente satisface los requisitos de aceptación si está exento de grietas en cualquiera de sus caras, para una carga de 4.8 toneladas.

**PRUEBA DE ABRASION.**- Las normas francesas y las alemanas especifican el ensaye de un durmiente en el vibrogir, pero difieren en el número de horas y en el por ciento mínimo de pérdida. En las normas nacionales no existe renglón que contemple este aspecto.

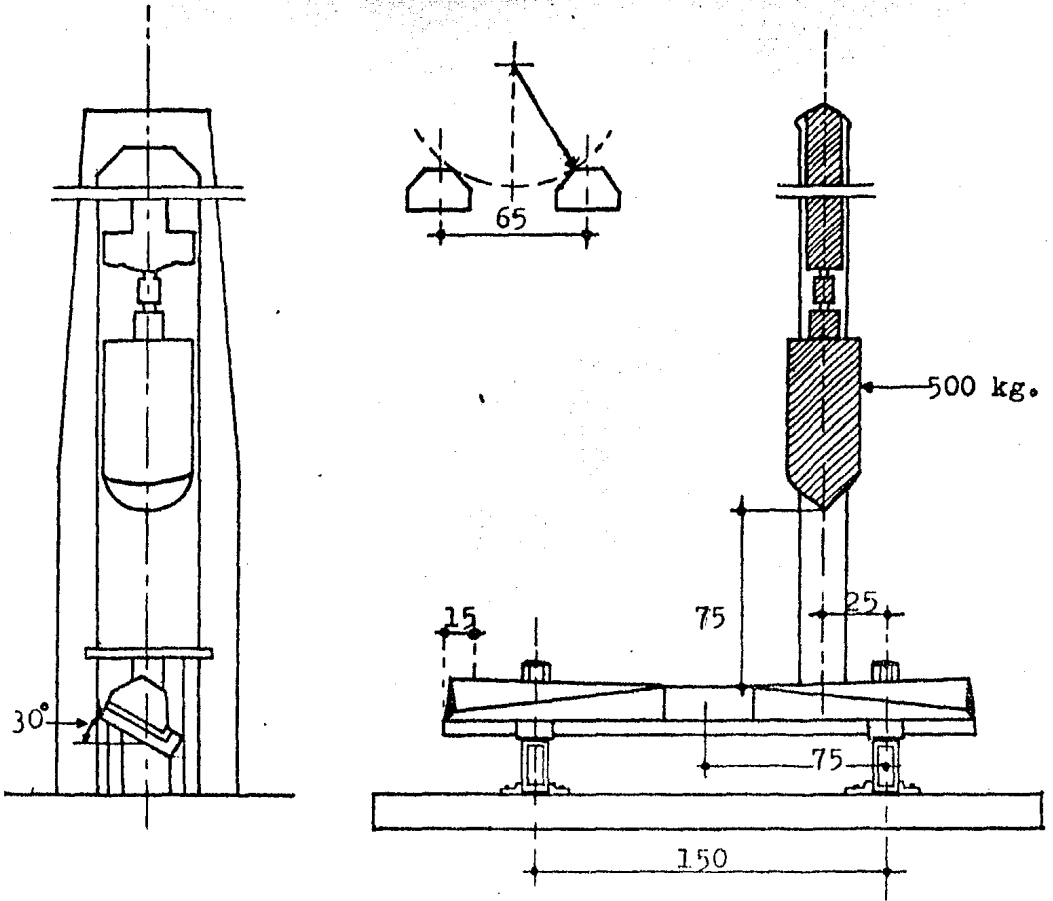
**PRUEBA DE IMPACTO.**- Las especificaciones alemanas establecen el ensaye de tres durmientes con un mazo que tiene la forma de la ceja de una rueda de ferrocarril, cuyo peso es de 500 kg., el cual se deja caer dos veces desde una altura de 75 cm., una vez en la sección situada a 50 cm. de la parte central del durmiente y la otra en una sección situada a 15 cm. de uno de los extremos del durmiente, tal como se ilustra en la figura número 2-1.2-5.



Acotaciones en centímetros

ENSAYE A FLEXION EN POSICION INVERTIDA  
EN DURMIENTES DYWIDAG

FIGURA 2-1.2-4



Acotaciones en centímetros

DISPOSITIVO PARA LA PRUEBA DE IMPACTO  
EN DURMIENTES DYWIDAG

FIGURA 2-1.2-5

El durmiente se acepta si después de la prueba únicamente presenta muescas o hendiduras con ligero fisuramiento; en el caso de que el durmiente se quiebre, esto bastará para rechazarlo. Sobre el particular no existen normas francesas ni nacionales.

AISLAMIENTO ELECTRICO.- Las normas alemanas fijan como mínimo una resistencia eléctrica de 10 kil-ohms, medida entre los dos asientos de apoyo del riel; las especificaciones nacionales y las francesas no lo contemplan.

Cabe señalar que las desventajas fundamentales de los dos tipos de durmientes son:

I) Del RS o SL, su menor peso, su menor superficie de contacto y la susceptibilidad a la corrosión de la barra.

II) Del Dywidag, su fragilidad, que puede ocasionar su fisuramiento e inclusive su fractura, en terraplenes mal compactados y tramos de vía deficientemente calzados.

No obstante, las desventajas señaladas, los dos tipos de durmientes de concreto empleados en la red ferroviaria a la fecha, han demostrado ser adecuados y superiores a los de madera impregnada, por lo cual es conveniente su adopción definitiva.

c) Durmientes de acero:

Denominados conchas, presentan una cara superior dotada de los elementos para sentar los rieles, afirmar el escantillón y sujetar las cabezas de los pernos de fijación del patín. Los bordes volteados hacia abajo, presentan su inconfundible característica de anclaje, que es excelente para vías sinuosas o de riel soldado.

La concha es hueca y precisa usar adecuado balasto y saber introducirlo y calzarlo correctamente, usando herramienta mecanizada, especial para compactar e introducir el balasto bajo el durmiente.

El peso es de sólo 75 kg. para vía ancha por cada pieza,

o sea que pesa igual que uno de madera y puede manejarse por un hombre con facilidad, de la fábrica se empaqueta en atados de diez piezas cada uno.

La oxidación salobre los hace inconvenientes para la costa próxima al mar o en los túneles, pero el desierto o la montaña y el lomerío resultan el territorio ideal de este versátil durmiente.

Características de los durmientes de acero.- Duración mínima de 60 años con fuerte tráfico; vida útil homogénea, precisando el económico método de reemplazo total en lugar de parcial.

Daño mínimo por descarrilamiento y posibilidad de reparación mediante soldadura.

Gran resistencia al desplazamiento lateral y al corrimiento longitudinal, reduciendo anclas.

Mantenimiento prolongado de línea y niveles cuando el balasto es adecuado y bien calzado.

Valor de recobro muy elevado, pudiéndose vender como chatarra a un precio de salvamento aproximado casi igual al costo inicial.

Como sabemos en México tenemos materia prima, vías en mal estado y climas desérticos; por lo que parece recomendable el hacer un estudio integral del problema ferroviario, donde la madera, el acero y el concreto deben complementarse (utilizando el durmiente más adecuado en cada región).

## 2-2 RIELES

### 2-2.1 GENERALIDADES

Los rieles (paralelos a una distancia entre sus costados interiores denominada escantillón), permiten el tránsito del equipo, cuyas ruedas se mantienen sobre la vía, gracias a las

cejas con separación igual al escantillón más una pequeña holgura.

Los rieles requieren la máxima precisión para su alineado en planta y la nivelación del perfil longitudinal, así como adecuadas sobreelevaciones, para poder permitir altas velocidades y confort, a un tráfico que somete a los rieles a grandes esfuerzos, que precisan de fijaciones sólidas para mantenerlos sobre los durmientes, amortiguando golpes y vibraciones.

Los durmientes, a su vez, deben transmitir sólo presiones máximas admisibles al balasto y anclar la vía, para impedir su desplazamiento lateral o el corrimiento longitudinal.

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

El hongo o cabeza, representa la superficie de rodamiento que soporta un desgaste hasta una primera fase, que hace clasificar el fin de ese riel seminuevo, como riel usado, pero aprovechable en vías de menor importancia, por largo plazo, hasta alcanzar un desgaste del hongo y otros deterioros, a un grado tal que obligan a retirar el riel usado, de la circulación de trenes y venderlo como riel de recobro o chatarra, para ser fundido nuevamente a un precio de salvamento.

La vida útil del riel, depende del tráfico y su velocidad, del calibre (o sea del peso en libras por yarda o kilos por metro del riel), su número, calidad y su mantenimiento respecto del balasto, la clase y nivelación de éste y sobre todo de la supresión de impactos directos en las juntas, la reducción de vibraciones y el mejor alineado geométrico de la vía, además de otros numerosos factores.

La vida del riel puede variar desde 10 hasta 50 años, por lo que los cargos anuales dependerán de este dato.

Para escoger la clase de riel que debe usarse hay que tener mucha experiencia y un juicio sereno, puesto que es casi imposible determinar exactamente los esfuerzos a que el riel será sometido. Esto es debido a que los rieles no tienen una base rígida, dado que hay un asentamiento irregular del balasto y de la cama de vía. Además cuando hay mala conservación de la vía o en el equipo rodante, y existen juntas bajas, durmientes flojos, etc., las cargas verticales debidas al peso aumentan enormemente, teniendo el efecto de una carga súbitamente aplicada. Hay además severas presiones laterales, especialmente en curvas. El peso del riel tiene, sin embargo, una relación a la carga sobre ruedas que sostiene. Una regla de la fábrica de locomotoras Baldwin, es que los rieles de menos de 60 libras por yarda soportan 250 libras por cada libra por yarda; el riel de 60 a 90 libras, soporta 300 libras por cada libra por yarda y para el de más de 90 libras se considera que soporta 350 libras por libra por yarda. De modo que un riel de 100 libras puede llevar carga en la rueda, hasta de 35,000 libras. Esta regla se aplica a una buena vía, con no menos de 14 durmientes por cada tramo de riel de 30 pies.

Conviene mencionar que el tamaño de los rieles era de 30 pies; la mayoría de los ferrocarriles usan ahora riel de 33' y 39', sin embargo, hay aún muchos kilómetros de vía con riel de 30'. También se usan rieles de 60 pies, en túneles y cruceros, para disminuir el trabajo de conservación, peligroso en túneles. En curva se usan algunos rieles de 38' ó 38 1/2 pies, en el lado interior, para mantener las juntas perfectamente espaciadas.

## 2-2.2 LARGOS RIELES SOLDADOS

En la actualidad se están utilizando rieles soldados, o más bien dicho largos rieles soldados; los cuales pueden tener

cualquier longitud, estando sólo limitada por la presencia de curvas de grado mayor a 2 grados 17 minutos (501.89 mts.), por juntas de dilatación y por los cambios de vía. Antes de construir los largos rieles soldados (L.R.S.) definitivos, deberán formarse tramos de L.R.S. provisionales, de longitudes comprendidas entre 285.29 mts. (24 rieles de 39') y 439.82 mts. (37 rieles de 39') los que a su vez deberán estar compuestos por rieles largos soldados en taller, de riel ordinario. Si fuese posible podrán llevarse a la línea barras de mayor longitud soldadas en taller; ya que es más económico soldar en taller que en el campo, y además con un alto control de calidad. Así tenemos que los L.R.S. definitivos, se obtendrán a partir de los L.R.S. provisionales; o sea soldandolos en el campo, para lo cual se utiliza el procedimiento o método de campo llamado aluminotérmico; el cual a grandes rasgos consiste en lo siguiente:

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

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

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

Los metales del fierro y aluminio, se vierten a granel, de las porciones cuantificadas y dosificadas por el fabricante, para cada calibre de riel y para cada contenido de carbón en el acero del mismo; el material para soldadura viene mezclado y empacado en bolsas de poliéster, de modo de sólo precisar tapar el fondo del crisol, introducir el material de soldadura y colocar una pólvora especial (catalizador), tapar el pequeño alto



horno en miniatura y encender con flama, para provocar un volcán de acero que a su tiempo de calma, se quita el tapón del fondo y fluye la fundición entre los rieles, dejando la escoria alrededor y el buen acero en el perfil soldado.

Antes de enfriar, con marro, tajadera y cincel se recorta la escoria excedente alrededor de la junta y al enfriarse se procede a forjarlo y al esmerilado en serie, para terminar con el pulido del hongo del riel y la inspección visual y con detector manual, de los resultados.

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

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

Por otro lado, tenemos que en el taller la soldadura se hace por el método de soldadura presión-eléctrica, la cual consiste en:

Los rieles nuevos, o los usados con puntas recortadas y desvenidos, se limpian mecánicamente y se les hace pasar por líneas de producción en serie a una máquina que precalienta y solda por fusión eléctrica y una presión simultánea de 50 toneladas. La soldadura pasa a recortarse y esmerilarse para finalizar la inspección magnética detectora de posibles defectos y termina el proceso colocando los rieles soldados sobre las plataformas del tren de trabajo.

Cabe señalar que el consumo por soldadura es de 4 KW hora y la mano de obra es mínima, aunque altamente especializada, produciéndose costos mínimos para una gran producción.

Aunque aumenta el costo del riel con los L.R.S.; cabe señalar que el uso de éste disminuye los gastos de conservación, puesto que el riel dura más tiempo en servicio a causa del menor número de juntas; por lo mismo los cambios de durmientes

se disminuyen, y los golpes y sitios bajos en la vía son también menores. Debe tomarse en cuenta además el menor gasto en tornillos, tuercas y planchuelas.

### 2-2.3 DEFECTOS EN LOS RIELES

En cuanto a los defectos, tenemos que se debe de examinar con frecuencia la vía en sus secciones, buscando señales de daños o defectos en los rieles, los que pueden ocasionar serios accidentes. Se deberá cambiar inmediatamente todo aquel que se considere inseguro para el servicio. A continuación se señalan las más comunes fallas o defectos en los rieles:

**FISURA TRANSVERSAL.**- Es una fractura progresiva, generalmente en ángulo recto a la longitud del riel, que principia en un centro o núcleo cristalino, dentro del hongo del riel, que se extiende como una superficie lisa brillante u obscura en forma redonda u ovalada.

**FISURA COMPUESTA.**- Es una fractura progresiva originada en un hongo agrietado horizontalmente, la que se va hacia arriba o hacia abajo dentro del riel, convirtiéndose en una superficie lisa brillante u obscura. Las fisuras compuestas requieren examen de ambas caras de la fractura, para localizar la abertura horizontal de la que se originan.

**FRACTURA DETALLADA.**- Es una fractura progresiva que se inicia en o cerca de la superficie del hongo del riel. No debe confundirse con las fisuras transversales, con las compuestas u otros defectos que tienen un origen interno. Las fracturas detalladas están divididas en dos tipos: (1) Sitios aconchados en donde pequeñas laminillas de metal, como pedazos de concha, se separan de la superficie superior o lateral del hongo del riel. (2) Fallas de hongo, generalmente en o cerca de la parte superior de la cabeza del riel en el lado de escantillón, en donde el escurrimiento o derrame del metal superficial, inicia una

fractura apenas perceptible.

FRACTURA POR QUEMADA DE MAQUINA.- Es una fractura progresiva que se origina en aquellos lugares donde las motrices de una máquina han patinado. Al crecer hacia abajo frecuentemente semejan las fisuras transversales o compuestas, con las que no deben confundirse.

CABEZA ABIERTA HORIZONTAL.- Es una falla progresiva horizontal que se origina dentro del hongo del riel, generalmente 1/4 de pulgada o más bajo la superficie del riel, y creciendo horizontalmente en todas direcciones, generalmente acompañada de un aplanamiento en el riel. El defecto aparece como una cuarteadura a lo largo del riel, cuando llega a los lados de la cabeza.

CABEZA ABIERTA VERTICAL.- Es una cuarteadura a través o cerca del centro del hongo y que se extiende dentro del hongo del riel. Se conoce por una línea oscura en lo largo de la superficie del riel, o bien una cuarteadura o línea oxidada se vé bajo la cabeza en la junta con el alma. En ocasiones se producen roturas de media luna en un lado de la cabeza del riel.

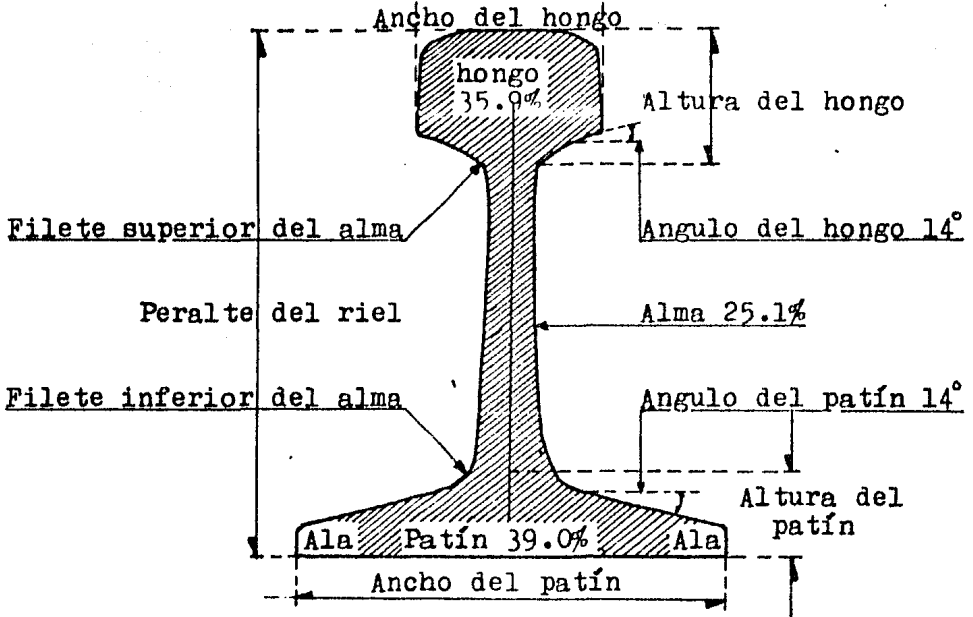
CABEZA APLASTADA.- Es un aplanamiento o aplastamiento del hongo del riel.

ALMA PARTIDA.- Es una cuarteadura a lo largo del alma del riel extendiéndose dentro o a través del alma.

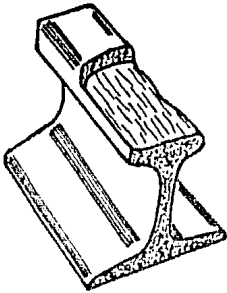
PATIN ROTO.- Cualquier rotura en la base del riel.

RIEL ENTUBADO.- Riel con una abertura vertical, siempre en el alma, y que llega algunas veces hasta el hongo y/o al patín. Se debe a que el hueco o tubo superior del lingote de donde se laminaron los rieles no se unió debidamente en los rodillos laminadores, y generalmente el primer o primeros rieles de ese lingote tienen este defecto. Los lados de esta abertura se ven lisos, como riel recién laminado y de un color más claro que la cara exterior del riel.

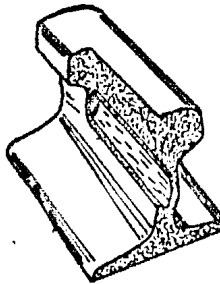
SECCION DE RIEL  
CON LOS NOMBRES DE SUS PARTES



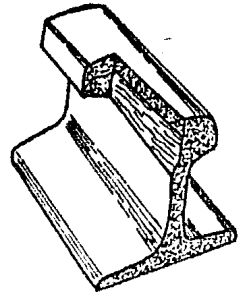
TRES DE LOS DEFECTOS  
EN LOS RIELES



Cabeza abierta horizontal



Riel entubado



Cabeza abierta vertical

## 2-2.4 TEMPERATURAS EN LOS RIELES

Tenemos que se distinguen las siguientes temperaturas:

1) Temperatura del riel.- Es la temperatura que presente el riel en el momento en que se observa y debe medirse en el interior del mismo, utilizando termómetros especiales; o también, un dispositivo denominado "riel muestreador de temperatura", que consiste en un trozo de riel de unos 30 cm. de longitud, que contiene en su interior un termómetro para medir la temperatura de la masa de acero del riel. Para obtener mayor precisión debe tomarse la lectura promedio en tres termómetros y así conocer con exactitud la temperatura del riel.

2) Temperatura de equilibrio o temperatura media del riel. 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. Es la temperatura del riel al pasar de compresión a tensión, en consecuencia donde el riel no presenta ningún esfuerzo. En nuestros ferrocarriles se tienen temperaturas de rieles mínimas hasta de -10 grados centígrados y máximas de +60, por lo que podemos fijar como una temperatura de equilibrio igual a +25 grados.

3) Temperatura de colocación.- Es la temperatura que rige en los dos rieles en el momento de fijarlos a los durmientes. En principio la temperatura ideal o más conveniente para la colocación de los rieles es la temperatura media o de equilibrio

En la práctica no es posible disponer siempre de la temperatura media, por lo que se ha fijado una tolerancia, para la colocación de los rieles de  $\pm 11$  grados centígrados, con respecto a la temperatura media, dentro de la cual podrán fijarse o colocarse los rieles. De acuerdo con la tolerancia anterior, las temperaturas de colocación oscilan entre los 14 y 36 grados centígrados, cuando la temperatura media es de 25 grados.

4) Temperatura de liberación.- Cuando un riel de gran lon

gitud (L.R.S.) ha sido fijado o colocado a una temperatura distinta a la temperatura de equilibrio, debe procederse tan pronto como sea posible, a volverlo a colocar o a fijar a la temperatura de equilibrio, o muy próximo a la misma. La tolerancia o gama de temperaturas que es de  $\pm 7$  grados centígrados, con respecto a la temperatura de equilibrio, para la fijación definitiva de los rieles de gran longitud, es denominada "temperatura de liberación".

Si la temperatura media o de equilibrio es de 25 grados centígrados, la tolerancia para la liberación estará comprendida entre los 18 y los 32 grados centígrados.

Conviene señalar que el riel compensado, liberado o en equilibrio térmico, es el que ha sido fijado, en el momento que tiene su posición y longitud correspondiente a la temperatura de liberación.

En otras palabras, cuando el riel presenta la temperatura media de 25 grados centígrados, o las toleradas para su liberación (18 a 32 grados centígrados) y está apoyado sobre rodillos, de manera que nada impida su libre movimiento y es golpeado ligeramente en su alma con un martillo de cobre; entonces adquiere su posición y longitud de equilibrio térmico, es decir, en ese instante los esfuerzos que tienden a dilatarlo o contraerlo, han quedado compensados o equilibrados entre sí, o sea el riel no presenta tendencias ni para dilatarse, ni contraerse por encontrarse liberado de dichos esfuerzos.

Como podemos darnos cuenta, este aspecto es importante tomarlo en cuenta, para no tener problemas posteriores, ya que con esto se tendrá más seguridad en cuanto a la magnitud del corrimiento del riel en las juntas de expansión, para evitar así los esfuerzos demasiado grandes, tanto de compresión, como de tensión; los cuales producen o pueden producir serios daños en las vías.

## 2-3 ACCESORIOS

### 2-3.1 INTRODUCCION

Como ya dijimos, los durmientes pueden ser de maderas duras o blandas, de concreto, mixtos y de fierro; por lo que es obvio pensar que cada tipo de durmiente demanda o más bien requiere una fijación especial (accesorios de fijación). Antes de empezar a mencionar los diferentes accesorios que existen, o por lo menos los más usuales, cabe decir que éstos juegan un papel muy importante, en cuanto a las vías férreas se refiere, ya que son los que van a sujetar el riel al durmiente, y además proporcionarán un medio amortiguante entre ellos, para evitar respectivamente que se muevan las vías de su lugar ( los rieles) y el que los durmientes se dañen.

### 2-3.2 DESCRIPCION DE ACCESORIOS

Para empezar, por ejemplo tenemos que el sistema de apoyo y fijación del riel, con todos sus accesorios, empleado en los durmientes mixtos de concreto, se ilustra en la figura 2-3.2-1 y son las siguientes:

SUELAS O PLACAS DE HULE.- Se tuvo éxito tras de larga experiencia con placas de hule de diferentes espesores, hasta lograr la placa con estrías, para absorber la deformación en espesor, pero sin expandirse en anchura al paso de la carga. Según las normas deberán sufrir una deformación máxima de 1 mm, bajo una carga de 30 toneladas.

Con estas placas, además de mejor asiento y menor presión unitaria (ya que se distribuye mejor), se logra el absorber vibraciones que van del riel al durmiente y además un mayor anclaje, debido al máximo coeficiente de fricción, entre hule y fierro.

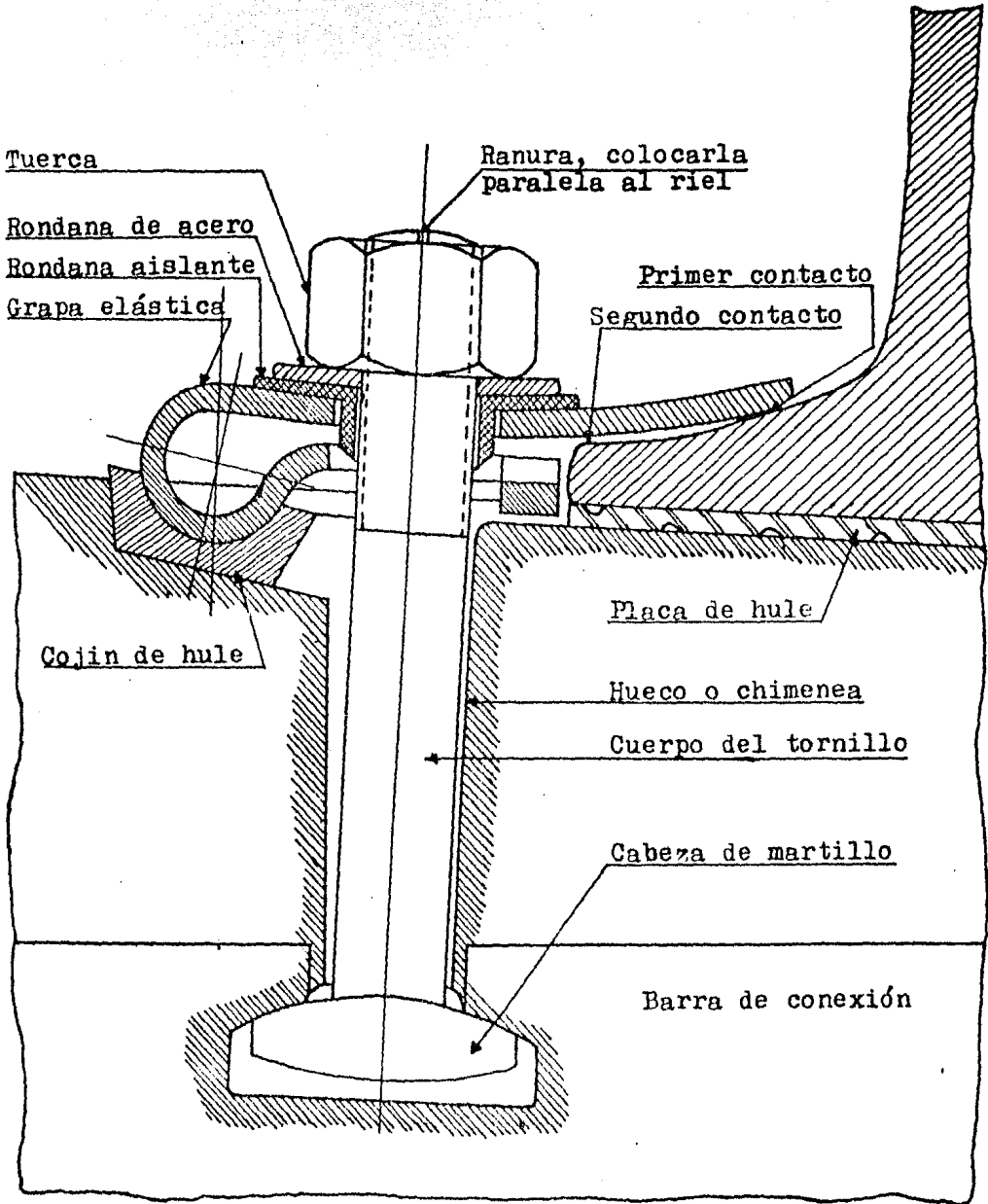


FIGURA 2-3.2-1



GRAPAS DE ACERO.- Son grapas elásticas construidas de acero al cromomanganeso, que conjuntamente con los pernos o tornillos y tirafondos de anclaje, fijan firme y elásticamente el riel al durmiente, pero permitiendo los movimientos elásticos del mismo, al tiempo que amortigua los efectos vibratorios, mediante los dos elementos elásticos ya mencionados (placas de hule y grapas de acero).

TORNILLOS DE ACERO.- Esta pieza o accesorio, es el que en si va a sujetar a la grapa elástica; o sea que el buen funcionamiento de la grapa va a depender mucho del tornillo, ya que si éste se afloja, afecta directamente a la grapa, e indirectamente al riel y demas accesorios. Conviene hacer notar que el tornillo (perno) cuenta con una tuerca, que va a ayudar a fijar el conjunto de accesorios.

COJINETE AMORTIGUADOR.- Como su nombre lo dice y al igual que la placa de hule, nos va a servir para absorber vibraciones, en este caso las debidas a la grapa elástica. La deformación máxima que deberá sufrir será de 5 mm, bajo una carga de 15 toneladas.

Rondana de acero.- Esta pieza nos va a servir como protección de la grapa, ya que ésta va a distribuir la carga ó presión, que transmitirá la tuerca a la grapa. Sobre ésta en particular las normas especifican 2,270 kg. de carga mínima para producir deformación en la pieza.

Por otro lado, cuando de durmientes de madera se trata, tenemos los siguientes aspectos de sus accesorios:

En el durmiente de madera podemos utilizar clavo o tirafondo; de los que se puede decir lo siguiente: La madera dura, excepcionalmente puede apretar a un clavo durante 15 años o más, pero existen algunas maderas de clase tan extraordinaria (quebracho, jabín, encinos, etc.) en que el clavo llega a oxidarse y quebrar su cabeza, antes que poder extraerlo de la madera.

La resistencia a la extracción, puede determinar el método de usar clavos hincados a golpe, o requiriendo el de clavos guiados por un barreno de menor diámetro taladrado previamente para usar clavo elástico o emplear los tirafondos.

El clavar, empujar o atornillar, debe ser realizado sin rajar la madera, o sea paralelo a sus fibras, sin ensanchar la entrada o causar cualquier otra clase de daño al durmiente de madera, incluso permitir la entrada de agua sin facilitar su drenaje, lo cual precisa de barrenar el lugar del clavo o tirafondo, traspasando el taladro, hasta la base del durmiente. En la actualidad, el clavo debe hincarse en el barreno vertical hecho a máquina y clavarse también con máquina, para evitar golpes diagonales que agranden la entrada y reduzcan la fuerza de apriete.

En el comparativo entre el clavo común y el clavo elástico, debe preferirse a este último, para cualquier clase de madera, especialmente cuando el tráfico sea pesado y de trenes rápidos; un clavo común resiste la mitad de la fuerza para extraer un clavo elástico y la cuarta parte de un tirafondo.

El tirafondo es insustituible para maderas blandas y la solidez de su fijación es tan grande que puede producir roturas al patín del riel, cuando se comete el error de no usar placa de hule en el asiento de este y además dotarlo de rondana de presión.

Un clavo elástico o un tirafondo, pueden usarse con larga duración, si se usan taquetes de encino encajados a presión en orificios grandes practicados en los durmientes de madera blanda.

Por otro lado tenemos las llamadas ANCLAS; las cuales son accesorios para aferrarse al patín del riel con fuerza de amarre superior a 500 kg. por pieza, que se colocan al costado de un durmiente para utilizar la resistencia de este a desplazarse debida al esfuerzo cortante del balasto compactado.

Este tipo de ancla, puede reducirse en número y mejorarse en resultado, usando la máxima fricción entre el patín y su apoyo sobre el durmiente, mediante la placa de hule que duplica el coeficiente de fricción del fierro contra el acero o entre el riel y la madera.

El resultado del anclaje por fricción, depende no sólo del coeficiente con mayor valor, sino de la fuerza de apriete continuado entre el riel y el durmiente.

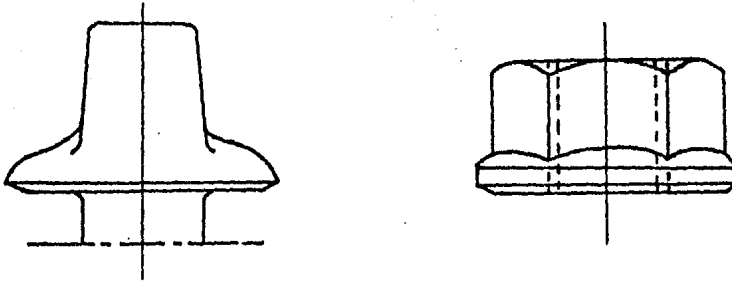
La colocación de anclas precisa estudiar previamente la dirección del corrimiento del riel, cuya tendencia depende del sentido del tráfico pesado, las pendientes, frenajes, etc..

En cuanto a las PLACAS DE APOYO, podemos decir lo siguiente: El patín del riel tiene anchura comprendida entre 12 y 17 centímetros, por lo que el riel colocado directo sobre el durmiente, en teoría descansa con superficie de contacto igual a  $(15 \times 20 \text{ cm.}) = 300 \text{ cm}^2$ , pero en realidad apenas  $2/3$  de esa área tiene un asiento adecuado para repartir las presiones con relativa uniformidad.

Actualmente se utilizan entalladoras mecánicas rotativas para mejorar el asiento, pero los bordes del patín invariablemente cuentan con presiones mucho mayores que el centro, debido a las diferentes deformaciones de la madera y el acero.

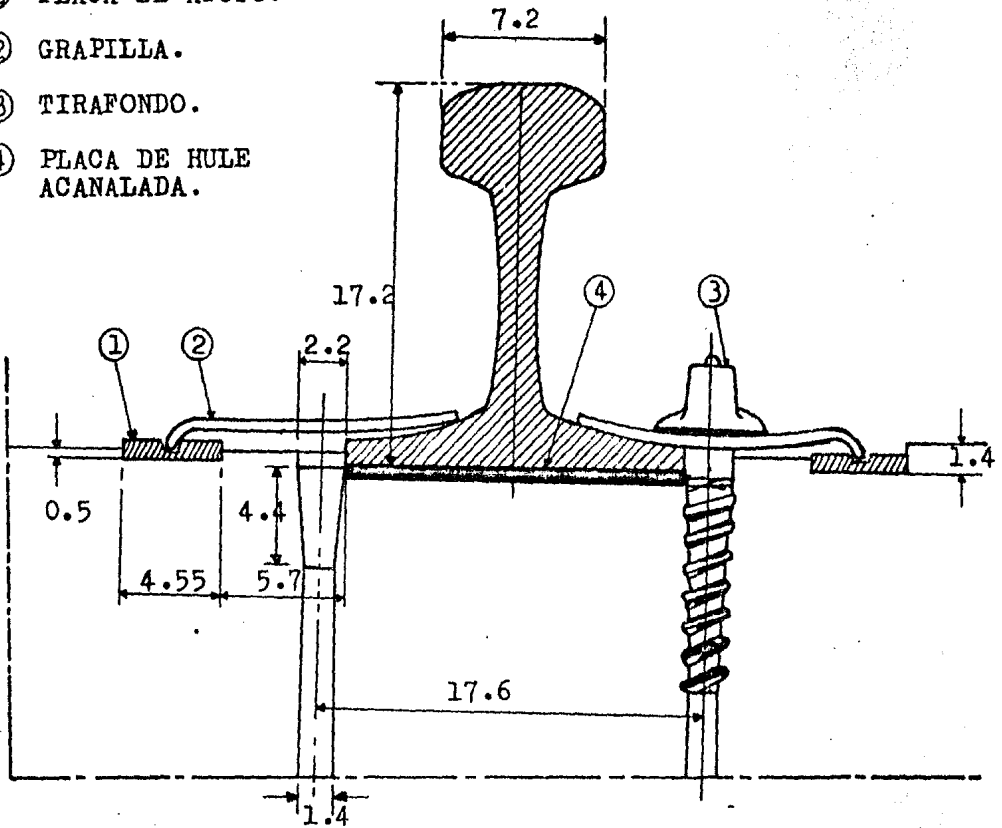
Las placas de fierro, duplican el área de contacto (con anchuras entre 25 y 35 cm.) pero los bordes de las placas, también cortan la madera, con lo cual resulta frustrado el objetivo original de la placa, que pretendía abatir la fatiga sobre el durmiente, a la mitad de la compresión directa causada por el patín del riel; así entonces, como ya lo dijimos, actualmente se están utilizando las placas de hule. En la figura 2-3.2-2 podemos ver un tipo de sujeción en durmiente de madera, utilizando tirafondos.

Ahora bien, un durmiente de fierro troquelado (concha) emplea pernos con rosca para tuerca en un extremo y cabeza de an



COLOCACION EN DURMIENTES DE  
MADERA SIN PLACA METALICA

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



Acotaciones en centímetros

FIGURA 2-3.2-2

claje en el otro. Donde el apriete mediante la tuerca, produce rigidez que se debe reducir gracias a las rondanas de presión o arandelas elásticas y las grapas de acero elástico; la rondana y grapa elástica, absorben la variación de tensión y vibraciones que el tráfico somete a los pernos.

Por otro lado tenemos que algunas veces los extremos de los rieles deben unirse por medio de PLANCHUELAS para mantenerlos en línea, tanto vertical como lateralmente, para que las ruedas del tren puedan pasar libremente por la vía; así de estas podemos decir lo siguiente: Debe usarse la sección más robusta para cada calibre de riel, y así poder reducir el vencimiento de las puntas de los rieles, pudiendo usar de 2 a 3 agujeros para cada extremo del riel, según la importancia del esfuerzo de tensión a que se someta la unión.

Las juntas del riel se localizan entre dos durmientes, donde el esfuerzo cortante es nulo y existe momento flexionante máximo positivo, en la viga continua que representa el riel; la junta debe permitir la libre dilatación, debiéndose limpiar y lubricar adecuadamente.

La expansión resulta permisible por la forma ovalada de los agujeros de la planchuela en tanto que el diámetro del tornillo determina su esfuerzo cortante deducido de la tensión por temperatura; la expansión puede aumentarse (provisionalmente) de  $2/3$ " (de pulgada) hasta 1", usando tornillos de mínimo diámetro, para poder tender vía con planchuela provisional, mientras se las reemplaza por soldadura en el campo (aluminotermica) sin tener que reajustar la separación necesaria entre los rieles. Pero la vibración e impactos a la que está sujeta la vía por el paso de los trenes, tiende a aflojar las tuercas del tornillo de vía. Para evitar esto se usa la RONDANA DE PRESION, la que actúa como resorte al quedar colocada entre la planchuela y la tuerca. La rondana es un anillo de acero cortado en un lado y torcido espiralmente, por lo que al atornillar

se la tuerca aplasta la rondana de presión haciendo que las puntas de su parte cortada, apoyen una en la planchuela y otra en la parte interior de la tuerca. O sea que al tratar de aflojarse la tuerca, la punta muerde en el metal de ésta evitando que se afloje. Para esto la rondana de presión deberá ser de buen acero y tratada al calor para que tenga y conserve la acción de resorte.

### 2-3.3 COLOCACION DE LAS GRAPAS ELASTICAS

Por considerar de vital importancia el uso de las grapas y también de los tornillos, dentro del sistema de fijación, a continuación se explica la forma de colocar dichos accesorios: 1.- GENERALIDADES. La propiedad esencial de las fijaciones elásticas del 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.

Para que las oscilaciones verticales del riel se verifiquen sin juego alguno entre el riel y el durmiente, es necesario el funcionamiento de las grapas como muelles, con el fin de absorber los recorridos verticales que debido a la elasticidad de las placas de hule, experimentan los rieles al pasar sobre ellos la circulación de los trenes. Si las grapas no actúan como muelles, el régimen elástico desaparece y las grapas se convierten en fijaciones rígidas pero de escasa rigidez.

Las grapas pueden dejar de funcionar como muelles, si un apriete excesivo de los tornillos que las fijan a los durmientes, ocasiona en el acero con el que están fabricadas, tensiones superiores a su límite de elasticidad, ya que entonces se producen deformaciones permanentes en las grapas, convirtiéndose éstas como antes hemos dicho en fijaciones rígidas.

Para que no suceda lo expuesto en el párrafo anterior y se disponga de un medio sencillo de evitarlo, se ha proyectado la forma de las grapas de manera que en su posición correcta la rama superior de las mismas apoye sobre el patín del riel, según dos líneas paralelas al mismo, líneas que se denominan de primer contacto y de segundo contacto. La forma correcta de las grapas bien colocadas se muestra en la figura 2-3.2-1 .

2.- COLOCACION Y APRETADO. Se seguirán estrictamente las instrucciones siguientes:

- a) Comprobada la posición correcta de los durmientes, del riel de las placas y cojinetes de hule, se introducen en las chimeneas o huecos del durmiente los tornillos 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. 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 ésto, se utilizarán los huecos existentes en las dos paredes laterales del durmiente.
- b) Se colocan las grapas con o sin arandela (según sea o no necesario) 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 rosca 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 paralelamente 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 ya 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 coloca un dispositivo especialmente proyectado para el montaje de las grapas elásticas, o con otro tipo de máquinas que se tenga. En cualquier tipo podrá y deberá 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 la máquina utilizada lo amerita.

La operación de apretado se efectúa en dos tiempos:

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 máquinas atornilladoras poseen.

Segundo tiempo.- Detrás de la atornilladora que ha efectuado el primer tiempo del apretado, un reparador provisto de un calibrador, mide en décimas de milímetro el juego que ha quedado en el lugar del segundo contacto al realizar el primer tiempo del apretado, juego cuyo valor se apunta con gis o crayón en la cara superior del durmiente ó 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 durmiente o riel. Operando del modo indicado se efectúa el apretado correcto de las grapas, sin deformación permanente de éstas ni de las arandelas (rondanas) aislantes.

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 del segundo tiempo del apretado, deberá atenerse 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 alguna circulación.
- 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 grados centígrados, las arandelas aislantes se colocarán, previa inmersión, en una vasija con agua caliente. La temperatura del agua será de 60 grados centígrados y el tiempo de inmersión el necesario para que las citadas arandelas se muestren flexibles.

Con base en lo anterior, nos podemos dar cuenta de que es muy importante el que los accesorios queden bien colocados, para obtener así un buen funcionamiento por parte de éstos, lo cual redundará principalmente en el aspecto económico; ya que si los demás elementos que integran la vía funcionan bien pero

los accesorios no lo hacen, la vía en su conjunto estará constantemente teniendo problemas; obviamente estos problemas se tendrán que solucionar, y serán muy independientes de la conservación que se hubiera programado para la vía. Entonces es importante decir que para que la vía trabaje lo mejor posible, es necesario que todos y cada uno de los elementos que la componen, trabajen así también.

## CAPITULO 3

### TENDIDO DE VIA

#### 3-1 INTRODUCCION

El tendido de vía en si, consiste en colocar y armar adecuadamente, todos y cada uno de los elementos que integran la vía, y que son: Durmientes, rieles y accesorios; aunque también se debe incluir el balasto, ya que como dijimos éste dará rigidez a la vía por medio de los durmientes y facilitará el nivelado y alineado de la misma, entre otras cosas, y además porque el balasto se va colocando inmediatamente después de armar la vía.

Tenemos dos tipos de vía; la clavada y la elástica. Cabe señalar, que en la clavada se utilizan durmientes de madera exclusivamente, mientras que en la elástica se pueden usar tanto de madera como de concreto.

También conviene mencionar, que para el tendido de vía se cuenta con varios sistemas constructivos, los cuales pueden clasificarse en dos grandes grupos, los cuales son:

- 1.- Los que organizan los trabajos en base a la utilización de tramos de vía prefabricados.
- 2.- Los que distribuyen los durmientes sobre el sub-balasto o el balasto (según el caso) y sobre éstos fijan posteriormente los rieles.

Es obvio, que cada sistema incluido en los dos grupos, tiene sus ventajas y desventajas, pero según se ha podido observar, el mejor sistema de los que se utilizan en México, es el llamado SECMAPER; el cual es de origen francés, y debido a su importancia, más adelante se describirá con todo detalle.

Por otro lado es necesario el indicar que cuando se trate de vía nueva, ésta se colocará sobre el sub-balasto, cuando esté totalmente terminado, mientras que si se trata de renovación o reconstrucción, se colocará sobre el balasto, como veremos después. O sea que se realizan las mismas operaciones para el tendido de vía, tanto en vía nueva como en reconstrucción y lo único que cambia es lo que indicamos anteriormente.

### 3-2 VIA CLAVADA

Para armar la vía clavada, en la que sólo se utilizan durmientes de madera, la secuencia de las operaciones y los requisitos que deben cumplirse en términos generales, son los siguientes:

- a) Se distribuyen los durmientes sobre el sub-balasto terminado, siendo el mínimo de ellos de 1,830 piezas por kilómetro de vía.
- b) Los durmientes se colocan centrados y normales al alineamiento horizontal, espaciándose conforme al proyecto y en forma tal que cuando se coloquen los rieles, sus juntas de unión queden entre dos durmientes. Para evitar el deterioro de los durmientes durante su manejo se utiliza el equipo y las herramientas adecuadas.
- c) Se emplean placas metálicas de asiento; éstas se limpian por ambas caras y se colocan sobre los durmientes en su posición definitiva. El patín del riel debe quedar siempre dentro y paralelo a las costillas de la placa de asiento y tendrá con respecto al eje del durmiente, una inclinación de 1:40, hacia el centro de la vía; inclinación que se dará por medio de la placa de asiento o por la entalladura del durmiente.
- d) Los rieles se colocan sobre las placas de asiento y ambos se fijan con los clavos de vía. Primero se fija el riel de

un lado y luego, conservando el escantillón, el riel opuesto. Los rieles no deben golpearse, las juntas de rieles deben quedar cuatrapeadas, o en la forma que lo fije el proyecto. Los clavos deben penetrar verticalmente, dentro de las perforaciones hechas de antemano, que sirven como guía. Las anclas quedan sujetas al patín de los rieles, mediante presión, quedando en contacto con las caras verticales de los durmientes. Se emplean un mínimo de 16 anclas para cada riel estándar, distribuidas uniformemente a lo largo del mismo, excepto en las juntas. Las anclas del riel opuesto se colocan en el mismo durmiente en que se colocaron todas las del primero.

- e) Cuando sea necesario hacer perforaciones de campo en los rieles, se debe evitar que se altere el material, por calentamiento excesivo.
- f) Cuando es necesario el uso de juntas de unión, éstas se arman en la siguiente forma: se limpian las superficies de contacto entre rieles y planchuelas, se extiende sobre éstas una capa de grasa, y se hace coincidir las perforaciones de la planchuela con las de los rieles; los tornillos se colocan con las cabezas alternadas, los cuales llevan rondanas de presión, y las tuercas se aprietan ligeramente. Una vez sujeto el riel al durmiente, las tuercas se continúan apretando en cada junta de unión, primero las centrales y después las extremas, hasta dar al tornillo una tensión entre 10,000 y 15,000 kilogramos. Para las tensiones requeridas, se emplean llaves especiales que destraben al alcanzar la tensión fijada. De 1 a 3 meses después de iniciado el tránsito de trenes, se revisa la tensión dada a los tornillos, la cual no deberá ser menor de 10,000 kilogramos. En las juntas donde cambie el calibre de los rieles, se usan planchuelas de compromiso o se soldan los rieles, según lo fije el proyecto.

g) La separación entre los extremos de rieles, se calibra en las juntas de unión, empleando separadores de metal o de fibra, según la temperatura de los rieles en el momento de su colocación; temperatura que se mide con termómetros especiales para riel. En rieles de longitud estándar, o sea de 12 metros, el espesor de los separadores, debe ser el indicado en la siguiente tabla:

Temperatura de los rieles estándar, en el momento de su tendido, en grados centígrados.	Espesor de los separadores* en milímetros.
Menor de 0° .....	7
De 0° a 10° .....	5.5
De 10° a 25° .....	3
De 25° a 40° .....	1.5
De más de 40° .....	0

\* Para rieles cortos, el espesor del separador será proporcional a los valores anotados.

En túneles, cuando la temperatura es superior a 21 grados centígrados, los rieles con longitud estándar, o sea de 12 metros, se tenderán sin separación, pero cuando la temperatura es inferior se deja una separación de 1.6 milímetros por cada once grados centígrados de reducción en la temperatura.

- h) Cuando se suelden en el lugar los rieles, la soldadura se efectúa antes o después del tendido.
- i) Las juntas de unión quedan fuera de los cruceros con calles o carreteras. Para esto, se emplean rieles soldados de la

longitud necesaria, con contrarrieles y guardarrieles.

- j) El escantillón se mide a 1.6 centímetros abajo de la superficie de rodamiento, y debe ser de 1,435 milímetros en tangentes y en curvas hasta de 6 grados; en curvas de mayor grado, se aumenta el escantillón a razón de 2.5 milímetros por cada grado de curvatura o fracción adicional, hasta un máximo de 1,447.5 milímetros, como se indica en la siguiente tabla:

Grado de curvatura "G"	Escantillón, en milímetros
Hasta 6° 00'	1,435.0
De 6° 01' a 7° 00'	1,437.5
De 7° 01' a 8° 00'	1,440.0
De 8° 01' a 9° 00'	1,442.5
De 9° 01' a 10° 00'	1,445.0
De 10° 01' en adelante	1,447.5

### 3-3 VIA ELASTICA

En la colocación de la vía elástica, armada en el lugar, debe cumplirse en términos generales, con la secuencia y operaciones siguientes:

- a) La distribución de los durmientes se hace de acuerdo con la dotación por kilómetro que se fije en el proyecto, pero en general el número mínimo es de 1,680 durmientes por kilómetro de vía.
- b) La colocación de los durmientes se hace de acuerdo con lo indicado en el párrafo (b) de la vía clavada.
- c) Salvo indicación en contrario, cuando se utilicen durmien-

tes de madera, se emplean placas de asiento metálicas; éstas se colocan tomando en cuenta lo indicado en el párrafo (c) de la vía clavada. Sólo que en este caso se colocan también suelas amortiguadoras sobre las placas de asiento.

- d) Cuando se utilizan durmientes de concreto hidráulico, se colocan únicamente suelas amortiguadoras. El patín del riel debe quedar con la inclinación antes mencionada de 1:40. Esta inclinación se da a los durmientes al fabricarse.
- e) Los rieles se colocan sobre las suelas amortiguadoras y placas de asiento en su caso; fijando el riel, la suela y la placa, con el dispositivo de sujeción correspondiente (para madera o concreto). Se fijan los rieles tomando en cuenta lo indicado en el párrafo (d) de la vía clavada.
- f) Las juntas de unión se arman de acuerdo con lo indicado en el párrafo (f) correspondiente a la vía clavada.
- g) En las juntas de unión, la separación entre los extremos de rieles, se calibra de acuerdo con lo mencionado en el párrafo (g) de la vía clavada.
- h) Los separadores se quitan cuando se tengan doce tramos de riel estándar tendidos. Cabe señalar que al dar por concluido el trabajo del día, todo el riel tendido deberá quedar sujeto a los durmientes.
- i) En los durmientes de madera los tirafondos deben penetrar verticalmente, atornillándolos dentro de las perforaciones hechas de antemano como guías. Las muelles o grapas se fijan en los durmientes de madera por medio de tirafondos, y en los durmientes de concreto por medio de pernos. Ambas con la presión indicada en el proyecto, deberán sujetar el patín del riel. Los tirafondos o los pernos (según el caso) no se deben apretar totalmente, sino hasta después de haber alineado y nivelado la vía. Las sujeciones de otro tipo se colocan como lo indique el proyecto.
- j) Cuando lo fije el proyecto, los rieles se deben soldar en



el lugar o en la planta, para integrar:

- I) Rieles de 24 o de 36 metros, llamados de mediana longitud los cuales se obtienen al soldar dos o tres rieles estándar, respectivamente.
  - II) Rieles largos, obtenidos al soldar más de 20 rieles estándar.
- k) Cuando deban emplearse rieles de tipo largo, soldados en la planta, para poder transportarlos al lugar de empleo, se debe tender una vía provisional, alineada y nivelada, con riel emplanchuelado; durmientes, sujeción y balasto definitivo. Después los largos rieles sustituirán a los de la vía provisional.
  - l) Los cruceros con calles o con carreteras deben sujetarse a lo indicado en el párrafo (i) de la vía clavada.
  - m) Las juntas de dilatación especiales se colocan donde lo fije el proyecto.
  - n) El escantillón, debe cumplir con lo indicado en el párrafo (j) de la vía clavada.

### 3-3.1 VIA PREFABRICADA

Como lo mencionamos anteriormente, algunos sistemas constructivos, organizan los trabajos en base a la utilización de tramos de vía prefabricados (vía armada en taller); por lo que se debe cumplir, en términos generales, con los requisitos que se enlistan a continuación:

- a) El armado de la vía se hace por tramos, generalmente con rieles de longitud estándar, en patios de trabajo y sobre durmientes colocados de acuerdo con la posición fijada en el proyecto. Para evitar el deterioro de los durmientes durante su manejo, se utilizará el equipo y las herramientas adecuadas. En general, la dotación mínima por kilómetro de vía es de 1,680 durmientes de concreto o de 1,830 de madera.

- b) En lo relativo a las placas metálicas, a la inclinación del patín del riel y a las suelas amortiguadoras; cuando se utilicen durmientes de concreto o de madera, se procede, si no hay indicación en contrario, conforme a los párrafos (c) y (d) de la vía elástica.
- c) Los rieles de una misma longitud se colocan por pares sobre las suelas amortiguadoras, según lo fijado en el proyecto. Cuando los tramos de vía vayan a quedar en curva, las juntas entre los tramos contiguos se ajustarán, recortando los rieles interiores, de acuerdo con lo que tabula el cuadro siguiente:

RECORTE PARA RIELES CON LONGITUD  
ESTANDAR DE (12) METROS

Grado de curvatura (G)	Recorte "r"* en centímetros
1° 00' .....	1.6
2° 00' .....	3.1
3° 00' .....	4.7
4° 00' .....	6.3
5° 00' .....	7.9
6° 00' .....	9.5
7° 00' .....	11.0
8° 00' .....	12.6

\*Para diferentes grados de curvatura y longitud del riel, el valor de r se calculará con la siguiente expresión:  $r = 1.3125 G$

- d) Los rieles se sujetan a los durmientes por medio de los dis

- positivos de sujeción fijados en el proyecto, y de acuerdo con lo indicado en el párrafo (i) de la vía elástica.
- e) El escantillón se mide como se indica en el párrafo (j) de la vía clavada y debe tener los valores que se asientan en la tabla incluida en el mismo párrafo.
  - f) Para precisar el lugar que deben ocupar los tramos del riel armado, en el tendido de vía, éstos se marcan en la forma que se indica en el proyecto. En la maniobra de carga, para su transportación, se usan grúas con dispositivos especiales. Se mueven hacia el lugar de tendido, de acuerdo con el orden fijado en el proyecto, descargandose en forma adecuada.
  - g) Las juntas de unión se realizan de acuerdo con lo indicado en los párrafos (f), (g) e (i) de la vía clavada.
  - h) Cuando se empleen rieles soldados, la soldadura de campo se efectúa después de su tendido.

### 3-3.2 SISTEMA CONSTRUCTIVO SECMAFER

Como lo dijimos al principio de este capítulo, en las operaciones y requisitos antes expuestos (tanto en la vía clavada como en la elástica), no se ha mencionado nada en lo que respecta a la cama de vía (balasto); pero sin embargo, con la exposición del sistema constructivo en el que se emplea el equipo SECMAFER, espero que quede cubierto dicho aspecto. Así también, en la exposición se menciona el momento en que se alinea y nivela la vía, pero sin entrar en detalles, ya que estos aspectos se verán en el siguiente capítulo.

La explicación detallada del sistema constructivo de vía elástica utilizando este equipo, se menciona en las siguientes operaciones:

Operación No. 1.- Varios trabajadores (una cuadrilla) au-

xiliados con un track-mobile o utilizando tenazas, irán llevando a efecto la operación del descuatrapeo de las juntas de la vía clavada, para lo cual tendrán que quitar todas las anclas de uno de los hilos y levantar o quitar los clavos por el lado interior de la vía, así como desemplanchuelar dichos rieles, de manera de poder mover con facilidad los rieles hacia adelante, utilizando la fuerza del track-mobile o sencillamente mediante tenazas y jalando un grupo suficiente de trabajadores.

Operación No. 2.- Con el tren, o con el auxilio de grúas, se descargarán los largos rieles soldados eléctricamente, que con longitud de 272 metros (o de cualquier otra longitud), salen de la planta de soldadura. Como se aprecia en la figura 3-3.2-1, los largos rieles son descargados sobre la cabeza de los durmientes, situándolos en las posiciones A, por el lado exterior de los rieles que constituyen la vía clavada.

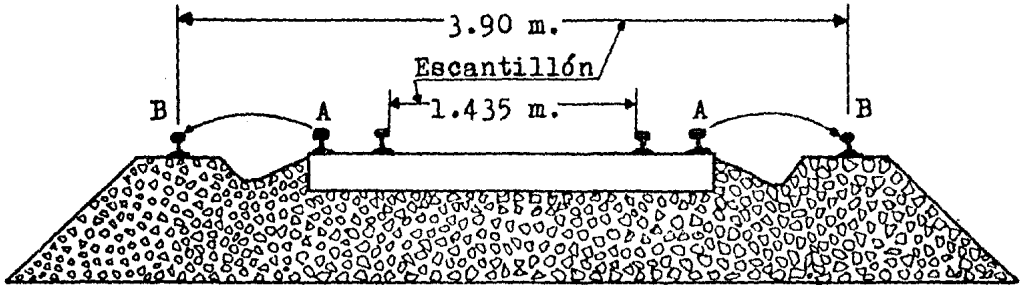
Operación No. 3.- Con el equipo llamado posicionador, se efectúan las dos operaciones que a continuación se explican:

- 1.- Mediante la utilización de unas cuchillas que se adaptan a los brazos laterales del posicionador, se nivelan los hombros del balasto, en la forma indicada en la fig. 3-3.2-1 (Generalmente es necesario descargar alguna cantidad adicional de balasto, para poder efectuar este trabajo).
- 2.- Cambiando las cuchillas por unas tenazas hidráulicas se traslada la víbora o largos rieles soldados de las posiciones A a las posiciones B, ver figura 3-3.2-1, quedando los largos rieles descansando sobre el balasto, anteriormente conformado y existiendo un escantillón entre ambos rieles soldados, situados en B, del orden de 3.90 mts. Los rieles colocados en B constituirán una vía provisional en la cual se van a mover los distintos equipos SECMAFER, de los que se hablará a continuación.

#### Formación del tren de trabajo:

El tren de trabajo está constituido, al frente por una lo

CON EL POSICIONADOR {1.-NIVELACION DE LOS HOMBROS DEL BALASTO.  
SE EJECUTAN: {2.-TRANSLADO DE LA VIBORA (LRS) DE A a B.



SECCION LONGITUDINAL

Antes

Después



SECCION TRANSVERSAL

Después

zanja



FIGURA 3-3.2-1

comotora, seguida por varias plataformas. Algunas de estas plataformas están vacías y servirán para cargar el material que se recobra de la vía clavada, otras vienen totalmente cargadas con durmientes y accesorios nuevos y las restantes vienen cargadas con los distintos equipos SECMAFER; como son los pórticos la viga, el acoplador y la conformadora.

También constituye parte del tren de trabajo, el equipo denominado posicionador, del que ya hablamos anteriormente y que está adaptado sobre una de las plataformas. También forma el tren de trabajo el equipo denominado colocador de rieles, que aunque tiene tracción propia, se mueve conjuntamente con el tren de trabajo, a la salida y regreso del campamento.

Lógicamente antes de iniciar las labores y por lo tanto antes de la salida del tren, tiene que pedirse la autorización de la oficina despachadora y protegerse el lugar donde se va a trabajar.

Operación No. 4.- Los pórticos que vienen cargados en una de las plataformas del tren de trabajo, se descargan utilizando sus propios motores y mecanismos hidráulicos, de manera que los dos pórticos puedan circular sobre la vía auxiliar de 3.90 metros de escantillón, a que nos referimos en la operación No. 3; dichos pórticos con su propia tracción, tomarán de la plataforma correspondiente, la viga que viene cargada en la misma, y acoplándose los dos pórticos con la viga, constituyen un sólo equipo que se denomina pórticos-viga, que se podrá mover libremente a través de la vía de 3.90 metros de escantillón, para efectuar las operaciones que se van a explicar a continuación.

La vía clavada, ya con sus juntas frente a frente, se ha desemplanchuelado, y el conjunto pórticos-viga, mediante unas tenazas, agarra los hongos de los dos rieles de la vía clavada y los levanta, pudiendo tomar después del primer tramo, otro; o sea el segundo, y trasladándose con la tracción propia, irá depositando los tramos de vía clavada (escaleras), en las pla-

taformas vacías que vienen en el tren de trabajo.

Inmediatamente se traslada este conjunto pórticos-viga, sobre las plataformas donde están cargados los durmientes nuevos de concreto, y tomará utilizando unas uñas o paletas que tienen las vigas, para levantar por los extremos cada camada de durmientes de concreto, los cuales se descargarán en los lugares que se explicará en la operación No. 6.

Operación No. 5.- El balasto, libre de la vía clavada, que dó desnivelado, por los cajones o huecos donde estaban los durmientes de madera, por lo que es necesario conformarlo debidamente (ver figura 3-3.2-1).

La conformadora, que viene cargada en una de las plataformas del tren de trabajo, es descargada por sus propios sistemas hidráulicos, y la misma también circulará, sobre la vía auxiliar, formada por los largos rieles soldados, con escantillón de 3.90 metros, y con su propia propulsión se moverá hasta el balasto desnivelado, que como dijimos en el párrafo anterior, ha quedado libre de la vía clavada, y mediante las cuchillas y rodillos vibratorios, y demás mecanismos de la conformadora, después de varias pasadas sobre el balasto desnivelado, logrará emparejar y nivelar el mismo, así como también lo consolidará y conformará a la sección y al nivel que sea necesario.

Se deja una zanja, al centro de la vía, en la sección ya conformada del balasto, esta zanja tiene por objeto evitar el apoyo central de los durmientes monolíticos, para evitar los momentos negativos, que se producirían y que podrían provocar la fractura de los durmientes de concreto.

Operación No. 6.- Utilizando el conjunto pórticos - viga, que según se explicó en la operación No. 4, habían cargado ya una camada de durmientes nuevos de concreto, se trasladarán los mismos desde la plataforma de durmientes, hasta el tramo de balasto, que quedó debidamente nivelado y conformado, en la operación anterior.

Utilizando el sistema hidráulico, los pórticos depositarán sobre el balasto los durmientes nuevos, uno si y uno no, ya que en la plataforma los durmientes vienen en contacto unos con otros, es decir vienen espaciados 30 centímetros centro a centro, pero en cambio, utilizando los mecanismos individuales y alternos de las paletas o uñas de la viga, que agarran los durmientes, al descargarlos alternados, quedan espaciados en la vía a 60 centímetros centro a centro, de manera que en cada operación de descarga de durmientes, utilizando los pórticos, quedan distribuidos y espaciados los durmientes que entran en 24 metros de vía.

Operación No. 7.- Sobre los durmientes así colocados, dos trabajadores, uno por cada lado, irán distribuyendo a mano las placas de hule y colocando sobre los durmientes las grapas y pernos de fijación.

En esta operación debe tenerse especial cuidado en barrer la superficie del concreto, antes de depositar las placas, para evitar que se dañen las mismas.

Operación No. 8.- Esta operación consistirá, en trasladar los largos rieles soldados, del escantillón de 3.90 metros, hasta situarlos sobre las placas de hule, ya colocadas sobre los durmientes, al escantillón estándar de 1.435 metros, para lo cual se utiliza el equipo denominado colocador de rieles. Este equipo tiene propulsión propia, circula sobre la vía estándar de 1.435 metros; mediante la pluma en cantilever de nueve metros, que tiene hacia el frente, y con las tenazas que tienen sus brazos a cada lado, la misma agarra los largos rieles soldados por sus hongos, los levanta y los va cerrando del escantillón de 3.90 metros, hasta el de 1.435 metros, el cual es alcanzado en el momento que deposita suavemente los rieles, sobre las placas de hule que ya fueron colocadas sobre los durmientes. En parte del espacio de nueve metros que media entre el extremo de la pluma y el primer truck del colocador de rieles,



precisamente donde el riel ya ha hecho contacto con los durmientes, varios trabajadores irán colocando a mano los pernos y las grapas, dándole un apretado provisional a mano, para mantener el escantillón de 1.435 metros, entre ambos rieles, ya que sobre el mismo va a continuar avanzando el colocador de rieles.

Operación No. 9.- Inmediatamente atrás del colocador de rieles, y con la utilización de cuatro atornilladoras mecánicas, dos por cada hilo de riel, se terminará el apriete de las grapas, utilizando los calibradores adecuados, para garantizar que el apriete termine en el momento preciso en que se produce el segundo contacto de la grapa.

Operación No. 10.- Al terminarse la colocación de la víbora, al final de cada jornada de trabajo y con el fin de acelerar las operaciones, y no tener que cortar la víbora, ya que no siempre coincidirán los extremos de los largos rieles soldados con los extremos de la vía clavada, se utiliza para esto un dispositivo denominado acoplador, el cual viene cargado en una de las plataformas del tren de trabajo.

Este dispositivo, está constituido por unas agujas especiales, que vienen fijadas a un juego de madera especial y como el conjunto es pesado, el mismo es cargado y descargado en el lugar, para su colocación, utilizando los pórticos-viga.

El acoplador es descargado sobre el balasto, inmediatamente después de los últimos durmientes de concreto, colocados de manera tal que las víboras puedan ser adaptadas a las agujas del acoplador, antes de terminarse diariamente la jornada de trabajo y mediante una serie de pernos y dispositivos de fijación, podrá restablecerse la circulación de los trenes sobre el acoplador y a través del tramo de vía que acaba de rehabilitarse con vía elástica, con orden de precaución, hasta que se den por terminados los trabajos de afinación de la vía, que son las operaciones que a continuación se van a explicar.

Operación No. 11.- Durante esta operación y mediante una reguladora especial de balasto, quedará debidamente conformada la sección reglamentaria de balasto.

Operación No. 12.- Mediante una calzadora del tipo autoveladora, se procederá a consolidar y calzar el balasto, al mismo tiempo que se nivela la vía, siguiendo la rasante marcada con estacas de nivel, colocadas por los ingenieros.

Operación No. 13.- Mediante una alineadora especial, se procederá al alineamiento final de la vía, siempre teniendo un control topográfico, mediante estacas o mojoneas que son colocadas por los ingenieros, utilizando el tránsito.

En el momento más adecuado, entre las operaciones 8 y 13, los largos rieles soldados eléctricamente, deberán ser soldados entre sí, con soldadura aluminotérmica (soldadura de campo), llevando el debido control y registro de temperatura de los rieles, de manera que la fijación definitiva de los mismos se efectúe dentro de las tolerancias de la temperatura de liberación y además cumpliéndose con todas las disposiciones de las normas de construcción vigentes en México.

## CAPITULO 4

### NIVELACION Y ALINEAMIENTO

#### 4-1 INTRODUCCION

Entre todos los trabajos de conservación de vía, a pesar de estar todos ellos para mejorar la cama del camino y la estructura de la vía, y por lo mismo dar mayor seguridad al paso de los trenes, hay dos que afectan sensiblemente las cualidades de la vía, en lo que respecta al paso con comodidad, de los trenes sobre ella. Estos trabajos son el buen alineamiento de la vía, sin codos bruscos, o cambios en las curvas; y la nivelación, que mantendrá los trenes corriendo sobre una superficie uniforme, sin bruscas bajadas que obliguen a los trenes a oscilar, y a tener cambios súbitos en su movimiento.

Aún teniendo una terracería sólida, balasto limpio de suficiente espesor para proporcionar drenaje a la vía, durmientes en buenas condiciones y riel del calibre adecuado, perfectamente clavado o atornillado y además anclado; aún teniendo esas ventajas repetimos, los trenes pueden viajar con movimientos laterales súbitos, a velocidades reducidas y sujetos a la posibilidad de accidentes, si no existe una buena nivelación y un alineamiento adecuado.

Este capítulo trata pues, de las correcciones que son necesarias en línea, nivel y escantillón, para mantener la vía en condiciones de seguridad y aptitud para el seguro tránsito de trenes a las velocidades establecidas; ya sea que se trate de una vía nueva, o como lo mencionamos al principio del capítulo de la conservación de vías ya en uso.

#### 4-2 NIVELACION

Antes de explicar como se lleva a cabo la nivelación, es conveniente explicar los siguientes aspectos:

**NIVELACION GENERAL.**- Esto quiere decir poner a nivel las tangentes, aplicar la sobreelevación adecuada en las curvas, y ajustar la entrada y salida de las mismas curvas, todo ello en un trabajo continuo desde un sitio hasta otro. Para llevar a cabo ésto es indispensable el nivel de vía.

**ELIMINACION DE SITIOS BAJOS Y QUITAR GOLPES.**- Con cierta frecuencia se encuentran pequeñas depresiones en la vía, que no son notadas aún por mayordomos cuidadosos. Esto dá por resultado que al alinear en una dirección la vía, ésta parece quedar alineada y sin embargo, al verla en dirección contraria, se le notan defectos. Una revisión cuidadosa y el levante de esas depresiones, harán que los trenes pasen el tramo con entera seguridad y confort. Estos sitios pueden ser peligrosos especialmente en curvas.

Al quedar un riel más alto de lo que se necesitaba, por mal trabajo de calzado, no se corrige el defecto anterior y se deja un defecto permanente en la vía. El caso más malo que puede encontrarse es cuando hay un golpe (un riel o parte del mismo están bajos) en un lado de la vía e inmediatamente adelante hay otro sitio bajo o golpe en el riel del lado opuesto. Esto causa un súbito balance lateral fuerte, que es desagradable al pasaje y dañoso al equipo. El golpe que las ruedas dan al riel tiende a crear más sitios bajos, adelante, en la vía, deteriorando el alineamiento.

Al encontrarse juntas bajas, o un sitio bajo, "aguachinado", que hace una acción de bombeo con el paso de los trenes, debe dárseles atención inmediata, a fin de evitar un daño mayor a la estructura de la vía. Un pequeño levante de vía es el mejor remedio, y en su defecto hay que limpiar el balasto en

ese sitio, pues por el bombeo se ha llenado de lodo y arcilla, perdiendo su facultad de drenar la vía. En todos los casos es necesario estudiar el sitio y ver que causa el aguachinado, ya que pueden existir bolsas de agua que deben quitarse.

**NIVEL DE VIA.**- Esta herramienta es una regla de madera, con un nivel de agua, sirve para medir la sobre elevación del riel exterior en curvas, y poner los dos rieles de la vía al mismo nivel en tangentes. En su parte inferior, en un extremo tiene una serie de escalones de media pulgada para medir la correcta sobre elevación. Otros niveles tienen una pata marcada, movable, en un extremo en lugar de los escalones. Es muy importante que el nivel se mantenga correctamente ajustado, para lo cual tiene un tornillo de ajuste.

**NIVELETA.**- Para hacer levantes de vía, para llevar una pendiente uniforme al nivelar la vía, se usa la niveleta. Es esencialmente una regla de madera, equipada con un nivel, y montada sobre dos patas, graduadas a octavos de pulgada y que se apoyan sobre los rieles de la vía a levantar. El frente de la regla se pinta de blanco, con una franja negra de 2 pulgadas, o bien una lista negra y otra blanca. Se necesitan además dos bloques de madera de igual tamaño, uno pintado negro y otro blanco, y de altura igual a la distancia entre la parte superior del hongo del riel y el extremo superior de la marca de pintura negra en la regla.

#### 4-2.1 PROCEDIMIENTO DE NIVELACION DE UNA VIA CLASICA

Debe de drenarse el agua que contenga la vía y la sub-rasante, unos dos días antes de iniciar la nivelación, para dar tiempo a que sequen los lugares húmedos. Apriétense luego los tornillos de las juntas y reclávense o atornillense los durmientes, para que éstos estén perfectamente unidos al riel, cuando los sitios bajos se levanten. En seguida se localiza

con el nivel el lado más alto y viendo a lo largo del ángulo inferior del hongo, se localizan los sitios altos en ese lado. Con el nivel de vía, se ponen los dos rieles a la misma altura en esos sitios, levantando los lugares bajos e igualandolos a los altos; no siendo conveniente levantar más los sitios altos ya que se podría incrementar demasiado el espesor del balasto.

Una vez escogido el riel que tiene los sitios altos, se usa ese lado para mirar a lo largo de la arista inferior del hongo y se indica a la gente, donde colocar el gato y cuando levantar la vía, conservando siempre el nivel transversal.

Se deberá quitar de la vía sólo el balasto suficiente para dejar que el pico calzador o la barra calzadora trabajen lo más bien posible. Una vez que el riel escogido se ha puesto a nivel con el sitio alto determinado anteriormente, calzado los durmientes y conservado el nivel transversal, por medio del nivel de vía; se puede seguir con los demás rieles, tomando como referencia el que se dejó ya nivelado.

Si se va a hacer nivelación y quitar golpes a un tramo de vía bastante largo y sin usar la niveleta, es útil situarse a una distancia conveniente del gato. Una distancia de uno y medio o dos y medio rieles del gato (bloque blanco), se ha encontrado por experiencia, ser la más conveniente. Esto permite ver en el riel nivelado, la línea inferior del hongo y prolongarla hasta el sitio alto que se está tomando como punto de mira.

Para llevar una nivelación uniforme, que no se convierta en un levante de vía, se observa el doblez en el riel donde se está haciendo la nivelación y se compara con la línea recta de la vía ya nivelada, así se verá que tanto tiene que levantar hasta el próximo sitio alto.

Después de que la vía se ha puesto a nivel, que los durmientes han sido calzados tanto fuera de los rieles, como entre ellos, y que algunos trenes han pasado, se dará un vistazo final a la arista inferior del hongo del riel, para cerciorarse

si algún durmiente no fué bien calzado y se ha asentado nuevamente. En caso de ser así, se deberá levantar con la barra calzadora o el gato, si es necesario, y calzarlo nuevamente. Si no ha sido necesario, el balasto se acomoda hasta una pulgada abajo de la cara superior del durmiente, se arregia el hombro al extremo de los durmientes y el borde del balasto se acomoda de tal modo que forme una línea paralela a la vía, quedando así el trabajo terminado.

Es conveniente, repetimos, que se rectifique, después del paso de algunos trenes, los asentamientos que pudiesen haber ocurrido en el tramo en que se está trabajando; puesto que esto indicará la tolerancia que se tendrá que dar en el gato (tomando en cuenta el tipo de balasto que exista en el tramo), para que la vía después de asentada quede a nivel.

#### 4-2.2 NIVELACION UTILIZANDO NIVELETA

Se debe elegir a ojo, el punto desde el cual principiar el levante, escogiendose un punto alto. Desde allí se levanta gradualmente la vía, hasta llegar al nivel del levante que se vá a llevar a cabo; digamos dos pulgadas. Hay que pararse a un lado de la vía y mandar colocar la niveleta adelante, a una distancia aproximada de cinco o seis tramos de riel. Se coloca la niveleta sobre la vía, calzándola o subiéndola, si es de patas graduadas, a la altura del levante que se vá a hacer; en este caso dos pulgadas.

Se coloca el bloque negro, o bloque de visar, encima del riel, en el sitio en que se llegó a la altura del levante que se propone seguir (en este caso dos pulgadas); esto es, el bloque negro se coloca sobre el riel, sobre el último durmiente calzado, y a la altura determinada. Se envia el bloque blanco, llamado en algunos ferrocarriles conejo o bloque del gato, a uno y medio rieles adelante, junto con un gato de vía. Con la

vista en la orilla superior del bloque de visar (negro), se ordena al trabajador del gato que empiece a levantar la vía hasta que el bloque del gato (blanco) se asome ligeramente arriba de la lista negra en la niveleta. Después que el durmiente junto al gato ha sido calzado, se quita el gato y el bloque blanco estará entonces al nivel superior de la lista negra en la niveleta. Si quedó ligeramente arriba, se golpea el durmiente con el gato hasta que se asiente lo adecuado. En el caso que el durmiente se haya asentado mucho y se vea parte de la lista negra, será necesario recolocar el gato, subir la vía y recalzar el durmiente hasta que quede el bloque de gato rasante con la parte superior de la lista negra en la niveleta. Al mismo tiempo que un riel se levanta con los bloques y la niveleta, el otro riel deberá levantarse, con el nivel de vía, y calzando el mismo durmiente. Debe tenerse el mayor cuidado en estos trabajos, a efecto de hacerlos con la mayor exactitud.

En esta forma se continúa el trabajo, hasta llegar a un riel de distancia de la niveleta. Se dejarán los dos bloques en sus respectivos lugares; el bloque de mira (negro) en un sitio ya calzado a uno y medio o dos y medio rieles atrás del bloque blanco; el bloque de gato o conejo (blanco) en el último sitio adelante, hasta el cual se ha ejecutado el levante de vía. Entonces se mueve la niveleta y se coloca a cinco o seis tramos de riel adelante y a dos pulgadas sobre el riel, y usando los bloques negro y blanco como puntos de referencia fijos se mira la niveleta.

Tanto para los levantes a ojo, mirando solamente la orilla inferior del hongo; como los levantes con niveleta es necesario colocarse a uno y medio o dos y medio rieles de longitud del gato. Esto ya se explicó anteriormente, pero dada su importancia, debemos insistir en ello. El objeto de estar a esa distancia del gato es poder apreciar claramente el doblez en el riel en donde se está realizando el levante, y a suficiente



distancia para ver la línea recta, de la vía ya calzada y ver su proyección, adelante, así podrá llevarse un levante uniforme, que no vaya siendo demasiado alto o bajo.

Además, en los levantes con niveleta, el tener los bloques a una distancia de uno y medio a dos y medio rieles uno del otro, sirve para que algunos de los errores en el levante se compensen por sí mismos, puesto que la proyección de la línea de los rieles ya nivelados se hace desde un punto fijo permanente, y no desde el mismo riel que se está levantando. Sirve además para que se haga una doble comprobación, mirando además de con los bloques, con el lado inferior del hongo del riel.

Se usan también instrumentos ópticos que facilitan al nivelador ver la línea de la niveleta y el bloque de gato sin esfuerzo visual. Pero tienen la desventaja de que al verse tan claros la niveleta y el bloque, el nivelador, con el deseo de adelantar su trabajo, manda la niveleta a mucho mayor distancia, y entonces con frecuencia se encuentra que hay sitios intermedios en que la vía tendrá que levantarse demasiado alto, faltándole en este caso balasto para hacerlo, o al revés, la vía deberá bajarse en otros sitios. Naturalmente estos instrumentos requieren un cuidado mayor para colocarse, y debe darse al mayordomo una instrucción completa sobre su uso y cuidado.

En algunos casos se cuenta con estacas de nivel, las cuales son una ayuda magnífica para un levantador de vía. Son colocadas por el departamento de ingeniería en el hombro de la terracería, y se debe tener cuidado de conservarlas.

Cuando el trabajo se efectúa en curvas, se debe usar la niveleta en el riel interior de la curva. Este riel es el que se lleva con la pendiente adecuada, subiendo el riel exterior con el nivel de vía, a la sobre elevación adecuada, de acuerdo con el grado de la curva y la velocidad de los trenes que pasan.

Actualmente se utilizan máquinas niveladoras, que trabajan

do en conjunto con un gato calzador mecánico, van haciendo el mismo trabajo que un mayordomo (nivelador) hace con la niveladora y gatos, a saber; o sea subir los sitios bajos a un nivel fijado de antemano, calzando los durmientes en esos sitios bajos.

En general, las diferentes formas conocidas para nivelar la vía, ya sea por calzado mecánico, o levantamientos marcados con estacas; tienden a desconsolidar la vía y a hacerla perder su completa estabilidad aunque sea ocasionalmente, es por esto, que los trabajos deben ejecutarse siguiendo ciertas reglas generales, entre las que deben citarse:

- a) En las zonas de 50 metros a cada lado de las juntas de dilatación, la nivelación podrá ejecutarse en cualquier tiempo y forma, como si se tratara de una vía clásica (vía clavada).
- b) En el resto del riel soldado, no debe vaciarse la vía ni nivelarse durante las temporadas de fuertes calores y fríos intensos; por lo tanto, estos trabajos deben dejarse para las estaciones del año donde las variaciones de las temperaturas son moderadas.
- c) Si se presentara una emergencia y fuera necesario nivelar la vía a menos de cero grados centígrados o más de 40 grados, entonces será necesario reducir la velocidad de los trenes a 60 kilómetros por hora.
- d) En general deben imponerse precauciones, limitando la velocidad de los trenes si se comprueban tramos de vía desconsolidados.

La nivelación longitudinal y transversal de la vía sin juntas, puede ejecutarse por calzado mecánico o por calzado dosificado. Aunque los largos rieles soldados nivelados por calzado dosificado, resultan después de consolidados tan estables como los nivelados con calzadoras mecánicas, es preferible utilizar estas últimas, debido a que con ellas se alcanza con ma-

yor rapidez la resistencia necesaria que impide el desplazamiento lateral de la vía.

Si se utiliza el calzado dosificado, es preciso prever reducciones de velocidad a 60 kilómetros por hora, durante el periodo de consolidación que dura de 15 a 20 días, mientras que utilizándose las calzadoras mecánicas, este periodo puede reducirse a la mitad.

#### 4-3 ALINEAMIENTO

Después de efectuado el trabajo de nivelación, la vía debe ser alineada, a efecto de que los trenes puedan correr sin desviaciones bruscas. El primer problema que se presenta es de finir donde empezar el alineamiento, pero la respuesta es sencilla, se principia donde se comenzó el trabajo de nivelación. Se deberá caminar más atrás del sitio escogido, una distancia de cinco o seis rieles, y regresar luego viendo cuidadosamente la vía para encontrar un riel que se vea bien alineado. Después usando este riel como guía, se empieza a alinear el siguiente riel. No importa que tan pequeño parezca ser el desalineamiento siguiente; si se le puede apreciar con la vista, debe corregirse.

El número de hombres para alinear la vía, variará con el peso del riel y la clase de balasto que tenga la vía. Así desde 4 a 16 hombres pueden usarse, repartiendo la mitad en cada riel.

El mayordomo puede alinear parado o sentado sobre el riel de línea. Esto depende de la experiencia que tenga y de su vista. Un mayordomo experimentado en alineación y con muy buena vista, puede hacer un buen trabajo parado. Sin embargo muchos alineadores prefieren hacer el trabajo sentados sobre el riel. Esto les proporciona una mejor vista de lo que están haciendo y tienen una buena perspectiva de la vía.

Al alinear parado debe hacerse a una distancia de cinco rieles de 39 pies de la cuadrilla (60 metros) y conservar esa distancia en todas las ocasiones. Cuando se alinea sentado debe hacerse a cuatro rieles de distancia (47 metros).

#### 4-3.1 PROCEDIMIENTO DE ALINEAMIENTO

Los sistemas que varios alineadores usan, varían poco en general, puesto que los cambios de un sistema a otro, son debidos principalmente a particularidades de cada individuo. En general es preferible alinear en días nublados, y de preferencia de cara al sol, ya que así se notan más las imperfecciones de la vía. El alineador se sienta sobre el riel, se coloca de modo que una línea a plomo desde el centro de la cara caiga al centro del hongo del riel. El objeto de esto es que el alineador vea perfectamente al centro y a lo largo de la vía, y no a un lado del riel.

Así cuando un riel ha sido perfectamente alineado, usando como guía el riel anterior, se prosigue con los demás rieles, y cuando deba moverse la cuadrilla hacia adelante, deberá moverse el alineador para conservar la misma distancia de cuatro rieles entre él y su cuadrilla. Se alinea cada riel en particular usando como base los anteriores, es decir proyectando los ya alineados hacia adelante, en el riel por alinear. No se debe tratar de alinear o de apuntar los rieles a un punto no lejano, pues esto equivale a ir alineando cada riel como si fuera una unidad separada, y con frecuencia al ver atrás se notan deflexiones y quiebres en la vía, y hay que volver a alinear dos o tres veces, antes de que la vía quede debidamente alineada.

Por otro lado tenemos que el alineado en curva se hace en la misma forma que al alinear una tangente. Se usa también el sistema de proyección, tratando de continuar, en el riel que se

alineando la misma curvatura del riel alineado anteriormente.

Con frecuencia los mayordomos tratan de jalar hacia afuera los lugares aplanados de una curva, para hacerla aparecer redonda. Pero es preferible buscar algún lugar donde la curva se sale, y allí se da un jalón hacia adentro, siguiendo la curva del riel anteriormente alineado, aunque generalmente eso sólo elimina los lugares aplanados. En curvas muy desalineadas, puede ser necesario dar unos jalones hacia afuera, que sirven para compensar la expansión del riel. Al alinear curvas es necesario que el mayordomo no se siente en el riel, sino que trabaje parado sobre la vía, a unos 37 metros de distancia de la cuadrilla. En curvas el alineamiento se hace siempre sobre el riel exterior, el cual se toma como riel de línea.

Al igual que en la nivelación, para el alineado existen máquinas que realizan esta operación. Por lo que cabe señalar que la rectificación del alineamiento en las curvas se hace obligatoriamente por el método de cuerdas, si no se dispone de maquinaria especial que lo realice.

#### 4-3.2 ALINEACION DE CURVAS CON CUERDA

Una curva de ferrocarril se emplea para unir dos líneas rectas o tangentes. Así también todo tramo de vía en curva es parte de un círculo.

Un círculo está formado por una línea continua curva, que está siempre en cualquiera de sus puntos, a la misma distancia del centro, y que se llama circunferencia. Una parte de cualquier tamaño que se toma o se marca de una circunferencia, se llama arco de círculo. Así que una curva de ferrocarril es una parte de circunferencia; o sea el equivalente a un arco de círculo. Una línea recta que una los extremos de un arco, se llama cuerda del arco. La línea recta que pasa por el centro y divide al círculo en dos partes iguales, se llama diámetro. Una lí

nea recta que vaya de la circunferencia al centro, se llama radio, y es igual a la mitad del diámetro. Cuando una línea recta únicamente toca a una circunferencia en un punto y forma un ángulo recto con el radio en el punto de contacto, se dice que es tangente al círculo. La distancia medida de la cuerda al arco o curva, se llama ordenada. Cuando esta distancia se mide desde exactamente la mitad de la cuerda a la curva, se le llama ordenada media. En aquellos casos en que se coloca una cinta, de una longitud determinada, bien estirada y apoyada por sus extremos en el lado de escantillón del riel exterior de una curva de ferrocarril, y se mide la distancia de la mitad de la cinta al riel, se estará midiendo la ordenada media de ese tramo de curva, y la cinta es la cuerda del mismo tramo de curva o arco de círculo.

## CAPITULO 5

### C O N S E R V A C I O N

#### 5-1 GENERALIDADES

Si el desarrollo de alguna región o país, hace necesario la construcción de nuevas vías; de capital importancia e ineludible obligación resulta el mantenimiento de éstas y de las ya existentes, ya que por la influencia de diversos factores las vías se deterioran, por desgracia rápidamente, en los elementos que constituyen la superestructura, por ejemplo los durmientes se hunden y pudren, las fijaciones se aflojan, los rieles y las planchuelas que los sujetan se desgastan, etc., ocasionando que tanto la nivelación longitudinal, como la transversal de la vía sufran alteraciones, a tal grado que lleguen a ser motivo de accidentes al equipo rodante.

Por otra parte, los incrementos de velocidad, los de la carga transportada y el empleo cada día de equipo rodante y de tracción más pesado, implica tener una mayor vigilancia en la vía y la ejecución de numerosos trabajos que deben desarrollarse con el mayor esmero posible, a fin de conservar el estado de la vía en un alto nivel de calidad para asegurar el confort de los pasajeros, la seguridad de los trenes y en último análisis aumentar la vida de los materiales utilizados.

Para poder alcanzar el objetivo anterior, se hace necesario dividir la conservación de una vía en dos etapas:

1.- La conservación común y corriente, que tiene por objeto la corrección de defectos menores, antes de que lleguen a un desarrollo tal que amenacen la seguridad y la que podemos subdividir en cinco principales operaciones fundamentales:

- a) Mantenimiento de la permeabilidad del balasto, para una correcta y constante evacuación de las aguas pluviales, la que puede ser por infiltración en los propios terraplenes ó por libre escurrimiento a las cunetas.
  - b) El relevo con toda oportunidad de los materiales defectuosos, gastados o destruidos por causas ajenas a la vida normal de los mismos.
  - c) Esmerado cuidado de los sistemas de fijación riel-durmiente y constante mantenimiento de las juntas emplanchueladas, cuidando el apriete de los tornillos y la separación de los rieles.
  - d) Mantenimiento del apoyo de los durmientes sobre el balasto, para evitar la formación de golpes, procurando alterar lo menos posible la compactación de la cama del durmiente cuando sea necesario sustituir éste.
  - e) Rectificación del alineamiento y niveles (longitudinal y transversal) de la vía.
- 2.- Las rehabilitaciones, cuyo fin principal es el reemplazo sistemático de los elementos constitutivos de la superestructura de la vía, por haber llegado al límite de tolerancia en su desgaste o fatiga y evitar en consecuencia el tener una conservación deficiente, difícil y sobre todo molesta.

Sin embargo, se puede decir también que la rehabilitación de una vía es obligada cuando se trata de obtener un mejoramiento de la misma, para soportar un mayor volumen de tráfico o una mayor velocidad de los trenes que la circulan.

Por último, en algunas ocasiones, se deben llevar a cabo rehabilitaciones de ciertas líneas, con el fin de recobrar material que pueda necesitarse para la conservación de otras armadas con materiales ya caducos o por ciertos motivos descontinuados.

Con base en lo anterior y tomando en consideración que la



ejecución de una rehabilitación puede llevarse a cabo con materiales nuevos o utilizando de recobro, nos encontramos que se pueden realizar:

- Renovación de balasto únicamente.
- Renovación de vía propiamente dicha con material nuevo.
- Renovación de vía propiamente dicha con material de recobro.
- Renovación de vía con material nuevo, ejecutada al mismo tiempo que la renovación del balasto.
- Renovación de la vía con material de recobro, ejecutada al mismo tiempo que la renovación del balasto.
- Cambio de riel únicamente empleando riel nuevo.
- Cambio de riel únicamente empleando riel de recobro.

Para la programación de las rehabilitaciones anteriores, se deben de tener presentes las siguientes normas generales:

- El balasto debe ser rehabilitado cuando su permeabilidad se ha perdido a tal grado, que los trabajos de cribado llevados a cabo en labores normales de conservación, tanto entre durmientes como en las banquetas, resultan insuficientes.

- Los rieles deben ser cambiados por su desgaste, que en los ferrocarriles nacionales se ha adoptado como máximo el 25% del área del hongo, o bien cuando los extremos de los mismos presentan serias defectuosidades.

- Por otra parte, es conveniente hacer notar, en cuanto a los durmientes se refiere, que los de madera muy raramente se tienen que rehabilitar, ya que éstos deben ser reemplazados según sea necesario dentro de los trabajos, en una conservación normal.

Excepcionalmente puede darse el caso de que casi todos los durmientes de un suministro homogéneo, lleguen poco más o menos al mismo tiempo al límite de su vida útil, requiriéndose entonces el cambio total de ellos, o bien, presentarse ocasiones en que al rehabilitarse una vía en sus rieles o balasto,

armada con durmientes de madera, éstos sean sustituidos por durmientes de concreto, de cualquiera de los tipos conocidos, francés o alemán principalmente.

Ahora bien, aprovechando la realización de alguna rehabilitación de las mencionadas, del balasto sobre todo, puede renovarse la infraestructura de una vía, en cualquiera de sus dos partes fundamentales; o sea el trazo y las terracerías.

Las necesidades de una rehabilitación del trazo se clasifican de dos naturalezas:

- 1.- El mejoramiento en sí del mismo, obligado para satisfacer las necesidades que implican los aumentos de las velocidades de operación y que se traducen en desgastes prematuros de materiales, fatiga y deterioro de los sistemas de fijación y unión de los rieles.
- 2.- La corrección de las deformaciones sufridas en el trazo original, si éstas han llegado a ser de tal grado que no se pueden corregir durante la conservación normal.

La rehabilitación de las terracerías se hace imperativa cuando éstas han perdido su estabilidad, que depende de la naturaleza del terreno que las constituye y sobre todo su contenido de agua, no importando que ésta sea de origen pluvial, infiltrada, subterránea, etc.

A este último respecto, jamás será inútil hacer hincapie en que la humedad que se conserva en la vía es el principal agente para perjudicar y alterar la buena conservación de las terracerías, así como que nunca serán demasiadas las obras que se lleven a cabo, o dispositivos que se tomen para asegurar el escurrimiento y evacuación del agua, dispositivos que deben ser tanto más cuidadosos y eficaces cuando más arcillosa es la plataforma, ya que por un reblandecimiento progresivo del subsuelo, debido a la acción del agua que no puede escurrir en los terrenos impermeables, algunas veces solamente la parte superficial de ésta se remoja y bajo el efecto del golpeo de los

durmientes, el barro (arcilla) remonta a la vía acentuándose este fenómeno en la junta de los rieles; en otros casos, el reblandecimiento se extiende a una masa importante del subsuelo y bajo la acción de las cargas, el balasto se hunde en la masa que refluye y en ocasiones, cuando por el caso anterior se ha creado una cubeta, el hundimiento del balasto forma un fondo de barro dentro del cual se almacenan las bolsas de agua.

Esta agua incrementa el reblandecimiento y las deformaciones de la plataforma, infiltrándose progresivamente en las fisuras que ya con anterioridad existían en los terraplenes y provocando la formación de una o más líneas de deslizamiento, que trae consigo el hundimiento de la parte superior del terraplén, con el consiguiente desplazamiento horizontal o bien una elevación de la base del talud.

## 5-2 ORGANIZACION DE LA CONSERVACION

Anteriormente se expusieron las cinco operaciones fundamentales, por medio de las cuales se mantiene la calidad de una vía, ahora bien, cómo y por quien deben efectuarse, para obtener los resultados deseados.

Es indudable, que para poder tomar las medidas necesarias y programar debida y oportunamente los trabajos, sólo hay un camino, el de las inspecciones; éstas son de dos tipos:

- 1.- Inspecciones periódicas que son establecidas teniendo en cuenta las condiciones topográficas, la naturaleza y el estado de la superestructura, la naturaleza e importancia de las obras de arte, de los cortes y por último la naturaleza del subsuelo.
- 2.- Inspecciones extraordinarias o especiales, que son incluidas en temporada de lluvias, de fuertes calores y para la protección de trenes especiales.

Dada la organización que en los ferrocarriles nacionales

se tiene, las inspecciones mencionadas son llevadas a cabo por las siguientes personas:

- a) Jefes de vía, cuyos recorridos son hechos normalmente en autoarmón, de manera que cuando menos cubran dos recorridos mensuales sobre la división a su cargo, haciendo inspecciones a pie cuando lo amerite un tramo en especial, de la vía, e invariablemente de esta manera la inspección de los cambios.
- b) Supervisores de vía, cuyos viajes normales son hechos en autoarmón a velocidad máxima de 20 kilómetros por hora, pero debiendo a intervalos recorrer a pie tramos de su distrito, para que éste sea caminado totalmente por lo menos una vez al año. Verifican cada seis meses la sobreelevación y alineamiento de las curvas, e inspeccionan los cambios de la vía principal, por lo menos una vez al mes.
- c) Mayordomos de sección, que recorren a pie con la frecuencia que requiera el tramo a su cuidado, verificando en cada recorrido los cambios y demás instalaciones de su sección.
- d) Guarda vías, que recorren diariamente a pie el tramo de su sección, haciendo una revisión y corrigiendo los defectos de los cambios y juntas, haciendo en general aquellos trabajos que puedan desempeñar por sí solos.

Con base en los resultados de dichas inspecciones, los trabajos de conservación de la vía están directamente encomendados a las cuadrillas de sección cuando éstos son ejecutados en reparaciones parciales o por tramos, siendo los mayordomos de las mismas los únicos responsables directos de las condiciones físicas que tenga la vía en su sección.

Estas cuadrillas generalmente están compuestas de un mayordomo, seis u ocho reparadores y un guarda-vía, siendo el tramo a su cuidado de longitud entre 12 y 15 kilómetros, debiendo estar provistas para el mejor desempeño de los trabajos, de la herramienta y útiles que les sean necesarios; como por ejemplo

brocas, barrenas, cajas de volteo para armón, carretilla de mano, cinta de medir de 20 metros, llaves de vía para tornillos, gato de curvar, gatos de vía, tenazas para durmiente, tenazas para riel, martillos de vía, marro de 12 libras, taladro, nivel de vía, banderas rojas, cajas de volteo, y calzadores; entre muchas otras más.

Cuando se trata de reparaciones continuas o generales, los trabajos son ejecutados por las llamadas cuadrillas regulares y sistemales, cada una compuesta de un mayordomo y 24 reparadores no teniendo para su atención longitud de vía especificada, y contando para el desarrollo de los trabajos con herramientas similares a las de cuadrillas de sección, aunque aumentadas en su cantidad en forma proporcional al número de reparadores.

Recurriendo al reglamento de conservación de vía y estructuras para los ferrocarriles Mexicanos nos encontramos con las definiciones de:

- Reparaciones parciales o por tramos, comprenden cualquier clase de reparaciones en uno o más puntos separados a distancias variables y entre los cuales no es necesario en el momento, hacer ninguna reparación.

Estos trabajos pueden ser de cualquier naturaleza y a continuación se mencionan los más señalados:

- 1.- Supresión de codos, trabajo correspondiente al alineamiento pero que sólo se ejecuta en los puntos en que se observa sensiblemente estos defectos sin que se tenga que alinear toda la extensión de la vía.
- 2.- Quitada de golpes, trabajo correspondiente a la nivelación y que se corrigen en orden según la importancia de los mismos, pero sin que se requiera ejecutar una nivelación completa del tramo.
- 3.- Cambio de durmientes, relevando exclusivamente los que sueñan hueco y sueltan al clavo; además de que presentan raja duras o destrucción por los bordes de la placa o del patín

del riel (cabe señalar que estos fueron localizados previamente en el recuento que anualmente se ejecuta, y marcados con dos rayas de color amarillo), procurando alterar lo menos posible la cama del que se cambia y la de los adyacentes.

- 4.- Desbastado o entalle de durmientes, con el fin de obtener un apoyo completo bajo el riel o placa.
- 5.- Sustitución de rieles, en los que hayan aparecido defectos peligrosos o bien que por alguna causa se hayan fracturado
- 6.- Accesorios de vía, destacando en este aspecto el reclavado de clavos zancos, la reposición de planchuelas y tornillos defectuosos.
- 7.- Limpia de desagües, procurando mantener siempre abiertas y limpias las cunetas, contracunetas, zanjas y desagües de la vía, así como retiro de toda la ramazón, maleza y azolve en los puentes o alcantarillas.
- 8.- Herraje de cambio, vigilando de manera continua el buen funcionamiento y ajuste de todas las partes que lo componen, sustituyendo las defectuosas.

- Reparaciones continuas o generales, abarcan un tramo largo de vía comprendiendo diversas clases de trabajos que se ejecutan al mismo tiempo, sin incluir elevación de la vía con balasto nuevo.

Entre los trabajos que se realizan en esta clase de reparaciones destacan los siguientes:

- 1.- Cambio de durmientes, si es posible la totalidad de los clasificados de dos rayas.
- 2.- Espaciamiento de durmientes.
- 3.- Nivelación, alineamiento y calzado de juntas.
- 4.- Corrección del escantillón.
- 5.- Apriete y reposición de tuercas y tornillos rotos y faltantes.
- 6.- Reclavado de clavos zancos incluyendo la reposición de

los faltantes y rotos, taqueteando si es necesario.

7.- Ajuste y reposición de anclas.

8.- Reposición de planchuelas agrietadas o rotas.

9.- Inspección minuciosa de la vía, rieles y accesorios.

En relación a este último punto y para mayor aprovechamiento de los rieles que se gastan en las curvas, cuando el riel exterior tiene un desgaste del 12% de la superficie del hongo se cambia al lado interior de la curva y el riel interior al lado exterior de la misma, o bien se voltea el riel exterior punta por punta cuando el desgaste es del 12% volviéndolo a curvar y controlando el nuevo desgaste que se produce hasta que alcance el 13% del área original del hongo, que sumado al 12% anterior nos da el 25% requerido para su condenación.

Existe otro aspecto de conservación de una vía que consiste en la reconstrucción y balasto de la misma, cuyo trabajo comprende la reparación general y su nivelación con la aplicación de nuevo balasto, renovación de durmientes y elevación de la vía en tramos continuos.

Este trabajo es ejecutado exclusivamente con cuadrillas sistemales a las que se ha proporcionado para los fines de la nivelación, de máquinas multicalzadoras y reguladoras de balasto y, ocasionalmente de alineadoras de vía.

Finalmente, con base en lo anterior podemos darnos cuenta que el aspecto de la conservación es muy importante, ya que si por algún motivo se dejara de realizar ésta, sucederían daños graves en la estructura y en general en toda la vía; lo cual redundaría en hacer inservible dicha vía.

BIBLIOGRAFIA

- Francisco M. Tognó, 1982. Ferrocarriles, 2a. ed.  
Editorial Representaciones y servicios de Ing., S.A.,  
México, D.F., 506 pp.
- S.C.T., 1981. Normas de Construcción, 1a. ed.  
Comite de especificaciones, Precios unitarios  
y contratación de obras, IV, México, D.F., 109 pp.
- S.C.T., 1969. Conservación de vía; Manual para trabajadores  
de vía, Dirección general de ferrocarriles  
en operación, Departamento de conservación, vías  
y estructuras, México, D.F.
- Ings. Matias Carrasco Carmona y Miguel Palmer Sanchez,  
I (13), 1969, Normas para la construcción y conserva-  
ción de vía elástica, Ferrocarriles Mexicanos, Comi-  
sión Nacional Mexicana de la Asociación del congreso  
Panamericano de Ferrocarriles, 4-42.
- Ings. Matias Carrasco Carmona y Miguel Palmer Sanchez,  
II (4), 1973, Sistemas constructivos Modernos de vía  
Ferrocarriles Mexicanos, Comisión Nacional Mexicana  
del Congreso Panamericano de Ferrocarriles; Organismo  
técnico de la O.E.A., 4-28.



Ings. Mario Tena Bernal y Rodolfo Télles Gutiérrez,  
II (8), 1974, Fabricación y Comportamiento de Durmientes de concreto en México, Ferrocarriles Mexicanos, Comisión Nacional Mexicana del congreso Panamericano de Ferrocarriles; Organismo técnico de la O.E.A., 3-41.

Ings. Pablo Moreno Lamont y Julio S. Vargas Zepeda,  
II (14), 1982, Influencia de la mecanización de los trabajos de Reconstrucción de vías ferreas en la economía del transporte, Ferrocarriles Mexicanos, Comisión Nacional Mexicana del Congreso Panamericano de Ferrocarriles; Organismo técnico de la O.E.A., 56-61.

Ing. Guillermo Rodríguez Mac Niece, 1983 (2), Vía Moderna de los Ferrocarriles Nacionales de México, Ingeniería, Organo oficial de la Facultad de Ingeniería U.N.A.M., 19-34.

Dr. Lajos Garay, 1975 (77), Producción mecanizada de Durmientes de concreto presforzado, Revista IMCYC, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, A.C., 13: 11-24.

Ings. José Manuel Ayón Olvera y Carlos Enrique Castañeda Narváez, 1983 (151), Durmientes de Concreto para el metro de la Cd. de México, Revista IMCYC, Instituto Mexicano del Cemento y el Concreto, A.C., 21: 21-34.