

2
2ej.



Universidad Nacional Autónoma de México

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES
ARAGON



REESTRUCTURACION DE UN PROGRAMA
DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA
EL GRUPO MOTOR-GENERADOR DE LAS
LOCOMOTORAS DIESEL ELECTRICAS.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICO
P R E S E N T A :
JOSE PORFIRIO ANAYA RODRIGUEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

I N D I C E

	Página
Introducción General.....	1
Capítulo I (introducción).....	2

C A P I T U L O I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes.....	3
1.1.1 La locomotora de vapor.....	3
1.1.2 La locomotora Diesel.....	7
1.1.3 La locomotora Diesel-Eléctrica.....	8
1.1.4 La locomotora eléctrica.....	10
1.1.5 Breve historia de la locomotora en México.....	12
1.2 Avances tecnológicos en la locomotora.....	13
1.2.1 Nueva locomotora para la línea B.A.M. de la - antes U.R.S.S.....	14
1.2.2 La locomotora Henschel es la primera con nuevo- sistema de transmisión de potencia trifásica....	15
1.2.3 Pruebas del colector de corriente de la compa - ñía British Railway para locomotoras eléctricas a alta velocidad.....	16
Capítulo II (Introducción.....	18

C A P I T U L O II

CONSIDERACIONES TEORICAS

2.1 Definiciones generales.....	19
2.1.1 Descripción del funcionamiento del Motor-Diesel	20
2.2 Grupo motor-generator.....	26
2.3 Mantenimiento y tipos de mantenimiento.....	47

C A P I T U L O I I I
P L A N T E A M I E N T O

3.1	Introducción.....	51
3.2	Observaciones actuales acerca del mantenimiento preventivo.....	51
3.3	Programa vigente de mantenimiento preventivo - para el grupo motor-generador de las locomotoras Diesel-Eléctricas.....	54
3.4	Necesidades de la implantación de un programa de mantenimiento preventivo actualizado.....	60
Capítulo IV (Introducción).....		62

C A P I T U L O I V
D E S A R R O L L O

4.1	Programa de mantenimiento preventivo propuesto cuatrianual.....	66
4.2	Organigrama de la Subgerencia de Fuerza Motriz	93
4.3	Modificación básica de las instalaciones para mejorar el mantenimiento.....	94
4.4	Gráfica para determinar los tiempos del mantenimiento preventivo.....	97
4.5	Localización de fallas.....	106
Capítulo V (Introducción).....		110

C A P I T U L O V
A N A L I S I S E C O N O M I C O

5.1	Costo del mantenimiento vigente.....	114
5.2	Costo del programa de mantenimiento propuesto.	121

	Página
5.3 Análisis comparativo de costos totales entre - el mantenimiento vigente y el mantenimiento - propuesto.....	130

C A P I T U L O V I

CONCLUSIONES.....	133
BIBLIOGRAFIA.....	135

INTRODUCCION GENERAL

La presente tesis; tiene el propósito de hacer una propuesta a la necesidad de reestructurar el mantenimiento vigente, realizado sobre el grupo motor-generator de las locomotoras Diesel-Eléctricas en Ferrocarriles Nacionales de México, ya que actualmente se cuenta con un número considerable de locomotoras descompuestas en los talleres del ferrocarril.

Esto es, debido a que no se cuenta con un programa de mantenimiento apropiado que satisfaga los requerimientos existentes del mismo, además de no aprovechar todos los recursos disponibles a su alrededor, tanto humanos como de instalaciones, para obtener un rendimiento máximo; teniendo una disminución de fiabilidad del equipo tractivo, además deteriorándose la vida útil de éstos.

Partiendo de que no se tiene la cantidad suficiente de locomotoras (fuerza tractiva) que satisfaga la demanda del servicio de transporte, es indispensable que el número de locomotoras con que cuenta el país; se mantenga en óptimas condiciones de operación.

Por lo que al tener locomotoras descompuestas, se tiene como consecuencia que el servicio se retrase, no cumpliendo con la continuidad del mismo.

Con lo cual, surge la necesidad de hacer una reestructuración del programa de mantenimiento vigente así como de las instalaciones en el que se realiza el mantenimiento, para obtener fluidez y continuidad en el servicio de transporte.

CAPITULO I

INTRODUCCION

La aparición de la locomotora en Europa trajo como consecuencia grandes cambios en la sociedad, pues al existir una máquina que trabajara en forma continua y que representará la -- fuerza de trabajo de varios hombres, originó desde un principio que la mano de obra de la clase trabajadora fuera desplazada por este nuevo invento. Produciéndose por lo tanto serios - problemas en la sociedad.

La energía del vapor no solo fué aplicada a la locomotora para que se desplazara sobre una vía y transportara bienes y - personas, sino que también tuvo aplicación en las primeras máquinas rudimentarias industriales (Epoca de la Revolución Industrial); aplicadas a la industria en general, lo cual repercutió en un incremento acelerado de la producción y en la disminución de los costos directos de fabricación, por lo que fué un importante avance de la época.

A través del tiempo, la locomotora ha tenido importantes avances tecnológicos; los cuales han contribuido para el mejoramiento de su potencia, velocidad y seguridad en el transporte. Dicha locomotora ha pasado por diferentes etapas, desde -- las rústicas locomotoras de vapor hasta las modernas locomotoras eléctricas.

En este capítulo se describirán algunas de las características más importantes de cada uno de los tipos de locomotoras que han venido perfeccionándose en el a través del tiempo.

CAPITULO I GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

Las primeras locomotoras en los comienzos del siglo -- XIX; remolcaban lentamente vagonetas de minas sobre vías industriales. La débil producción en las calderas limitaba estrachamente la potencia. El generador tubular, objeto de la patente obtenida en 1828 por el ingeniero francés Séguin -- reunió la potencia a la ligereza. Pero Séguin hizo desde luego uso de ventiladores para soplar el fuego.

1.1.1 La locomotora de vapor

La primera máquina de vapor fue fabricada en Inglaterra en 1808 por Trevithick, llamada pomposamente "alcánzame si puedes" por su velocidad de 24 km. por hora.

Para 1825, en Inglaterra, Stephenson construye la primera locomotora (después de la de Trevithick) y en 1829 se remolca un tren de 40 toneladas de peso, que corre a 26 kilómetros por hora, jalado por una locomotora tipo Stephenson en el primer ferrocarril comercial que fue el de Liverpool a -- Manchester.

En el concurso instituido en 1829 sobre el camino de -- hierro de Liverpool a Manchester, la locomotora de Stephenson, provista de una caldera con tubos para salida de humo y soportada por dos ejes, alcanzó la velocidad de 50 kilómetros por hora, con un solo coche remolcado, velocidad poco -- más tarde rebasada por esa misma locomotora.

La locomotora "Planet" (figura 1) construida por Ste--- phenson en 1832 la soportaban igualmente dos ejes, pero la -

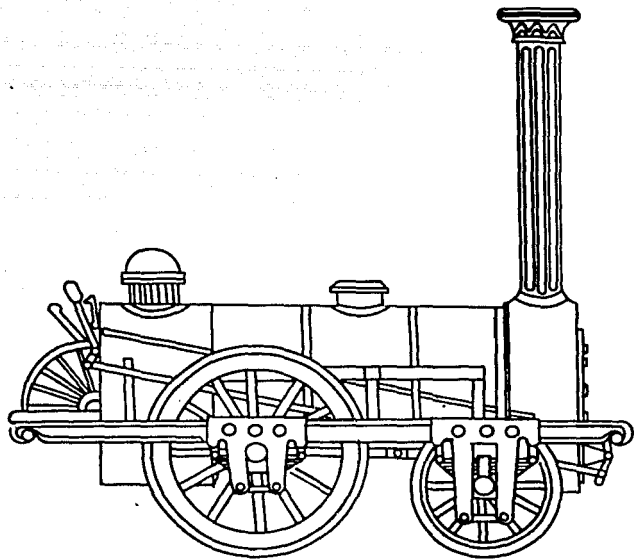


Figura 1. Locomotora del tipo "Planet"

disposición es mejor; los cilindros interiores cuyo eje es -
llevado a la posición horizontal accionan al eje de atrás.

En 1834 se construyeron las locomotoras de tres ejes in-
dependientes, siendo el eje de en medio, el de tracción.

En los Estados Unidos, la construcción de locomotoras -
comenzó hacia 1830; emplearon desde luego el carro (bogie), -
característica de los tipos americanos (figura 2).

En 1851, el concurso instituido para la tracción sobre-
la línea de las montañas de Semmering, Austria reunió numero-
sas locomotoras muy potentes, notablemente la de Engerth.

En 1870, La Compañía del Norte hizo construir para sus-
trenes expresos, locomotoras de un tipo ya usado en Inglate-
rra, de tres ejes.

Las locomotoras de gran velocidad del ferrocarril de Or-
leans tenían primitivamente tres ejes bajo el cuerpo cilín-
drico de la caldera, estando los dos ejes de atrás acoplados;
un cuarto eje portador, les fue agregado hacia 1873.

Locomotora de Vapor. Una locomotora de vapor puede con-
siderarse compuesta de cinco partes fundamentales: la calde-
ra generadora de vapor, el mecanismo para transformar la ---
energía del vapor en fuerza utilizable, los bastidores que -
sirven de apoyo a la caldera y mecanismo en general, el sis-
tema de frenos de aire y finalmente las ruedas y ejes que so-
portan el peso total de la caldera, mecanismo, frenos y bas-
tidores.

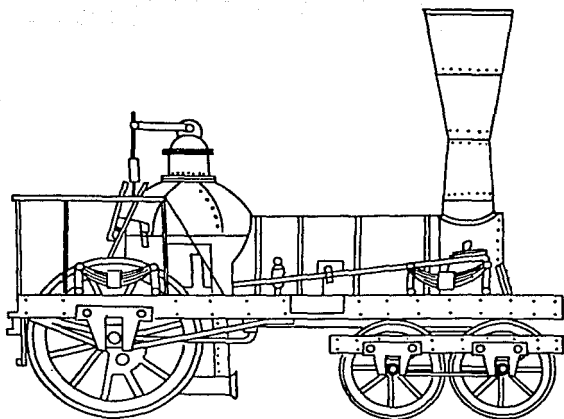


Figura 2. Locomotora construida por Baldwin, en Filadelfia en 1834

1.1.2. La locomotora Diesel

A partir de las cargas de mayor consideración, (tal como remolcar carros de 50 a 80 toneladas cada uno) ello representa una fuerza de tracción demasiado grande en las pendientes y un freno también demasiado importante, para poder resolver con los trenes de engranes, flechas, diferenciales y demás transmisiones de los autotransportes, los cuales so lo operan cargas muy pequeñas, en comparación a los ferrocarriles.

Lo anterior señala que las locomotoras Diesel deben -- ser pequeñas máquinas de patio, especialmente diseñadas para poder usar el motor con altas revoluciones y máxima potencia, usando transmisiones muy complejas para poder transmitir a las ruedas, grandes fuerzas tractivas muy variables sin tener que variar grandemente la velocidad y el número de revoluciones.

La caja de velocidades necesaria para operar la biela de los ejes motrices, es tan complicada, que las locomotoras Diesel son pequeñas (30 toneladas) y de restringido uso y limitada utilidad en patios, industrias maderas y minas exclusivamente.

Las dificultades para absorber en la transmisión, la fuerza variable del motor y usarla gradualmente en la tracción variable de las ruedas, es el problema que han dado -- origen a la transmisión hidráulica, lo cual pone fin al empleo de las locomotoras Diesel.

1.1.3 La locomotora Diesel-Eléctrica

Como consecuencia lógica de la competencia tan grande-- que existe en la Unión Americana y debido a la rapidez que - requieren ciertas transacciones comerciales, las compañías - ferrocarrileras se han visto precisadas a adquirir equipos - muy rápidos para unir poblaciones de importancia en el menor tiempo posible. Con este objeto se utilizan los trenes movi- dos generalmente todos con locomotoras Diesel-Eléctricas, co- mo otro auxiliar para disminuir pérdidas de tiempo debidas - a cambio de locomotoras; pues éstas cubren los recorridos -- completos, mientras que las de vapor tienen un campo de --- acción máximo de ocho horas. La construcción de estos equi- pos se hizo muy ligera usando aleaciones de acero al cromo-- níquel con 18% de cromo y 8% de níquel y todo soldado eléc- tricamente para aumentar la seguridad y disminuir el peso. - Con el objeto de darse cuenta de la importancia que represen- tan las locomotoras Diesel-Eléctricas para disminuir los gas- tos de operación y aumentar la eficiencia en dichos trenes.

Debido a la novedad y a la economía en potencia, parti- cularmente en servicio de pasajeros, la locomotora Diesel--- Eléctrica ha creado gran interés y en los últimos años se -- han combinado en la construcción de los equipos, los facto- res de peso ligero y aerodinamismo, factores que permiten a- estos trenes velocidades hasta de 120 millas por hora.

La velocidad máxima de un tren que arrastre de 10 a 15- furgones es de 120 millas por hora, con un promedio de 95 mi- llas por hora, reduciéndose éste a 80 millas por hora al pa- so de 2 grados, siendo ésta una de las ventajas que se obtie- nen usando locomotoras Diesel-Eléctricas, pues sostienen la- velocidad promedio lo más cerca posible de la velocidad máxi- ma.

El inconveniente mayor para el uso de las locomotoras Diesel Eléctricas, es su precio, el cual es tres veces mayor que el de una locomotora de vapor de la misma potencia, pero en -- cambio las ventajas que se obtienen con la Diesel-Eléctrica ha cen que ésta sea elegida en muchos casos y esto por las razo-- nes siguientes:

1. Mayor kilometraje en la Diesel-Eléctrica.
2. Menor tiempo por tomas de agua y accidente en el recor-- rido.
3. No necesita fosas para limpia de cenizas, como cuando se usa una locomotora de vapor quemadora de carbón.
4. Disminución de tiempo para desacelerar el tren, siendo ésta una de las más importantes.
5. Mayor rendimiento en millas por año; habiéndose alcan-- zado un máximo de utilización de 96.98%.

Hasta después de 1000 000 de millas, se ajustó el cigue-- ñal del motor de la primera locomotora Dieses-Eléctrica y des-- pués de este ajuste recorrió otras 800 000 millas para ser --- entonces reemplazado.

No hay estadísticas que permitan propiamente determinar - el aumento en el costo de la conservación de la vía por el uso de las locomotoras Diesel-Eléctricas, en comparación con las - locomotoras de vapor. Las locomotoras Diesel-Eléctricas no han ocasionado daños en el alineamiento y nivel de las vías, mien tras que las locomotoras de vapor sin alcanzar las velocidades de las anteriores, sí han causado daños a la vía.

1.1.4 La locomotora eléctrica

En las locomotoras eléctricas existe una parte mecánica y otra eléctrica, que se distinguen incluso desde el punto de vista constructivo. Tanto es así, que los fabricantes de cada una de estas partes generalmente no son los mismos, sino casas asociadas y cada una de ellas especializada en construcciones mecánicas y eléctricas, respectivamente.

En la parte mecánica, que esencialmente se compone de la caja, el bastidor y los ejes, no hay variación sensible dentro de los mismos tipos. El equipo eléctrico difiere según la clase de corriente que se emplea.

La locomotora eléctrica tuvo en sus comienzos una constitución que buscaba semejanza con la de vapor, al adoptar bastidor rígido y transmisión por bielas. El motor eléctrico era único, colocado sobre la plataforma, y del motor se transmitía el esfuerzo a las ruedas motrices por medio de un sistema de bielas. Se aumentó luego a dos el número de motores, y se modificó el sistema de bielas introduciendo un engranaje reductor. Pero todo esto ya no se emplea, porque la transmisión por bielas, con las exigencias de cuidado de sus cojinetas y su producción de movimiento menos suave que el del motor eléctrico en otro alternativo, para luego volver a cambiar éste en el rotatorio de las ruedas.

Por esta razón, y a favor del progreso en la construcción de motores, que permitió reducir su volumen; se llegó al empleo de un motor por cada eje de ruedas. Este procedimiento ya se había aplicado desde tiempo atrás en los coches de tranvías y de ferrocarriles suburbanos y pasó a las grandes locomotoras. El problema de esta aplicación estaba en que el motor de tracción iba colocado rígidamente sobre el bastidor, mientras que el de las ruedas motrices puede des-

plazarse verticalmente, según el juego de sus resortes de -- suspensión; y se resolvió por medio de la transmisión que se llama de tipo tranvía. Por un lado, el motor de tracción --- descansa directamente sobre el eje, y por el otro es suspendido elásticamente del bastidor de la locomotora por una saliente de la armazón que constituye la nariz.

Con esta disposición se pueden colocar los motores sobre cada carretón o bogie, y a base de dos de éstos constituir dos bastidores que sustituyen el único bastidor rígido de la locomotora.

Se sigue empleando la transmisión tipo tranvía, que en algunos países se relega a un segundo lugar, pero que los -- americanos mantienen en sus grandes locomotoras modernas. -- Tiene las buenas características de sencillez y robustez, -- tan apreciada en ferrocarriles.

El equipo eléctrico difiere según la clase de corriente utilizada. La corriente continua es de aplicación a 3000 volts y a 1500 volts cuando la energía eléctrica se toma de línea aérea, y existen también las electrificaciones a 600 - volts. En todos estos casos, el flujo eléctrico alimenta a - estos voltajes los motores de tracción, en serie o en paralelo.

1.1.5 Breve historia de la locomotora en México

El periódico "El siglo XIX" da la noticia de que el martes 20 de agosto de 1850 inició sus movimientos de patio en la primera estación del ferrocarril de Veracruz, la primera locomotora de ferrocarril llegada a México, llamada "La poblana", que fue fabricada en Bélgica por "Couilliet". La segunda locomotora que tuvo el ferrocarril de Veracruz a Paso del Río Sn. Juan en 1851. Estos datos se consideran importantes por tratarse de la primera locomotora que existió en México.

Las primeras locomotoras eléctricas llegaron a México - en 1924 con una potencia nominal de 2520 hp y una velocidad máxima de 54 kilómetros por hora, empleándose para su operación en el tramo comprendido entre Paso del Macho, Ver. y -- Esperanza, Pue. Estas locomotoras eléctricas fueron destituidas del servicio en el año de 1973.

En el año de 1937 llegaron a México las dos primeras locomotoras Diesel-Eléctricas de 660 hp cada una, para el ferrocarril del Sureste.

El cambio de fuerza tractiva se generalizó entre 1945 y 1968, periodo en el que la mayoría de las locomotoras que -- quedaron en servicio fueron Diesel-Eléctricas y por esto, -- las cifras de consumo de combustible diesel aumentaron a un ritmo muy alto entre los años citados.

1.2 Avances tecnológicos en la locomotora

Los trenes rápidos son los representativos del ferrocarril, no solo agentes comerciales sino por su servicio de mejor : calidad, que demanda una atención especial en todos los aspectos de la operación ferroviaria. Los trenes -- estrella luchan por sostener campeonatos que pasan de una -- línea a otra y de un país a otro, como símbolos de eficiencia.

Todos los records a partir de 1955 han sido rotos en sus propios lugares y Japón ha conmocionado al mundo ferroviario con el Super Expreso HIKARI de la Tokaido Line que tiene una velocidad comercial de 150 kilómetros por hora de Tokio a Osaka, con solo ocho paradas intermedias, alcanzando velocidades instantáneas de 200 kilómetros por hora.

Las velocidades deben incrementarse mediante señalización de las líneas, reducir las paradas y mejorar la curvatura sobre vías bien balastadas con riel pesado continuo.

El tren rápido es indudablemente un detector del buen-servicio general de carga y pasajero; EL Mistral francés -- opera a 160 kilómetros por hora después de haber probado -- sus locomotoras, vías y trenes, durante dos records mundiales con 331 kilómetros por hora en 1950; el tren rápido es una garantía de seguridad colectiva.

1.2.1. Nueva locomotora para la línea BAM de la U.R.S.S.

Los prototipos de las nuevas locomotoras eléctricas de 10 000 hp diseñadas para servicio en la línea Baikal-Amur - Magistral (BAM) en la Unión Soviética fueron probadas en el ferrocarril del Norte del Cáucaso. Más tarde fueron probadas en el ferrocarril del Este de Siberia en condiciones similares a las de la BAM.

La nueva unidad tipo VL-84, ha sido diseñada para operar a temperatura de 60 grados centígrados bajo cero y en condiciones de vientos fríos con nevada. Ha alcanzado una velocidad máxima de 120 kilómetros por hora y con una fuerza de arrastre de más de 50 toneladas.

Tres locomotoras de las más avanzadas, serán usadas para el transporte de trenes de 1000 toneladas y más.

La unidad VL-84 tiene bastidor de suspensión para absorber las vibraciones.

En condiciones normales la flexión del riel y los durmientes debajo del peso de la locomotora absorben las vibraciones pero en la BAM, el riel se congela y llega a ser rígido, transmitiendo la aspereza de todo el riel a la locomotora.

La unidad también tiene control automático de tracción e interruptores para la velocidad del tren, una vez seleccionada por el maquinista, es mantenida automáticamente.

1.2.2 La locomotora Henschel es la primera con nuevo sistema de transmisión de potencia trifásica

La contribución original más importante para el desarrollo de las locomotoras Diesel-Eléctricas por varios años, -- fue presentada por Rheinstahl Henschel y Brown Boveri. Un tipo completamente nuevo de transmisión de potencia trifásica-- desarrollada en la etapa de servicio de la BBC, tiene engranajes de gran velocidad y bastidores construidos y diseñados-- completamente por Henschel.

El nuevo concepto de transmisión de potencia ya se ha -- probado exitosamente por carrodinamométricos y velocidades de prueba; consiste de un alternador trifásico con salida -- rectificada por diodos de silicio. De este circuito intermedio de CD controlado por tiristores, un inversor produce una corriente alterna trifásica de frecuencia variable continua, alimentando los motores de tracción asíncronos.

Entre el generador y las seis escobillas de los motores de tracción, hay solamente componentes de estado sólido. Esto es fijado para reducir el mantenimiento de las partes --- eléctricas. Esta es una de las mejores ventajas alcanzadas -- por los fabricantes de la nueva locomotora.

Otras son:

La utilización completa puede ser hecha de la adhesión-- de la rueda al riel, especialmente cuando se pone en marcha.

El derrape de la rueda no es un gran problema.

La locomotora puede ser empleada por periodos ilimitados con carga, haciéndose especialmente aconsejable para servicio de flete pesado así como para servicio de pasajeros.

Los Motores de tracción tipo jaula de ardilla, básicamente nuevo es el uso de los motores de tracción trifásicos-tipo jaula de ardilla, asíncronos, de peso ligero y simples para la tracción de las locomotoras Diesel-Eléctricas. Esto solamente ha sido hecho posible por el desarrollo de un inversor de estado sólido confiable para suministrar corriente de frecuencia variable continua y voltaje para los motores trifásicos.

Debido a que éstos no tienen conmutadores o escobillas y los motores pueden trabajar a más alta velocidad que los motores del DC. El inversor es un método ideal de adaptación de potencia del motor Diesel, el cual siempre trabaja a la potencia óptima demandada para los requerimientos de los motores de tracción, los cuales tienen que suministrar esfuerzo tractivo silencioso para diseños de máxima velocidad.

1.2.3 Pruebas del colector de corriente de la compañía British Railway para locomotoras eléctricas a alta velocidad

Una sección de 3 kilómetros de la vía de prueba de 21 - kilómetros del ferrocarril británico, cerca de Nottingham, - está siendo usado para ayudar al desarrollo de nuevos tipos de equipos proporcionados, colocados en la parte superior de la locomotora para velocidades de más de 290 kilómetros por hora. Las características físicas del equipo colocado en la parte superior, hace posible la prueba de ejecución a trenes que estuvieron viajando al doble de su velocidad actual.

La facilidad que proporciona el equipo está siendo usada para limitaciones del análisis de ejecución de los sistemas de cableado situados en la parte superior así como del equipo del colector de corriente. Un tiempo después, los nuevos diseños del equipo montado en los trenes será empleado para determinar el medio más efectivo para coleccionar la corriente del cableado existente en la parte superior para altas velocidades.

CAPITULO II

INTRODUCCION

En este capítulo se describirán brevemente aquellas --- partes que se consideran más importantes del motor Diesel y el generador principal, así como la función del manteni----- miento y tipos de mantenimiento para mantener en buen estado el funcionamiento del equipo.

La descripción que se hace de estas partes en el motor Diesel está en función del desgaste que sufren al estar en movimiento una con otra o ambas a la vez, así como de aquellos dispositivos que necesitan una atención mayor para el buen funcionamiento del motor.

El motor Diesel en sí requiere de mucha atención porque es la parte fundamental de la locomotora ya que éste mueve tanto al generador principal como al alternador auxiliar y a otros dispositivos necesarios para el buen funcionamiento y óptima eficiencia, ya que si el motor Diesel no funcionase la locomotora no trabajaría.

El generador principal es otro equipo que requiere de una atención especial debido a que éste es quien alimenta -- de energía eléctrica a los motores de tracción los cuales -- le dan movimiento a la locomotora. En el generador principal en sí sus partes principales son sencillas relativamente, -- por lo que requieren de un mantenimiento sencillo y de poco tiempo.

Se da además una breve explicación de la importancia -- del mantenimiento y la función que éste desempeña para lo--- grar explotar al máximo la vida útil de los equipos e instala ciones.

CAPITULO II

CONSIDERACIONES TEORICAS

2.1 Definiciones generales

Locomotora

Unidad impulsada por cualquier forma de energía, destinada para el servicio de trenes.

Motor Diesel

Se llama motor Diesel a todo motor de combustión interna en el cual el combustible se inyecta cuando la compresión está a punto de terminarse, y en el cual el combustible entra en ignición únicamente debido al calor producido por la compresión del aire comburente.

Generador de C.D.

Es una máquina eléctrica cuya función es convertir la energía mecánica en energía eléctrica; a través de la interacción entre el campo del estator y el campo del rotor, esta transformación se efectúa al aplicarle movimiento al generador.

Grupo motor-generador

Este grupo está formado por el motor Diesel y el generador principal, acoplados mecánicamente mediante una flecha el motor impulsa al generador, cuya función de éste es suministrar energía eléctrica a los motores de C.D. de tracción.

2.1.1 Descripción del Funcionamiento del Motor Diesel

Los motores de cuatro tiempos requieren cuatro carreras del pistón para completar un ciclo: carrera de admisión, carrera de compresión, carrera motriz y carrera de escape. El cigüeñal da dos vueltas completas por cada carrera motriz. Durante las carreras de admisión y de escape el pistón trabaja como una compresora de aire, operación que consume energía.

En los motores de dos tiempos, como el modelo 567-C, solamente se requieren de dos carreras del pistón para completar un ciclo. La admisión y el escape se efectúan durante la carrera de compresión y parte de la carrera motriz. El pistón impulsa el cigüeñal en cada carrera descendente; así pues en el motor de dos tiempos habrá el doble de impulsos motrices al cigüeñal que en el motor de cuatro tiempos del mismo número de cilindros y trabajando a la misma velocidad.

Como en los motores de dos tiempos los pistones no trabajan como una compresora, es necesario usar un aditamento exterior para proporcionarle aire. Para este objeto se usa un ventilador de diseño, especial, que suministra un gran volumen de aire a baja presión. Este ventilador fuerza aire dentro del cilindro a través de sus puertos, expulsando los gases de escape y llenando el cilindro con una nueva carga de aire limpio para la siguiente combustión.

El ciclo del motor de dos tiempos, así como la operación del ventilador, se describen gráficamente en la fig.3 - y se explican en los párrafos siguientes:

Fig. 3-a. Al final de la carrera descendente el pistón descubre los puertos del cilindro, admitiendo aire para desalojar los gases de combustión. La corriente de aire que en-

tra a través de los puertos y sale por las válvulas de escape barre completamente el cilindro y lo deja cargado con -- aire fresco cuando el pistón cierra los puertos en su carrera ascendente.

Fig. 3-b Al continuar el pistón su carrera ascendente se cierran las válvulas de escape, y la carga de aire se comprime cerca de un dieciseisavo de su volumen inicial, lo que equivale a una presión de 42.18 kg/cm^2 (600 libras por pulgada cuadrada). Al comprimirse el aire a esa presión su temperatura aumenta hasta aproximadamente 538°C (1000°F). Es te alto grado de compresión se mantiene a todas las cargas y velocidades del motor.

Fig. 3-c. Poco antes de llegar el pistón a su punto --- muerto superior, se inyecta combustible, atomizado por una alta presión, al interior de la cámara de combustión. El --- combustible se enciende por la alta temperatura del aire y continúa quemándose hasta que se consume toda su carga. Los gases de ignición producen el rápido aumento de presión, que actúa sobre el pistón forzándolo a descender en su carrera motriz.

Fig: 3-d. Poco antes de llegar el pistón al final de su carrera motriz, se abren las válvulas de escape, permitiendo a los gases salir a la atmósfera. El pistón después descubre los puertos de admisión de aire. Para ese momento los gases de escape ya se han expandido a tal grado que la presión dentro del cilindro es menor que en la cámara de aire. A con tinuación se repite nuevamente el ciclo.

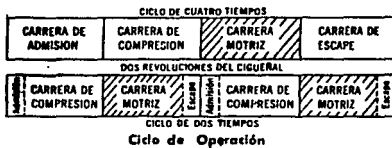
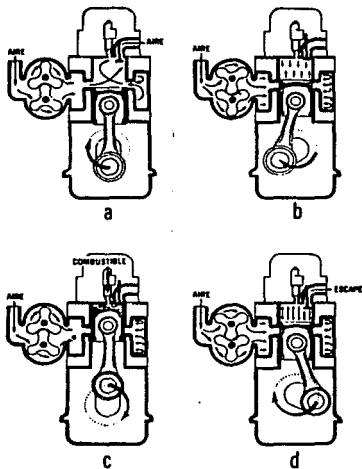
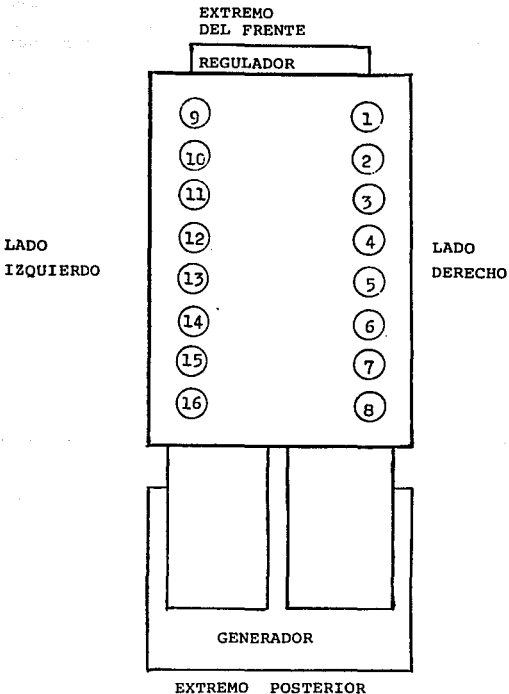


Fig.3 Ciclo del motor de dos tiempos y operación del ventilador.



(*).- Esquema para identificar la posición de los cilindros los extremos y costados del motor Diesel.

DESCRIPCION GENERAL DE DATOS

EL motor Diesel Modelo 567-C es del tipo "V", de dos tiempos con ventajas tales como poco peso por caballo de potencia, - sistema de aire para barrido total, inyección sólida individual a cada cilindro y alta compresión.

(*). El esquema anterior sirve para identificar la posición de los cilindros, así como los extremos y costados del motor. El regulador, las bombas de agua y las de lubricantes - están montados en el "Extremo del Frente". Los ventiladores, el separador de aceite y el generador están en el "Extremo - Posterior".

DATOS GENERALES

Diámetro de los cilindros		215.90 mm. (8-1/2")
Carrera del Pistón		254.00 mm. (10")
Relación de Compresión		16:1
Velocidad en vacío		275 RPM
Velocidad de Arranque		75-100RPM
Rotación (Viéndolo por el Extremo Posterior)		Hacia la Izquierda
Angulo entre Bancos de Cilindros		45°
Peso Aprox.	6-567C	7,200 kg. (15,660 lbs.)
	8-567C	8,250 kg. (17,970 lbs.)
	12-567C	11,300 kg. (24,660 lbs.)
	16-567C	14,700 Kg. (32,106 lbs.)

Potencial Nominal

La potencia de los motores 567C varía de acuerdo con su aplicación.

H.P. del Motor	Velocidad Máxima del Motor RPM.
650	835
875	835
1125	800
1125	835
1310	835
1500	800
1500	833
1600	835
1750	835

H.P.- Es la potencia que entrega el Motor al Generador Principal.

Orden de Encendido

6-567C	1-4-3-6-2-5
8-567C	1-5-3-7-2-6-4-8
12-567C	1-12-7-4-3-10-9--5-2-11-8-6
16-567C	1-8-9-16-3-6-11-14-4-5-12-13-2-7-10-15

Desplazamiento Volumétrico por:

Cilindro	9291.425 cm ²	(567 pul. cúb).
Número de válvulas de escape por cilindro		
Diámetro de los Muñones del Cigüeñal	165.10 mm. (6 1/2")	
Diámetro del Cigüeñal	190.50 mm. (7 1/2")	
Número de Chumaceras principales	6-567C-4	12-567C-7
	8-567C-5	16-567C-10

2.2 Grupo motor-generador

En primer término, se mencionarán los componentes principales del motor Diesel y posteriormente se describirán -- brevemente.

- a) Cuerpo del motor
- b) Colector de aceite
- c) Cabezas de cilindro
- d) Balancines
- e) Válvulas de escape
- f) Puente de válvulas
- g) Ajustador hidráulico de juego
- h) Bielas
- i) Chumaceras de bielas
- j) Pistones
- k) Cilindros
- l) Cigüeñal
- m) Chumaceras principales
- n) Collares de empuje del cigüeñal
- o) Engrane impulsor de auxiliares
- p) Tren de engranes impulsor del árbol de levas
- q) Árboles de levas
- r) Interruptor de sobrevelocidad
- s) Ventilador

a) Cuerpo del Motor

Este es la estructura principal del motor, como se muestra en la figura 4. Está fabricado de láminas de acero y piezas forjadas y fundidas que se combinan para formar una unidad rígida y estructuralmente independiente. El cuerpo del motor sostiene y contiene al cigüeñal, a los cilindros, a las cabezas de cilindro, pistones, bielas, árboles de levas y balancines de válvulas. Sostiene además las cámaras de esca-

pe. Los repartidores de agua de enfriamiento y aceite lubricante forma parte integral del cuerpo del motor.

b) Colector de aceite

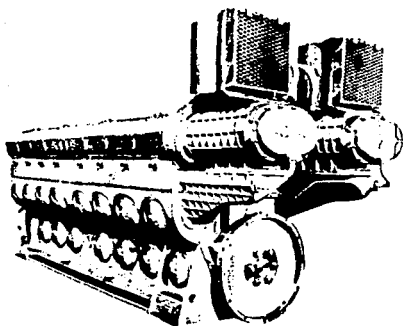
Está construido de láminas de acero soldadas y forma -- la base en la cual se atornilla el cuerpo del motor y sirve de depósito para el aceite lubricante. Está limitado por láminas laterales y placas en sus extremos con refuerzos transversales inferiores. El fondo tiene una inclinación transversal con lo cual derrama sobre un canal el aceite hacia un depósito central de asentamiento, con objeto de conservar el lubricante dentro de este tanque.

El cuerpo del motor va montado y sujeto rígidamente --- con pernos sobre el colector de aceite con un empaque entre las superficies de contacto.

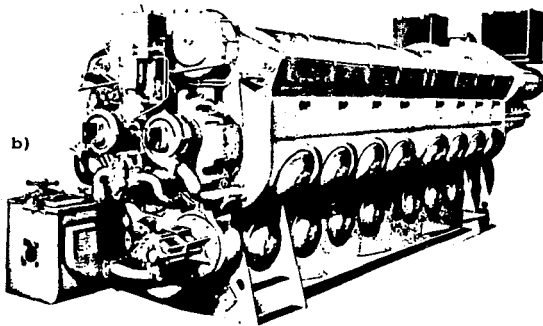
c) Cabezas de cilindro

Las cabezas de los cilindros son de una aleación de hierro fundido y están firmemente aseguradas en los porta-cabezas en la parte superior del motor. En la cabeza del cilindro hay placa-guía que se ajusta en una espiga, con lo cual, se fija exactamente a su posición, ver figura 5.

Las cabezas son de una pieza fundida, la cual tiene --- conductos para el agua de enfriamiento, cuyas entradas --- corresponden con las del cilindro.



a)



b)

Figura 4-a. Vistas de tres cuartos del Motor Diesel
a) Extremo posterior, b) De frente.

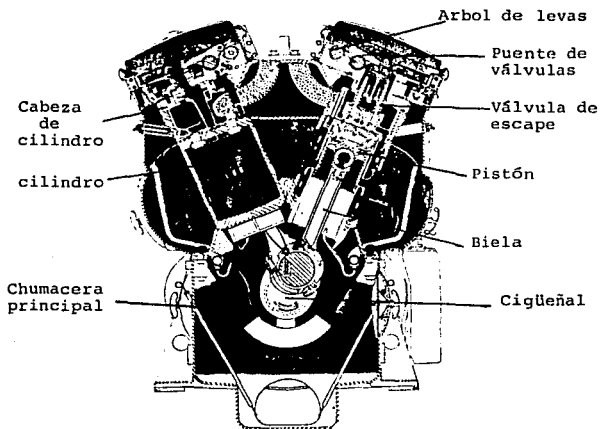


Figura 4-b. Corte transversal seccionado.

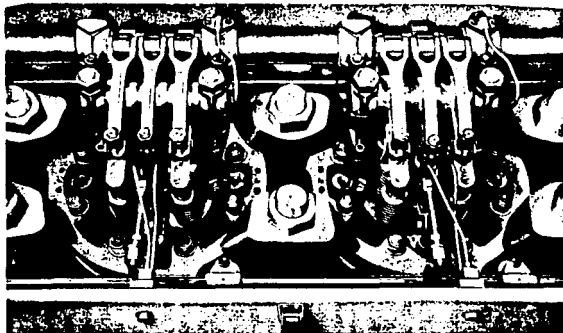


Figura. 5 Vista superior de las cabezas de cilindro

d) Balancines

En las cabezas de cada cilindro hay tres balancines. -- Dos de ellos operan las cuatro válvulas de escape y el tercer el émbolo del inyector; los balancines son operados directamente por el árbol de levas, por medio de un rodillo de -- asientos que gira en el extremo de cada balancín. El extremo opuesto de cada balancín tiene un tornillo de ajuste que -- sirve para regular al inyector y el contacto del ajustador-- hidráulico.

e) Válvulas de escape

Cada cabeza de cilindro tiene cuatro válvulas de escape con sus respectivas guías y resortes. Las guías son de precisión y están aplicadas a presión en las cabezas de las válvulas. El conjunto de válvulas y resorte se fijan en su lugar por medio de un asegurador cónico de resorte y dos collares-- cónicos de seguridad.

f) Puente de válvulas

Opera dos válvulas de escape debajo de cada balancín. -- Un resorte y un asiento esférico están sujetos al vástago -- del puente por medio de un anillo de seguridad. El asiento-- esférico del resorte descansa en una cavidad de la cabeza -- del cilindro, y el resorte haciendo presión contra el balancín hace que el asiento del puente esté siempre en contacto con el balancín.

g) Ajustador hidráulico de juego

Este evita el golpeteo entre el vástago de la válvula -- y el puente de válvulas. Está compuesto de un cilindro, un -- pistón un resorte, check de bala y su gufa. Todo el conjunto dentro del cilindro del ajustador hidráulico está asegurado por medio de un anillo de retención.

h) Bielas

Estas son de diseño especial, estando entrelazadas una biela con extremo en forma de horquilla y una biela con extremo en forma de patín curvado. Esta última oscila sobre el dorso del medio buje superior de la chumacera y está asegurada en su lugar por medio de una caja que entra en una cavidad que tiene la biela con tijera, como se muestra en las -- figuras 6 y 7.

Una de las puntas de la biela con patín es más larga -- que la otra y se le llama "punta larga". Estas van instaladas en el banco del cilindro del lado derecho, con la punta larga hacia el centro y es por esto que se les llama bielas derechas.

Las bielas de horquilla van instaladas en el banco del cilindro de lado izquierdo y se conocen como bielas izquierdas.

i) Chumaceras de bielas

Estas consisten de dos medios bujes de bronce, con alma de acero, cubiertos en su lado interior con una aleación de plomo y estaño y sin recubrimiento en el dorso del buje superior.

La mitad superior se fija en su lugar por medio de espigas en la biela izquierda y la mitad inferior se fija, también con espigas en la canastilla de la biela.

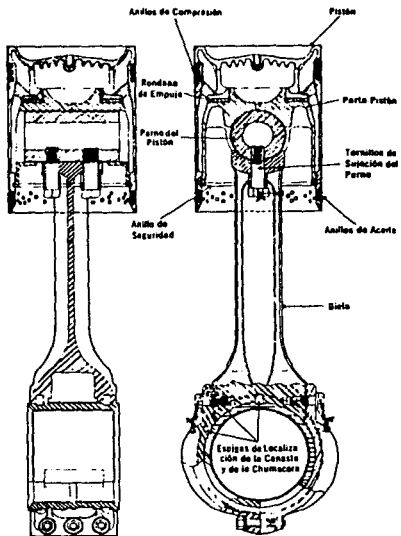


Figura 6. Biela y pistón seccionados

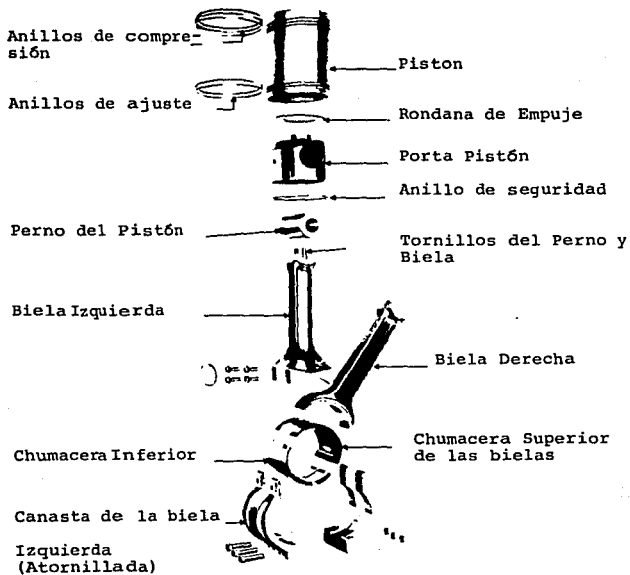


Figura 7. Conjunto de Pistón y Biela.

j) Pistones

Los pistones que se emplean en el motor Diesel son de una aleación de fierro fundido y son de tipo flotante, compuestos de dos piezas.

El cuerpo del pistón descansa sobre el porta-pistón que también contiene al perno, el cual va asegurado en su lugar por medio de un anillo de seguridad.

Se encuentra una roldana de asiento entre el pistón y su porta-pistón.

Este tipo de construcción permite un enfriamiento más eficiente de la corona del pistón, eliminando calentamientos locales y proporcionando una mejor lubricación del perno del pistón y su buje, así como una mejor distribución de carga que permite un desgaste más uniforme del pistón.

El aceite para enfriamiento del pistón entra por un conducto barrenado en el porta-pistón y se descarga por otro -- conducto diametralmente opuesto.

K) Cilindros

Están hechos de una aleación de fierro fundido y tienen una camisa de agua integral formada por un espacio anular -- entre sus paredes interior y exterior. Va asegurado por medio de ocho prisioneros y tuercas. Todo el conjunto se fija en el motor por medio de las grapas de las cabezas de los cilindros.

Los puertos para el aire de barrido y carga están situados en las paredes del cilindro, arriba del extremo superior del pistón, cuando éste se encuentra en su punto muerto inferior.

l) Cigüeñal

El cigüeñal está forjado de acero al carbón. Los muñones de sus chumaceras principales, así como los muñones para las bielas, están endurecidos por inducción. El cigüeñal está provisto de conductos barrenados, los cuales proporcionan aceite lubricante para las chumaceras principales y las de las bielas.

m) Chumaceras principales

Los bujes de las chumaceras principales tienen un acabado preciso; no es necesario rasparlos a mano ni aplicarles empaques para que ajusten. Están provistos de protuberancias que aseguran su posición correcta y evitan que giren sobre su eje.

h) Collares de empuje del cigüeñal

Los collares de empuje son de bronce macizo y en forma de semicírculo, su sección transversal es rectangular. Ajustan en asientos de caja en ambos lados del bastidor de la chumacera principal central en los motores de 8,12 y 16 cilindros, y en ambos lados del bastidor de la chumacera principal en los motores de 6 cilindros. Ajustan sobre la parte posterior de los bujes superiores de las chumaceras principales y se sostienen en su posición por medio de la tapa de la chumacera.

o) Engrane impulsor de auxiliares

El engrane impulsor de auxiliares va montado en el extremo del frente del cigüeñal. Este engrane mueve las bombas de agua, las bombas de aceite y el impulsor del gobernador.

El conjunto impulsor de auxiliares consta de un engrane con espigas de seguridad, una maza, dos discos y ocho grupos de muelles.

p) Tren de engranes impulsor del árbol de levas

La fuerza necesaria para mover los árboles de levas y los ventiladores de los motores proviene del cigüeñal a través de un tren de engranes en la parte posterior del motor.

El tren de engranes consiste de engranes rectos: un engrane montado en el cigüeñal y dos engranes libres que conectan con el engrane impulsor del árbol de levas izquierdo, el cual impulsa a su vez al árbol de levas derecho.

q) Árboles de levas

Estos se componen de segmentos con bridas, muñones extremos y de un separador central. Los segmentos del árbol de levas pueden ser cortos o largos. Los segmentos cortos abarcan solamente un cilindro, tienen dos chumaceras, dos levas de escape, una leva de inyección y tienen bridas en sus extremos para conectar con los segmentos de cilindros adyacentes o con los muñones extremos. Los segmentos largos abarcan varios cilindros y tienen una continuidad integral de levas y chumaceras para los cilindros que abarcan; también están provistos de bridas en sus extremos. Los segmentos largos pueden intercambiarse con grupos de segmentos cortos, siempre que sean instalados en su posición y secuencia correctas y se usen ajustadores hidráulicos de juego en las válvulas.

r) Interruptor de sobrevelocidad

Como medida de seguridad se tiene un mecanismo interruptor de sobrevelocidad que corta la inyección de combustible a los cilindros en caso de que la velocidad del motor sea excesiva. Debajo de cada árbol de levas hay una flecha a lo --

largo del motor, la cual está provista de levas que al girar se traban con un trinquete montado en cada cabeza de cilindro debajo del balancín del inyector. Las flechas de trinquetes van conectadas por medio de un mecanismo de palancas y eslabones de resorte que se encuentra en la caja del interruptor de velocidad al frente del motor. Al mover la palanca normalizadora hacia la izquierda se da tensión a un resorte ejecutor. Esta tensión se mantiene con un trinquete que embona en una muesca de la flecha de la palanca normalizadora. Esta es la posición normal de operación. Las levas de las flechas de trinquetes se mantienen separadas de los trinquetes de los balancines.

s) Ventilador

Consiste de un par de rotores helicoidales de tres lóbulos cada uno, que giran dentro de una caja con un ajuste muy preciso. Este tipo de construcción suministra un gran volumen de aire a baja presión asegurando que el motor reciba una cantidad de aire proporcional a su velocidad de funcionamiento.

A continuación, se describirán brevemente algunas de las características del generador principal.

DESCRIPCION GENERAL

En la locomotora Diesel-Eléctrica, la potencia mecánica desarrollada por el motor Diesel se convierte en energía eléctrica por medio de una máquina eléctrica giratoria llamada generador.

El generador de tracción AR10-D14, está compuesto de dos generadores sincrónicos de corriente alterna de tres fases - soporte del tipo de chumacera sencilla.

Los rotores de las dos máquinas están montados en el -- eje el cual está directamente conectados al cigüeñal del motor a través de un volante flexible de acoplamiento. El eje está soportado en el extremo exterior por una chumacera sencilla de lubricación sellada de alineación propia, armada en una caja que a su vez está atornillada a la estructura principal o estator del generador AR10.- El estator D14 está -- atornillado al extremo opuesto o de acoplamiento del estator AR10.

Los campos giratorios consisten de bobinas conectadas en serie y devanadas en polos laminados, los cuales están -- atornillados a un tambor de tipo estrella. La estrella está sujeta al eje antes mencionado.

Las bobinas de campo AR10 están eléctricamente conectadas a los dos anillos colectores montados en la cámara de -- aire en el extremo de la chumacera del generador. Las bobinas de campo del D14, están eléctricamente conectadas a los dos anillos colectores exteriores. Estos y los porta-escobillas asociados, proporcionan el medio de excitación de campo de las máquinas.

Estos modelos de producción actual están equipados con un diseño nuevo de cubiertas de cámara de aire, las que incluyen ventanas de observación para los diodos y dos puertas de acceso. Estas puertas proporcionan un fácil acceso a los anillos colectores o escobillas para la inspección o reemplazo de estas partes. Una mejora adicional en los modelos actuales es la cubierta en los colectores, que sirve para evitar que la nieve penetre en esa área. La estructura del estator AR10 y el conjunto del núcleo, están construidos utilizando soldadura, proporcionando una estructura rígida que -- protege a los arrollamientos del estator y soporta el extre-

mo de la coraza y los conjuntos del estator D14.

Las bobinas del estator AR10, están conectadas internamente en el extremo de la chumacera del estator en dos conjuntos trifásicos de arrollamiento conectados en estrella -- "Y".

Dos conjuntos de rectificadores montados en el frente -- del Generador AR10, proporcionan medios para convertir la -- energía de C.A. trifásica, en C.C. Cada conjunto consiste -- de diodos de silicio de alto voltaje, conectadas en un cir-- cuito rectificador trifásico de onda completa y conectados en dispositivos capaces de proporcionar un enfriamiento adecua-- do.

El conjunto AR10 consta de dos alternadores de tres fa-- ses, acoplados mecánicamente pero eléctricamente independien-- tes, excitados con corriente continua y enfriados por aire; -- uno de ellos está destinado para la tracción y el otro actúa como auxiliar.

El alternador de tracción es de diez polos, los cuales -- inducen en los devanados del estator para generar energía -- de corriente alterna trifásica. Esta energía de corriente al-- ternase rectifica por medio de dos bancos de diodos de sili-- cio enfriados por aire, que forman parte integral del conjun-- to AR10, la energía de corriente continua resultante se usa -- para la tracción de la locomotora.

La figura No.8 ilustra el principio de operación del al-- ternador de tracción. La corriente continua que viene del -- conjunto rectificador controlado de silicio, pasa por los -- anillos colectores para llegar a los devanados polares de -- la armadura. Las líneas de flujo magnético producidas por --

los polos cortan los devanados del estator a medida que el rotor gira.

La corriente en los devanados del estator, que están conectados en estrella, se envía a un banco de rectificadores de potencia. El inducido está devanado de manera convencional, pero en la locomotora, el inductor gira en sentido contrario al de las manecillas del reloj, por lo tanto, la secuencia de fase es B-A-C.

Las bobinas del inducido están dispuestas según se muestra en el figura No.8 En el estator, cinco de los grupos de bobinas están conectados a un banco de rectificadores, los otros cinco a un segundo banco. A su vez, cada uno de los bancos rectificadores están conectados a barras colectoras, -- positivas y negativas individuales.

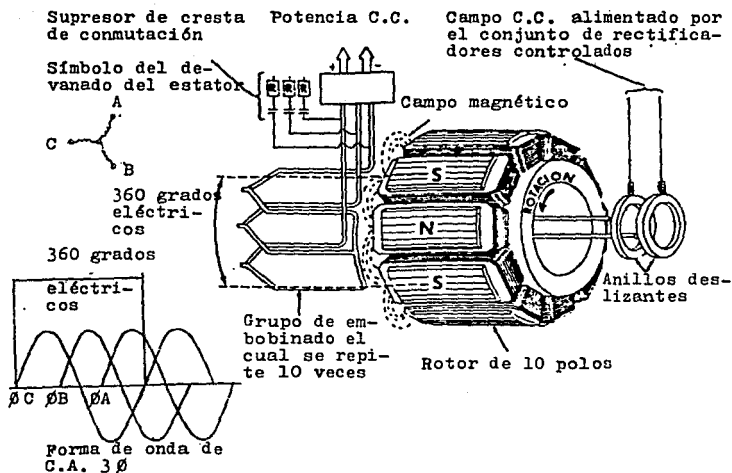
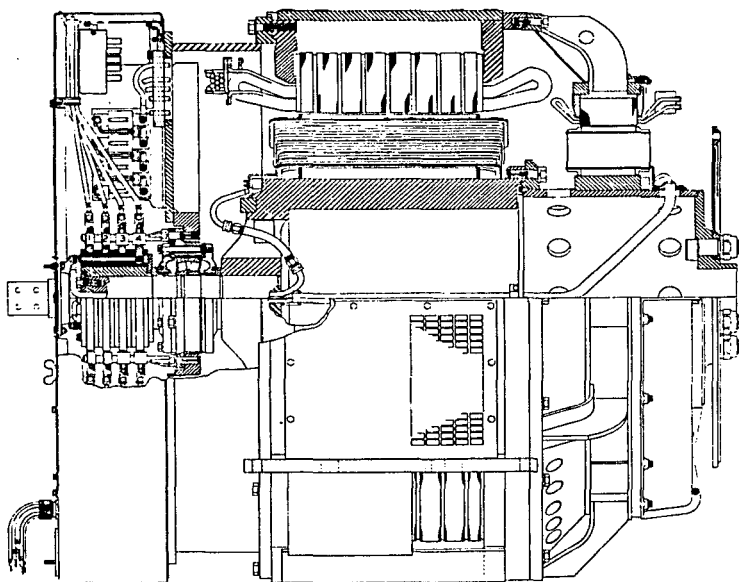
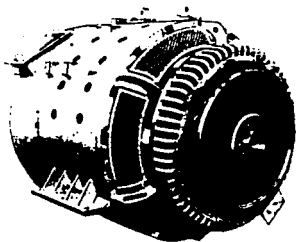


Figura 8. Diagrama descriptivo del alternador

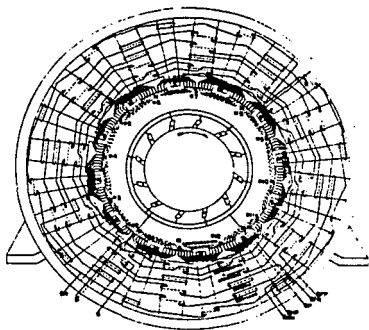


GENERADOR ARIO (EN SECCION)

FIGURA 8-a.



Conjunto Generador D32



VISTA AL FRENTE DEL EXTREMO POSTERIOR DEL GENERADOR
(Las Conexiones Posteriores Están en el Extremo del Conmutador)



DIAGRAMA DE ALAMBRADO

FIGURA 8-b.

DATOS DE CONSERVACION

ESPECIFICACIONES

Pesos:

Generador (completo).....	16,110 Lbs.
Estator AR10.....	7,000 Lbs.
Conjunto del rotor D14-AR10.....	6,775 Lbs.
Cubierta.....	900 Lbs.

Escobillas;

Número de Escobillas	4
Grado.....	225

Número de las Escobillas

Usado con porta-escobilla sencillo 8413189..... 8413191

Usado con porta-escobilla doble 8282003..... 8329691

Tamaño de la Escobilla

8413191..... 2-1/8" x 1-1/4" x 1/2"

8329691..... 2" x 1-1/4" x 1/2"

Límite de desgaste..... 3/4"

Porta-escobilla..... 8413189 - 8283003 -

Número..... 4 2

Presión del resorte..... 3.3 ± .33 Lbs. 3.29 ± .25 lbs.

(Para escobillas y porta-escobillas D14, ver M1-3306)

Anillos Colectores

Escentricidad máxima del anillo..... .004"

Alcance máxima lateral del anillo..... 1/32"

Límite de Condenación del diámetro

exterior del anillo..... 10-1/4 "

AR10A,AR10B,AR10E y AR10F

Diám. Ext. del cojinete..... 8.4646 + .0000"

- .0012"

Diámetro Interior del Cojinete..... 4.7244 + .0000"

- .0008"

Ancho..... 2.2835 +.000"
 -.005"

Juego interior (antes de armar).....0045" a .0061"

Juego interior (después de armar)..... .003" mín.

Diámetro interior de la caja del cojinete.8.4705" + .0010"

- .0000"

Diámetro interior de las cajas de los

cojinetes anteriores..... 8.4681" + .0010"

- .0000"

Capacidad del lubricante

Cubierta del Cojinete..... 6 onzas

Cojinete..... 4 onzas

Cubierta exterior del cojinete..... 6 onzas

TOTAL.....16 onzas

Lubricante Recomendado..... SHELL Cyprina RA Grado3

Resistencia en frío a 75° C.

Rotor AR10, anillo rozante a	Nom.	+4%	-4%
------------------------------	------	-----	-----

anillo rozante	1.255	1.305	1.205
----------------	-------	-------	-------

Estator AR10 línea Neutral	Nom.	+2%	-2%
----------------------------	------	-----	-----

a grupo de 5 fases	.00315	.00321	.00309
--------------------	--------	--------	--------

Línea a línea por grupo de			
----------------------------	--	--	--

fase	.00580	.00592	.00568
------	--------	--------	--------

Estator AR10 línea a neutro	Nom.	+8%	-8%
-----------------------------	------	-----	-----

por paralelo grupo de 10 fa			
-----------------------------	--	--	--

ses	.00180	.00194	.00166
-----	--------	--------	--------

Línea a línea por paralelo-	Nom.	+ 5%	- 5%
-----------------------------	------	------	------

grupo de 10 fases	.00319	.00335	.00303
-------------------	--------	--------	--------

Torsión en el disco acopla-
 miento (lubricado con Molykote 8168822)

Aplicación de 6 tornillos.....	1400-1500	Pies/Lbs
--------------------------------	-----------	----------

Aplicación de 12 tornillos.....	750-850	" "
---------------------------------	---------	-----

2.3 Mantenimiento y tipos de mantenimiento

Mantenimiento. Para lograr un buen mantenimiento es necesario contar con los medios claros y precisos para solicitar, autorizar y ejecutar trabajos; computar tiempos, materiales y costos; así como también determinar qué acciones -- son necesarias para reducir al mínimo el costo de manteni--- miento y tiempo de paro, finalmente evaluar los resultados - comparándolos con lo planeado, estimado y programado.

Todos los procedimientos deben ser analizados y valorados para poder determinar cuáles son factibles de ser cambiados, esto con el fin de alcanzar los objetivos propuestos al principio del programa de mantenimiento en un tiempo óptimo de aprovechamiento y a un costo también óptimo de manteni--- miento.

Mantenimiento preventivo. Se fundamenta principalmente en la correcta apreciación de la confiabilidad de cada uno - de los elementos o piezas y de la interrelación entre ellas, así como en la aplicación de las medidas necesarias para mantener la confiabilidad del conjunto, a un nivel edecuando a las necesidades de la explotación del equipo.

No se requiere que la confiabilidad de las partes excedan demasiado en la durabilidad del conjunto.

En general, la detección de la probable o posible ave-- ría se fundamenta principalmente en la prevención y en la -- predicción necesaria. para que el equipo continúe funcionando en óptimas condiciones.

Teniendo que con el mantenimiento preventivo se está -- determinando el grado de seguridad óptima en relación a la -

explotación, y el mantenimiento predictivo está basado en la realización de inspecciones y verificaciones que determinan:

a) El límite de la vida útil, que es el tiempo estimado de operación de un elemento o conjunto de elementos, previstos y cercano al óptimo, sin desperfectos, cumpliendo su cometido funcional.

b) A través de seguimientos de los parámetros de ejecución, la evolución y tendencia de parámetros que informan sobre el desarrollo de anomalías internas.

Un programa de mantenimiento preventivo incluye estas actividades básicas:

1.- Inspección periódica de los activos y del equipo -- de la maquinaria, descubriendo las condiciones que conducen a paros imprevistos de operación o de depreciación perjudicial.

2.- Conservar la maquinaria para anular dichos aspectos, adaptarlos o repararlos, cuando se encuentran aún en -- una etapa incipiente.

Secuencia en el campo del mantenimiento preventivo

Inspección. Esta actividad se realiza para verificar --- que el equipo o sus componentes funcionen dentro de los rangos adecuados de operación establecidos.

Servicio. Son los cambios físicos necesarios que se -- realizan para lograr que el equipo funcione entre los rangos de seguridad.

Reemplazo. Es la sustitución de partes del equipo al -- término de su vida esperada o cuando ya no es posible su --- ajuste.

Mantenimiento predictivo. Es aquel que se proporciona a través de las desviaciones de las condiciones aceptables de operación de una pieza del equipo, asegurando que el equipo no tenga fallas y ocasione interrupciones en la operación, teniendo que hacer un estudio de todo el equipo; por lo cual cada pieza de la maquinaria debe ser clasificada de acuerdo con su estado crítico.

Una vez que ha sido identificada la maquinaria, será necesario determinar las condiciones de la maquinaria por medio de herramientas de diagnóstico.

Estas herramientas de diagnóstico proporcionan información específica sobre la eficiencia de toda la maquinaria.

Las herramientas de diagnóstico para un programa de mantenimiento predictivo efectivo, incluyen instrumentos de medición de vibración, acústicos e infrarrojos.

Un programa de mantenimiento predictivo se compone de cuatro objetivos principales:

1. Establecer lineamientos de mantenimiento predictivo.
2. Reducir o minimizar el tiempo de mantenimiento.
3. Mejorar el mantenimiento actual.
4. Suministrar en primer orden el diagnóstico de los datos, para evaluación y posibles modificaciones.

Mantenimiento correctivo. Este consiste en la reparación o corrección de fallas no programadas; generalmente de emergencia para corregir paros no programados.

Es el tipo de mantenimiento más utilizado, ya que es el que requiere menor conocimiento de organización y en un

principio menos esfuerzo, aunque ésto último demanda trabajo irregular y por lo general fuera de horas hábiles.

Este tipo de mantenimiento puede ser directo o de servicios.

Directo. Es aquel que comprende actividades de corrección de fallas en el equipo, con el propósito de restablecer éste.

De servicios. Es aquel en el cual no es posible aplicar un mantenimiento preventivo por su costo que resultaría considerablemente elevado. El mantenimiento es particular para cada empresa, debido a diferencias fundamentales en tipo, modelo edad de la maquinaria, así como la calificación de la mano de obra de producción y mantenimiento, rotación de personal, políticas de la fábrica, ritmo de producción, etc.

El supervisor encargado del mantenimiento deberá obtener la colaboración de los trabajadores a su cargo, así como conservar el orden y la disciplina; con ésto evitará el desperdicio de tiempo, energía y materiales.

También deberá controlar la calidad de los trabajos --- efectuados para asegurar la integridad de los operarios después de algún trabajo ejecutado.

El mantenimiento, de acuerdo a las necesidades propias de cada empresa, puede ser realizado directamente en la misma o puede ser contratado.

CAPITULO III PLANTEAMIENTO

3.1 Introducción

El mantenimiento preventivo que se proporciona generalmente a las locomotoras Diesel-Eléctricas está basado en las recomendaciones del fabricante, el cual dicta reglas para -- conservar y solucionar fallas del equipo que vende. El mantenimiento efectuado en esta forma adolece de deficiencias por no cubrir todos los aspectos necesarios para la completa conservación de los equipos. Ya que para dar un mantenimiento -- adecuado, debe contarse con la herramienta apropiada, personal capacitado y dedicado a ello y una oficina de control -- para llevarse a cabo en forma sistemática.

3.2 Observaciones actuales acerca del mantenimiento preventivo.

La función del mantenimiento preventivo es la de proveer todos los medios necesarios para la conservación del -- equipo de una instalación en condiciones que faciliten con -- el máximo de eficiencia la operación y la economía.

Con el objeto de analizar la conveniencia de contar --- con la sección de mantenimiento en instalaciones de talleres de locomotoras Diesel-Eléctricas de ferrocarriles, este método se divide como sigue:

- a) El mantenimiento preventivo como método para alargar la vida de las locomotoras.
- b) El mantenimiento preventivo como método para evitar fallas.
- c) El mantenimiento preventivo como método para evitar accidentes.

d) El mantenimiento preventivo como método para establecer una existencia de refacciones vitales.

¿Qué se tiene?

- a) Presupuesto
- b) Refacciones y materiales

a) Presupuesto

Los ferrocarriles Nacionales de México cuentan con un presupuesto en forma global, asignando una partida presupuestal para cada subgerencia.

Para la subgerencia de fuerza motriz y equipo de arrastre, la partida presupuestal se asigna en base a los inventarios de materiales, refacciones y equipo. Esta partida presupuestal se evalúa a partir de los catálogos de las refacciones y materiales sin considerar el período de vida de cada elemento lo cual va en detrimento de un mantenimiento efectivo. Dado que no todas las refacciones y materiales tienen el mismo período de vida útil.

Como las compras de materiales y refacciones se hacen anualmente; frecuentemente se da el caso en que cuando una locomotora falla y no se tienen las refacciones necesarias para repararla, se tendrá un retraso para poner en operación la locomotora mientras se compran o se consiguen las refacciones y materiales.

Este retraso se debe a que gran parte de las refacciones y materiales se fabrican en Estados Unidos, haciéndose más marcada su demora por el tiempo de traslado de dichos conceptos.

b) Refacciones y materiales

Un número considerable de refacciones y materiales que se tienen en almacén son obsoletas debido a que el contenido de las compras que se realizan son las mismas año con año, - lo cual provoca que se vayan acumulando refacciones y mate-- riales de las mismas característica aún cuando su uso sea es-- caso o nulo.

¿Qué falta?

- a) Técnicos
- b) Programas apropiados

a) Técnicos

La empresa ferroviaria no cuenta con un cuerpo de técni-- cos especializados para realizar las reparaciones al equipo-- en forma eficaz. Aún cuando los obreros que afectúan las re-- paraciones reciben capacitación, indiscutiblemente que da--- rían un mayor rendimiento en su trabajo y lo ejecutarían -- mejor, si tuvieran unapreparación académica en forma siste-- matizada. Por lo cual es recomendable que el personal de --- mantenimiento se prepare a nivel medio para posteriormente - recibir su capacitación enfocada al trabajo que va a desempe ñar y así se obtendrá mayor calidad en los trabajos realiza-- dos.

b) Programas apropiados

Dado que los programas vigentes con que se cuenta, correg-- penden a los que tiene el fabricante de locomotoras, se con-- sideran inadecuados debido a que las condiciones de opera-- ción y de carga no son las mismas; por lo cual, en nuestro - país se requiere de un mantenimiento más controlado y es ne-- cesario que se reduzcan los períodos de operación, a la vez--

que se incremente el mantenimiento preventivo para que de -- esta forma se mantenga el equipo en óptimas condiciones de -- trabajo durante toda su vida útil. Por lo que es necesario-- adaptar las características y especificaciones que proporcio-- na el fabricante a las condiciones en que se encuentra el -- sistema ferroviario nacional.

3.3 Programa vigente de mantenimiento preventivo para el -- grupo motor-generador de las locomotoras Diesel-Eléctricas.

1. Revisión diaria o de viaje
2. Inspección mensual
3. Inspección semestral
4. Reparación "A" (24 meses)
5. Reparación "B" (48 meses)

1. Revisión diaria o de viaje

Con el motor Diesel trabajando:

1. Localizar ruidos anormales del motor Diesel.
2. Verificar el nivel de aceite lubricante.
3. Purgar los depósitos de asentamiento de la cámara de-- aire del motor Diesel (locomotora EMD tipo antiguo).
4. Localizar y corregir fugas de aceite lubricante.

2. Inspección mensual

1. Antes de internar la locomotora a la casa de máquinas-- acelerar el motor Diesel hasta el quinto punto para localii-- zar y corregir fugas en general.

2.- Examinar visualmente que no haya fugas en los sellos-- de aceite y revisar la lubricación del mecanismo de balanci-- nes y puentes de válvulas.

3. Verificar índices del volante, tiempos de inyección, cremalleras, luz de válvulas y ajustadores hidráulicos de -- puentes de válvulas.

4. Comprobar RPM y sobrevelocidad del motor Diesel.

5. Inspeccionar:

- a) Pistones, anillos, cilindros y bielas.
- b) Que no haya fuga de agua en los cilindros.
- c) Chumaceras principales de conexión por calentamiento y juego lateral.
- d) Que no haya tornillos o tuercas de bielas flojos, -- faltos de chavetas así como en las bridas principales.
- e) Verificar que no haya partículas metálicas en el colector de aceite, colador o filtros de lubricante.

6. Inspeccionar el cuerpo del motor Diesel.

- a) Apretando tuercas y tornillos flojos.
- b) Revisando que no haya partículas metálicas en la ch macera y en los recodos del cuerpo del motor.
- c) verificar que no haya cremalleras pegadas (engrasar-mecanismos de éstas).
- d) Localizar fugas de combustible.

3. Inspección Semestral

1. Cambiar inyectores en general (cada segundo semes---tral después de una reparación "A" o "B").

2. Efectuar prueba de compresómetro llevando registro - de lecturas obtenidas.

3. Inspeccionar árboles de levas, balancines y sus --- gufas.

4. Revisar por carbonización y limpiar los puertos de - admisión de aire de los conjuntos de motores General Motors, que no se exceda de 1/8" de espesor, examinar uno de cada --

lado y llevar registro. Si hay más de 1/8", hacer limpieza-- en general a los puertos de admisión en todos los conjuntos.

5. Verificar que la posición de los indicadores del volante o disco graduado y tiempo de encendido del motor Diesel sean correctos.

6. En locomotoras General Motors revisar tren de engranes.

7. Aplicar presión hidráulica al motor Diesel que no -- exceda de 45 lb/plg².

8. Revisar la operación de la válvula de cortar combustible en casos de emergencia.

9. Tomar lectura de deflexión del cigüeñal y juego longitudinal llevando registros. Examinar bielas en general.

10. Prelubricar motor Diesel, girar motor manualmente -- sin utilizar el sistema de arranque.

4. Reparación "A" (24 meses)

1. De acuerdo con la prueba del compresómetro y los --- registros correspondientes, cambiar los conjuntos que se encuentren en mal orden.

2. Revisar compensador armónico y tren de engranes.

3. Reemplazar bomba de alta presión e inyectores, y revisar tubos de alta presión.

4. Reemplazar dispositivos detectores de gases en el colector de aceite y válvulas termostáticas de alta temperatura del lubricante.

5. Revisar o reparar mecanismos completos de sobrevelocidad.

6. Revisar cojinetes principales de acuerdo con las siguientes indicaciones: en motores de 8 cilindros los 2 y 4;--

de 12 cilindros los 2 y 6; de 16 cilindros los 2,6 y 9; de 20 cilindros los 2,5,8 y 11.

7. Medir acolchonamiento entre cabeza y pistón y llevar registros, en locomotoras General Motors.

8. Lavar motor.

5. Reparación "B" (48 meses)

1. Bajar gobernador, colectores de escape, desconectar motor Diesel y prepararlo para bajarse.

2. Bajar motor Diesel.

3. Rectificar bases en la estructura para asiento del motor Diesel.

4. Aplicar motor Diesel reparado, alinearlos y apretarlos, acondicionar guías y sus topes.

5. Girar motor manualmente con los purgadores abiertos, sin utilizar el sistema de arranque y prepararlo para trabajar.

6. Trabajar motor durante 60 minutos en holgar y durante 20 minutos en cada punto del regulador, parando el motor - al final de cada uno de estos tiempos programados para verificar temperatura de cojinetes y mecanismos en general.

7. Verificar motor en caliente, dispositivos de seguridad del motor Diesel, velocidad, sobrevelocidad y entregarlo para carga.

8. Aplicar carga 20 minutos por cada punto del regulador y 2 horas en el octavo punto.

Una vez que se concluyó con el mantenimiento que se realiza el motor Diesel, se procederá a describir el que se da al generador principal en todas sus etapas.

1. Revisión diaria o de viaje
2. Inspección mensual
3. Inspección semestral
4. Reparación "A" (24 meses)
5. Reparación "B" (48 meses)

1. Revisión diaria o de viajes

Con el motor Diesel trabajando:

1. Revisar generador principal. Se revisará que las cajas de arco de contacto de potencia estén colocadas correctamente.

2. En las locomotoras que tienen alternador revisar fusibles indicadores, carbones y anillos.

3. Reponer fusibles dañados y ver que no haya interruptores térmicos puenteados.

4. Comprobar el nivel del aceite de cajas de engranes - del generador principal y cople magnético.

5. Revisar cables conectores entre unidades que estén bien enchufados y que tengan su tapa de seguridad.

2. Inspección mensual

1. Antes de que la locomotora se interna a la casa de máquinas, soplar con aire limpio y seco, a 40 lb/plg², el equipo del gabinete y equipo eléctrico rotatorio en general.

2. Examinar y limpiar el interior del pedestal de control y revisar que operen correctamente los interruptores de parar el motor Diesel.

3. Limpiar o cambiar filtros de coladores de gabinete eléctrico de acuerdo con la prueba establecida. Hacer limpieza a filtros centrífugos del generador o alternador, que se encuentran localizados en el ducto de aire.

4. Trapear todo el equipo eléctrico rotatorio; inspeccionando cepilleras y carbones, cambiando los que sean necesarios, cerciorándose que no haya carbones que se peguen y - que las colillas de los mismos no hagan contacto con el cuello del conmutador o la cercaza.

5. En bancos de rectificadores de potencia cambiar los-didos y fusibles en mal estado, verificando que se enfríen -correctamente.

3. Inspección semestral

1. Invertir polaridad de los anillos colectores de los-alternadores, puliendo dichos anillos.

2. Verificar la operación de los equipos de seguridad - y alarma, verificar dispositivos de sobrecarga del generador principal o alternador.

3. Arrancar motor Diesel, verificar voltajes y aparatos eléctricos en caliente para aplicar carga.

4. Reparación "A" (24 meses)

1. Retornear conmutadores de generadores principales si-es necesario.

2. Reemplazar juego de cepilleras del generador principal para su limpieza, verificando que los escantillones sean usados para dar mantenimiento. Quitar pintura aislante quemada de los cuellos del generador y anillos "V", y renovar - su pintura.

3. En locomotoras que tienen alternador, bajar sus ta-bleros de rectificadores para hacer una reparación más a fon-do, revisando sus ductos de aire, cuando ya esté todo armado y trabajando la locomotora, verificar que opere su dispositi-vo de alarma por falta de aire.

4. Reemplazar dispositivos de protección del motor Diesel para su comprobación en los bancos de prueba.

5. Limpiar caja de engranes del generador principal o - alternador y cambiar aceite, solicitando lo analice el departamento químico para detectar desgastes de engrane y chumaceras, reparando o corrigiendo lo que sea necesario.

5. Reparación "B" (48 meses)

1. Desconectar y retirar generador principal o alternador con su banco de rectificadores, para inspección o reparación, de acuerdo con registros.

2. Acoplar y alinear generador principal o alternador, aplicándole las guías de su base. En locomotoras EMD, verificar alineamientos de bases del motor Diesel y generador -- principal.

3. Conectar generador principal o alternador, aplicando su banco de rectificadores y conectándolo.

4. Aplicar y alinear codo engranado y sus guías, poner su flecha de acoplamiento y aceite a su caja de engranes, -- a su nivel.

5. Comprobar aparatos eléctricos en caliente, sus voltajes, RPM, cremalleras, interruptor, de baja presión de lubricante, aparatos que indiquen sobrecarga, tanto en generadores como en motores Diesel.

3.4 Necesidades de la implantación de un programa de mantenimiento preventivo actualizado.

Las instalaciones con que se cuenta actualmente para -- efectuar el mantenimiento se encuentran en condiciones inadecuadas ya que son las mismas con las que se trabajaba cuando había locomotoras de vapor. En cuando a los programas de manu

tenimiento de las locomotoras Diesel-Eléctricas han tenido pocos cambios en su estructuración.

Por lo cual se ha reflejado en el servicio de transporte debido a que no se cuenta con un programa de mantenimiento actualizado que satisfaga en condiciones regulares -- las demandas de crecimiento demográfico o industrial.

A medida que se ha venido incrementando el índice de -- población últimamente, la empresa se ha visto en la necesidad de proporcionar más y mejores servicios de transporte; -- para lo cual se ha comprado más equipo de arrastre asimismo -- como locomotoras Diesel-Eléctricas.

Sin embargo, a pesar de estas compras de locomotoras, -- no se abastece el servicio en forma eficiente, frecuente--- mente se transportan trenes aún cuando excedan la carga que puede -- mover cada locomotora, y los transportan así; debido a que -- se carece de un número suficiente de las mismas; aunado a es -- to las deficientes condiciones en las que se encuentra el -- sistema de vías férreas, el incorrecto mantenimiento que se -- les da a éstas, las excesivas curvas, las pendientes muy pro -- nunciadas, el mal mantenimiento que se le da en forma parti -- cular al grupo motor-generator de dichas locomotoras, las -- partículas de arena y cuerpos sólidos que penetran al motor -- Diesel cuando se están observando los conjuntos de potencia; -- lo cual origina que las locomotoras se desgasten prematura -- mente del equipo en general, por lo tanto, se hace necesario -- la reestructuración de un programa de mantenimiento preven -- tivo para el grupo motor-generator ya que éste es el alma -- de la locomotora Diesel-Eléctrica para que entregue sus con -- diciones nominales de potencia; pues al exceder la carga que -- puede mover la locomotora se desgastan principalmente los -- componentes del motor Diesel, así como del generador princi -- pal; los cuales tienen un excesivo calentamiento y esto hace -- que se disminuya el período de vida útil de toda la locomotora.

CAPITULO IV
INTRODUCCION

Las formas en las cuales se elaboró el programa de mantenimiento preventivo propuesto cuatrianual, son con el fin de que se lleve un control ordenado y que se tenga un manejo más fácil de los trabajos que se deberán realizar en las diferentes etapas, a través de las cuales se efectúa el mantenimiento en las locomotoras; las cuales son: revisión diaria o de viaje, inspección mensual, inspección semestral, reparación "A" (24 meses) y reparación "B" (48 meses).

Al margen izquierdo de las formas se encuentra la lista de conceptos que se deberán ejecutar; en el que primeramente están anotados aquellos que corresponden al motor Diesel (números progresivos sin signo de admiración), los cuales deberán ser efectuados por personal del área mecánica y luego -- los que corresponden al generador principal (número progresivo con signo de admiración ;), los que deberán ser efectuados por personal del área eléctrica. En algunos casos se requerirá la ayuda de obreros, airistas y gueros.

Al margen derecho de las formas se tiene el mes en que se deberán ejecutar los trabajos: en el que se toma la escala de meses, debido a que el ciclo total de mantenimiento -- preventivo comprende 48 meses y para efectos de tener una -- escala uniforme y de facilitar su entendimiento en todo el -- programa, se eligió la escala mencionada anteriormente.

Descripción de cada serie de conceptos

En la revisión diaria o de viaje se sombrea toda la --- escala del mes porque estos conceptos son realizados en forma continua día con día, siendo estos trabajos efectuados -- únicamente para verificar el equipo en las condiciones en -- que se encuentra, haciéndole correcciones mínimas.

En el sexto mes no se sombrea porque la locomotora es - internada al taller para efectuársele una inspección que requiere mayor tiempo y otros tipos de trabajos. Además porque la inspección semestral tiene una serie de trabajos a efectuar específicos y diferentes a la revisión diaria o de viaje y a la inspección mensual.

La inspección mensual se sombrea para que mes con mes - se lleve a cabo una serie de trabajos en el motor Diesel y el generador principal de la locomotora, los cuales requieren mayor tiempo y un mayor trabajo a efectuar que la revisión diaria o de viaje, El sexto mes no se sombrea por lo -- expuesto anteriormente.

En la inspección semestral se efectúan trabajos de mayor importancia para la conservación de la locomotora ya que son más conceptos aplicados al motor Diesel, el cual es la - parte fundamental de ésta. Por lo que para realizar estos -- trabajos se requiere más tiempo que para la inspección mensual.

Nota: En la inspección semestral están la mayor parte - de las modificaciones que se hicieron al programa, referentes al motor Diesel.

En la reparación "A" (24 meses) se efectúan trabajos -- sobre aquellas partes que han terminado su vida útil por degaste natural, reemplazándolas por otras que sean nuevas. En estos trabajos es necesario más tiempo que en la inspección- semestral.

En la reparación "B" (48 meses) se tiene que a la serie de conceptos que se enumeran, se anexan los conceptos de la reparación "A", con lo que el tiempo para realizar la reparación "B" es mayor.

Se tienen además cuadros en los que se sombrea con color negro la mitad izquierda del cuadro, debajo de la diagonal, lo cual representa que los trabajos deberán ejecutarse en el mes correspondiente; quedando la otra mitad derecha, arriba de la diagonal del cuadro para sombrear con color rojo para aquellos casos necesarios en los que los conceptos no se lleguen a ejecutar por diferentes motivos como son: -- falta de refacciones, falta de presupuestos, exceso de locos motoras internadas en el taller y por hechos imprevistos.

Además, se anexan las formas A-1, B-1 y C-1; las cuales ayudarán a llevar un control efectivo del mantenimiento.

Las formas A-1 son para llevar un control de la serie y marca de la locomotora, así como de la etapa del mantenimiento que se va a realizar. También se hará referencia de la serie de conceptos que le corresponden al programa de mantenimiento preventivo propuesto cuatrianual, así como las observaciones en las cuales se detallarán los conceptos no realizados. Esta misma forma contendrá como datos, al responsable de la reparación, así como los tiempos de inicio y terminación determinados por el supervisor. Esta forma deberá entregarse al mecánico y al electricista; mismo que la regresarán al mayordomo o supervisor con las observaciones realizadas, para que de esta manera se tenga un control.

Se considera por conveniencia "que todas las locomotoras acaban de ingresar al país y que se les dará por primera ocasión su mantenimiento".

Las formas B-1 para el control de tiempo en el que se realiza el mantenimiento de las locomotoras Diesel-Eléctricas contendrá el taller y la fecha en que se efectúa la reparación, número de hoja, serie de locomotora, hora de ini

cio y terminaci3n del mantenimiento asf como el tiempo total. Esta forma deber3 tenerse en la oficina de control del taller. Los datos se tomar3n de la forma A-1.

La forma C-1 es con el fin de llevar el control de aquellos conceptos no realizados para cada serie de locomotora asf como la marca de la misma, el cual; se efectu3 para aquella etapa del mantenimiento correspondiente ya antes mencionado.

En esta forma, su n3mero ser3 de acuerdo a la cantidad que se requiera para cada etapa, por lo que deber3 ser numerada progresivamente y anotada en el margen superior derecho.

La forma contiene la fecha en que no se efectuaron los conceptos, asf como el taller en que se realizaron los descritos en el programa de mantenimiento, y el mayordomo que autoriz3 dichos conceptos, exponi3ndose la causa por la que no se efectuaron.

El prop3sito de esta forma es de darle la importancia necesaria a aquellas locomotoras que est3n sobre su lfmite de seguridad y programarle su mantenimiento preventivo en un tiempo muerto, antes que se le tenga que aplicar un mantenimiento correctivo imprevisto, el cual es m3s elevado; ya que siempre sucede la falla cuando la locomotora va a salir de viaje, provocando serios trastornos en el servicio de transportes.

CONCEPTO								MES						
								1	2	3	4	5	6	7
21	En las locomotoras que tienen alternador revisar fusibles - indicadores, carbones y anillos.													
31	Reponer fusibles dañados y - ver que no haya interruptores térmicos puenteados.													
41	Comprobar el nivel de aceite de cajas de engranes del generador principal y cople magnético.													
51	Revisar cables conectores entre unidades que estén bien enchufados y que tengan su - tapa de seguridad.													

CONCEPTO	MES						
	1	2	3	4	5	6	7
2. Inspección mensual							
1. Antes de internar la locomotora a la casa de máquinas, -							
acelerar el motor Diesel hasta el quinto punto para localizar y corregir fugas en general.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
2. Examinar visualmente que no haya fugas en los sellos de aceite y revisar la lubricación del mecanismo de balancines y puentes de válvulas.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
3. Verificar índices del volante, tiempos de inyección, - cremalleras, luz de válvulas y ajustadores hidráulicos de puentes de válvulas.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
4. Comprobar RPM y sobrevelocidad del motor Diesel.	▲	▲	▲	▲	▲		▲

CONCEPTO	MES						
	1	2	3	4	5	6	7
1) Antes que la locomotora se interne en la casa de máquinas, soplar con aire limpio y seco, a 40 lb/plg ² , el equipo del gabinete y equipo eléctrico rotatorio en general.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
2) Examinar y limpiar el interior del pedestal de control y revisar que operen correctamente los interruptores de parar motor Diesel.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
3) Limpiar o cambiar filtros de coladores de gabinete eléctrico de acuerdo con la prueba establecida. Hacer limpieza a filtros centrifugos del generador o alternador, que se -							

C O N C E P T O	M E S						
	1	2	3	4	5		
encuentran localizados en el ducto de aire.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
41 Trapear todo el equipo eléctrico rotatorio; inspeccionando cepilleras y carbones, cambiando los que sean necesarios, cerciorándose que no haya carbones que se peguen y que las colillas de los mismos no hagan contacto con el cuello del conmutador o la carcaza.	▲	▲	▲	▲	▲		▲
51 En bancos de rectificadores de potencia cambiar los diodos y fusibles en mal estado, verificando que se enfríen correctamente.	▲	▲	▲	▲	▲		▲

C O N C E P T O	M E S						
	1	2	3	4	5	6	7
3. Inspección semestral							
1. Cambiar inyectores en general (cada segunda semestral después de una reparación -- "A" o "B").							
2. Quitar y lavar inyectores - cada inspección semestral y comprobar en banco de prueba su correcto funcionamiento.							
3. Efectuar prueba de compresión de llevando registro de las lecturas obtenidas.							
4. Revisar carbonización y limpiar los puertos de admisión de aire de los conjuntos de motores General Motors (EMD), que no se exceda de 1/16" de espesor, examinar uno de cada lado y llevar registro.							

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

CONCEPTO	MES						
	24	25	26	27	28	29	30
4 Reparación "A" (24 meses)							
1. Revisar compensador armónico y tren de engranes.							
2. Reemplazar bomba de alta - presión e inyectores, y re- visar tubos de alta presión.							
3. Reemplazar dispositivos de- tectores de gases en el co- lector de aceite y válvulas termostáticas de alta tempe- ratura del lubricante.							
4. Revisar o reparar mecanismos completos de sobreveloci - dad.							
5. Revisar cojinetes principales de acuerdo con las siguientes indicaciones; en motores de 8 cilindros.							

CONCEPTO	MES						
	24	25	26	27	28	29	30
los 2 y 4; de 12 cilindros							
los 2 y 6; de 16 cilindros							
los 2, 6 y 9; de 20 cilindros los 2, 5, 8 y 11.							
6. Medir acolchonamiento entre cabeza y pistón y llevar registros, en locomotoras General Motors.							
7. Lavar motor.							
4. Reparación "A" (24 meses)							
1) Reemplazar juego de cepilleras del generador principal para su limpieza, verificando que los escantillones sean usados para dar mantenimiento. Quitar pintura aislante quemada de los cuernos del generador y anillos							

No Hais Hoja

$\frac{86}{5}$

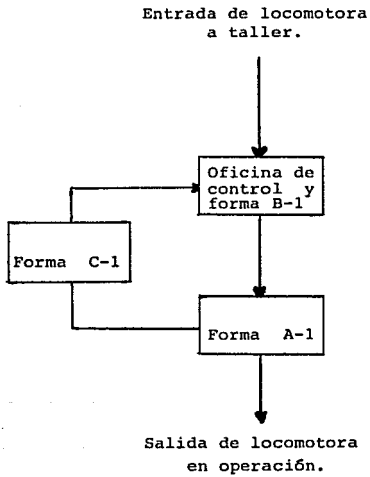
Forma A-1 para mantenimiento de las locomotoras
Diesel-Eléctricas.

Taller: _____		Hoja No. _____
Locomotora: _____	Marca: _____	Fecha: _____
Etapa de mantenimiento: _____		
(Concepto que le corresponde al programa de mantenimiento -- preventivo propuesto cuatrianual)		
Observaciones (detallar conceptos no realizados):		
Responsable de la reparación y tarjeta No.		
Solo para el supervisor.		
Hora de inicio: _____		Hora de terminación: _____

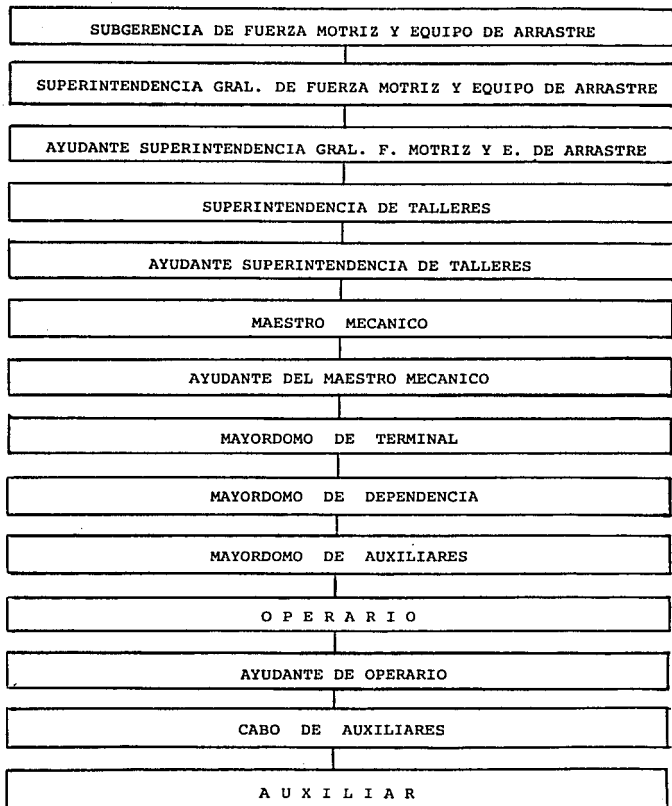
Forma C-1 para controlar los conceptos no realizados.

Locomotora serie: _____		Marca: _____		Hoja No. _____	
Etapa del mantenimiento: _____					
Conceptos no realizados		Fecha	Taller	Mayordomo Autorizó	Causa

DIAGRAMA DE FLUJO PARA EJECUTAR EL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO



4.2 Organigrama de la Subgerencia de Fuerza Motriz



4.3 Modificación básica de las instalaciones para mejorar - el mantenimiento.

Introducción

Debido a que en las instalaciones donde se efectúa la - revisión diaria o de viaje se encuentran a la intemperie, -- la cual se refleja en la contaminación del medio ambiente; - por lo que es necesario llevar a cabo cambios que lo mejo-- ren, a continuación se enuncia una modificación básica:

Sistema para llenar los depósitos de arena de las loco- motoras.

El sistema por las condiciones en que se encuentran ac- tualmente como se muestra en la figura 9. (línea continua)- provoca que el medio ambiente sea contaminado con pequeñas - partículas de arena lanzadas por éste, a una distancia prome- dio de 250 metros a 1 kilómetro a la redonda, dando como re- sultado que, estas partículas vayan a dar al sistema de los- conjuntos de potencia del motor Diesel al abrirse las venta- nillas laterales para realizar la revisión diaria o de via- je.

Estas partículas al introducirse en los conjuntos de -- potencia provocan que las camisas del cilindro, bielas, fle- cha principal, chumaceras principales y en sí, todos aque- llos elementos metálicos que están en movimiento, se desgastan prematuramente.

Es por esto, que el sistema de areneros requiere una -- modificación tal como se muestra en la figura 9 (línea sec- cionada) con lo que se tendrá que las partículas no serán -- lanzadas al aire sino que irán a dar a un tanque con agua y- una capa de aceite, lo cual dará mayor seguridad evitando que salga al medio ambiente cualquier partícula de arena.

No

HAY HOSA

56
56

Descripción de gráficas para determinar los tiempos de mantenimiento preventivo.

En las gráficas para determinar los tiempos de mantenimiento preventivo se tienen en el margen izquierdo el número de la serie de conceptos, siguiéndole en este orden la descripción del servicio de los trabajos a realizar en la revisión diaria o de viaje, inspección mensual, inspección semestral, reparación "A" y reparación "B", después se tiene el tiempo que se necesita para cada trabajo del motor Diesel y del generador y por último al margen derecho el número de personal por cada concepto.

En el margen derecho de la parte inferior se tiene la escala de horas (designada por letra A) y la escala de días (designadas por letra B).

Nota: en el programa de mantenimiento, un día normal de trabajo se considera de 8 horas hábiles.

4.4. Gráfica para determinar los tiempos de mantenimiento preventivo

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio	Personal
	Revisión diaria o de viaje con el motor Diesel trabajando		
1.	Localizar ruidos anormales del motor Diesel.		2 mecánicos
2.	Verificar el nivel de aceite lubricante.		2 mecánicos
3.	Purgar los depósitos de asentamiento de la cámara de aire del motor Diesel.		2 mecánicos
4.	Localizar y corregir fugas de aceite lubricante.	A	1 mec., 1 obrero
11	Revisar generador principal. Se revisará que las cajas de arco de contacto de potencia están colocadas correctamente.		1 eléctrico
21	En las locomotoras que tienen alternador revisar fusibles indicadores, carbones y anillos.		
31	Reponer fusibles dañados y ver que no haya interruptores térmicos puenteados.		1 eléctrico
41	Comprobar el nivel de aceite de caja de engranes del generador principal y cople magnético.		1 eléctrico
51	Revisar cables conectores entre unidades que estén bien enchufados y que tengan su tapa de seguridad.	A	1 eléctrico
	Inspección mensual		
1.	Antes de internar la locomotora a la casa de máquinas, acelerar el motor Diesel hasta el		
		0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	HORAS (A)
		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio										Personal
	quinto punto para localizar y corregir fugas en general.											1 obrero, el mec.
2.	Examinar visualmente que no haya fugas en los sellos de aceite y revisar la lubricación del mecanismo de balancines y puentes de válvulas.	A										2 mecánicos
3.	Verificar índices del volante tiempos de inyección, cremalleras, luz de válvulas y ajustadores hidráulicos de puentes de válvulas.	A										2 mecánicos
4.	Comprobar RPM y sobrevelocidad del motor Diesel.	A										1 mec., 1 alé.
5.	Inspeccionar:											
	a) Pistones, anillos, cilindros y bielas.											
	b) Que no haya fugas de agua en los cilindros.											
	c) Chumaceras principales de conexión por calentamiento y juego lateral.											
	d) Que no haya tornillos o tuercas de bielas flojos, faltos de chavetas así como en las bridas principales.											
	e) Verificar que no haya partículas metálicas en el colector de aceite, colador o filtros de lubricante.	A										2 mecánicos
6.	Inspeccionar el cuerpo del motor Diesel.											
	a) Apretando tuercas y tornillos flojos.											

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio	Personal
	b) Revisando que no haya partículas matálicas en la chumacera y en los recodos del cuerpo del motor.		
	c) Verificar que no haya cremalleras pegadas (engrasar mecanismos de éstas).		
	d) Localizar fugas de combustible.	A	2 mecánicos
7	Revisar la operación de la válvula de cortar combustible en casos de emergencia.		1 mecánico
11	Antes de que la locomotora se interne a la casa de máquinas, soplar con aire limpio y seco a 40 lb/plg ² , el equipo del gabinete y equipo eléctrico rotatorio en general.	A	2 eléctricos
21	Examinar y limpiar el interior del pedestal de control y revisar que operen correctamente los interruptores de parar el motor Diesel.		
31	Limpiar o cambiar filtros de coladores de gabinetes eléctrico de acuerdo con la prueba establecida.	A	2 eléctricos
41	Trapear todo el equipo eléctrico rotatorio; inspeccionando cepilleras y carbones, cambiando los que sean necesarios, cerciorándose que no haya carbones que se paguen y que las colillas de los		

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio	Personal
	mismos no hagan contacto con el cuello del conmutador o la carcasa.	A	2 eléctricos
51	En bancos de rectificadores de potencia cambiar los diodos y fusibles en mal estado, verificando que se enfrien correctamente.	A	2 eléctricos
61	Verificar la operación de los equipos de seguridad y alarma, verificar dispositivos de sobrecarga del generador principal o alternador.	A	2 eléctricos
	Inspección semestral		
1.	Cambiar inyectores en general (cada segunda semestral después de una reparación "A" o "B")	A	2 mecánicos
2.	Quitar y lavar inyectores cada inspección semestral y comprobar en banco de prueba su correcto funcionamiento.	B	2 mecánicos
3.	Efectuar prueba de compresómetro llevando registro de lecturas obtenidas.	A	2 mecánicos
4.	Revisar carbonización y limpiar los puertos de admisión de aire de los conjuntos de motores General Motors, que no se exceda de 1/16" de espesor, examinar uno de cada lado y llevar registro. Si hay más de 1/16", hacer limpieza en general a los puertos de		

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio										Personal	
	admisión en todos los conjuntos.											A	2 obreros, 2 meca
5j	Verificar que la posición de los indicadores del volante o disco graduado y tiempo de encendido del motor Diesel sean correctos.												2 mecánicos
6.	En locomotoras General Motors revisar tren de engranes.	A											2 mecánicos
7.	Aplicar presión hidráulica al motor diesel que no exceda de 45 lb/plg ² .	A											2 obreros, 2 meca
8.	Tomar lecturas de deflexión del cigüeñal y juego longitudinal llevando registros. Examinar bielas en general.	A											2 mecánicos
9.	Cambiar aceite lubricante y filtrar cada seis meses o 245 000 km de recorrido	A											2 mecánicos
10.	Después de drenar el aceite quemado, aplicar una presión de aire de 45 lb/plg ² al motor Diesel.	A											2 mecánicos
11.	De acuerdo con la prueba del compresómetro y los registros correspondientes, cambiar los conjuntos que se encuentren en mal orden.											A	2 mecánicos
12.	Prelubricar motor Diesel, girar motor manualmente sin utilizar el sistema de arranque.	A											2 mecánicos
11.	Retornar conmutadores de generadores principales si es necesario.										B		4 eléctricos

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio										Personal		
21	Invertir polaridad de los anillos colectores de los alternadores, puliendo dichos anillos.													2 eléctricos
31	Arrancar motor Diesel, verificar voltajes y aparatos eléctricos en caliente para aplicar carga.											A		2 eléctricos
	Reparación "A" (24 meses)													
1.	Revisar compensador armónico y tren de engranes.											A		2 mecánicos
2.	Reemplazar bomba de alta presión e inyectores, y revisar tubos de alta presión.											A		2 mecánicos
3.	Reemplazar dispositivos detectores de gases en el colector de aceite y válvulas termostáticas de alta temperatura del lubricante											A		2 Cobreros, 2 mec
4.	Revisar o reparar mecanismos completos de sobrevelocidad.												A	2 mecánicos
5.	Revisar cojinetes principales de acuerdo con las siguientes indicaciones; en motores de 8 cilindros los 2 y 4; de 12 cilindros los de 2 y 6; de 16 cilindros los 2,6 y 9; de 20 cilindros los 2,5,8 y 11.													A 2 mecánicos
6.	Medir acolchonamiento entre cabeza y pistón y llevar registros, en locomotoras General Motors.												A	2 mecánicos
7.	Lavar motor.											A		2 mecánicos

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (H)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio										Personal	
11	Reemplazar juego de cepille-- ras del generador principal - para su limpieza, verificando que los escantillones sean -- usados para dar mantenimiento Quitar pintura aislante quema da de los cuellos del genera- dor y anillos "V", y renovar- su pintura.											B	2 eléctricos
21	En locomotoras que tienen al ternador, bajar sus tableros de rectificadores para hacer una reparación más a fondo,- revigando sus ductos de aire, cuando ya esté todo armado y trabajando la locomotora, ve- rificar que opere su disposi- tivo de alarma por falta de aire.											B	2 eléctricos
31	Reemplazar dispositivos de -- protección del motor Diesel - para su comprobación en los bancos de prueba.											B	2 eléctricos
41	Limpiar caja de engranes del- generador principal o alterna- dor y cambiar aceite, solici- tando lo analice el departa- mento químico para detectar - desgaste de engranes y chuma- ceras, reparando o corrigien- do lo que sea necesario.											B	2 eléctricos
	Reparación "B" (48 meses)												
1.	Bajar gobernador, colectores de escape, desconectar motor Diesel y prepararlo para												

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

No.	Descripción del servicio	Gráfica del servicio										Personal
	bajarse.	A										2 obreros, 2 mecs.
2.	Bajar motor Diesel.	A										2 obreros, 1 guero
3.	Rectificar bases en la estructura para asiento del motor - Diesel.											2 mecánicos
4.	Aplicar motor Diesel reparado, alinear y apretarlo, acondicionar guías y sus topes.								A			2 mecánicos
5.	Girar motor manualmente con los purgadores abiertos, sin utilizar el sistema de arranque y apretarlo para trabajar.								A			2 mecánicos
6.	Trabajar motor durante 60 minutos en holgar y durante 20 minutos en cada punto del regulador, parando el motor al final de cada uno de estos --- tiempos programados para verificar temperaturas de cojinetes y mecanismos en general.								A			2 mecánicos
7.	Verificar motor en caliente, dispositivos de seguridad del motor Diesel, y velocidad, sobrevelocidad y enterrarlo para carga.								A			2 mecánicos
8.	Aplicar carga 20 minutos por cada punto del regulador y dos horas en el octavo punto.								A			2 mecánicos
11	Desconectar y retirar generador principal o alternador con su banco de rectificadores, para inspección o reparación de acuerdo con registros.											B 4 eléctricos
21	Acoplar y alinear generador -											

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 HORAS (A)
 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 DIAS (B)

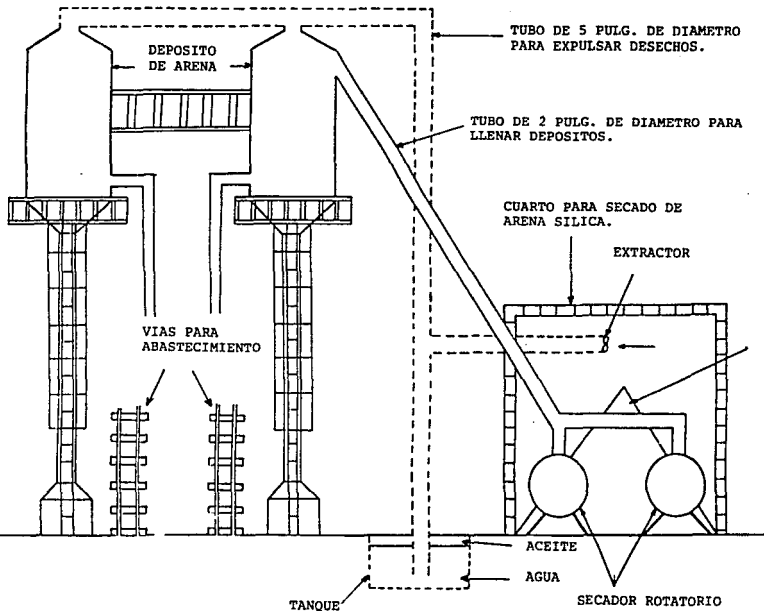


FIG. 9 SISTEMA PARA LLENAR LOS DEPOSITOS DE ARENA DE LAS LOCOMOTORAS.

4.5 Localización de fallas

Tablero detector de fallas

Las fallas por corriente en el generador principal originan (por acción transformadora) ondas de corriente en el circuito de campo del generador. El cable de excitación que viene de los rectificadores controlados a los devanados del campo del generador pasa por el bastidor del transformador de corriente y envía una señal al circuito detector de fallas. El circuito amplifica esa señal y excita momentáneamente al relevador detector de fallas, el que luego se mantiene excitado por medio de un pasador mecánico en el relevador. Esto se observa en el tablero detector de fallas.

Relevador detector de fallas

Al producirse un corto-circuito como cuando falla un diodo del generador principal, un flamazo en los motores -- de tracción o una falla del contactor de potencia; el circuito detector de fallas envía una señal al relevador detector de fallas. Cuando el relevador se ha disparado, suena la campana de alarma, el motor Diesel vuelve a la velocidad de holgar, se pierde la excitación del generador y se enciende la luz del relevador de tierra para indicar que éste se ha disparado. El relevador detector de fallas se mantiene en su posición de disparo por medio de un cierre mecánico y deberestablecerse oprimiendo el botón restablecedor del relevador de tierra que se encuentra en el pedestal de control del motor.

Contactor de bomba de combustible

El propósito del contactor de la bomba de combustible es lograr que pare el motor Diesel cuando se oprima el botón de parar o cualquiera de los botones de corte de combustible por emergencia.

Relevador de tierra

El relevador de tierra es un dispositivo de protección que se utiliza para detectar tierras en el circuito de alto voltaje. No detecta las tierras de bajo voltaje. Al dispararse el relevador se enciende la luz de aviso correspondiente, suena la campana de alarma, se desexcita el generador de -- tracción y la velocidad del motor Diesel se reduce a holgar. El relevador se mantiene en posición disparado por medio de un trinquete mecánico y debe restablecerse oprimiendo el botón restaurador en el pedestal de control del motor.

Relevador de sobrevoltaje

El alto voltaje es nocivo para los diodos de potencia en el conjunto rectificador del alternador ARI0; este alto voltaje puede producirse durante un funcionamiento anormal; -- por ejemplo, por un relevador de transición mal calibrado, -- por no ocurrir oportunamente las transiciones o por la apertura de los contactores de potencia cuando aún no hay excitación en el campo del alternador. Puede producirse también cuando todas las ruedas patinan simultáneamente.

El relevador de sobrevoltaje está conectado a través -- del alternador de tracción y el circuito está calibrado para hacer que el relevador opere cuando el alternador de tracción esté entregando 1000 volts de corriente continua.

Localización de un cilindro defectuoso o ruidoso

Un cilindro que no enciende debidamente tendrá su tubo de escape más frío que el de otro que trabaje normalmente -- (estando el motor holgando). Esto puede ser consecuencia de:

- a) Válvulas de escape con fugas excesivas
- b) Inyector defectuoso
- c) Mala sincronización del inyector o ajuste defectuoso

de su cremallera de control

- d) Filtro de inyector sucio
- e) Burbujas de aire en el inyector
- f) Fugas excesivas por los anillos del pistón
- g) Pistón reventado

Una válvula de escape con fugas puede localizarse desde fuera de la locomotora por un soplo pronunciado en el tubo de escape, con el motor funcionando a velocidad lenta en vacío.

Fallas en el sistema de lubricación

a) Falta de aceite en la cámara del colador. Esto puede suceder por mal funcionamiento del sistema de extracción o por qué esté abierta la válvula de purga. La falla del sistema de extracción puede ser debida a que alguna conexión de su tubería esté rota o floja, permitiendo fugas de aire; a que la bomba de extracción esté defectuosa; a obstrucción en la malla de succión o bajo nivel de aceite en el colector.

b) Baja presión del aceite lubricante. Esto puede deberse a que la válvula de alivio esté pegada o tenga en su asiento alguna partícula extraña que la mantenga abierta, o roturas en la tubería de aceite, obstrucciones en los coladores de succión, desgaste excesivo de las chumaceras, baja viscosidad del lubricante, defectos en la bomba o falta de aceite en la caja de coladores.

c) Falta de la bomba. Esto puede suceder por rotura de las cuñas de los engranes de la bomba, rotura de la caja de la bomba o engranes deteriorados.

d) Dilución del lubricante. Es posible que el aceite combustible se mezcle con el lubricante cuando alguna de las tuberías de combustible entre el repartidor y el inyector es

té defectuoso. Puede suceder también que el lubricante esté contaminado con agua, lo cual puede comprobarse visualmente en el colector de aceite en la parte superior de las cabezas de los cilindros o tomando una muestra de aceite.

e) Consumo excesivo de lubricante. Esto puede ser consecuencia de fugas de aceite, anillos de pistón pegados o rotos, cilindros desgastados, deterioro de los sellos de aceite, obstrucciones en la malla del separador de aceite, aceite de calidad inadecuada o bien obstrucción de los agujeros de descarga situados abajo de los anillos de aceite del pistón.

f) Consumo reducido o nulo de aceite lubricante. Esto puede deberse a fugas de agua o de combustible al aceite lubricante.

CAPITULO V
INTRODUCCION

Para realizar el análisis económico, se considerarán -- los Costos Vigentes al 1ro. de octubre de 1990, tanto de refacciones como de mano de obra. Los salarios mensuales del personal que ejecuta el mantenimiento son los siguientes.

Categorías	Salarios Mensuales
a) Mecánico.....	\$ 710,553.75
b) Mecánico ayudante.....	595,607.16
c) Electricista.....	710,553.75
d) Electricista ayudante.....	595,607.16
e) Cobrero.....	710,553.75
f) Airista.....	710,553.75
g) Gruero.....	710,553.75

Los precios de los materiales más importantes empleados para la reparación del motor Diesel y del generador principal, se presentan en hojas posteriores.

Además, el análisis económico se estimó por locomotora, ya que el mantenimiento es repetitivo para todas las locomotoras. Este análisis es exclusivo para el mantenimiento del motor Diesel y del generador principal.

Se ha observado en base a estadística, que por no tener un buen mantenimiento; el número de locomotoras en mal estado es numeroso, además de que se tiene un mal manejo de inventarios; al no surtir a tiempo las refacciones y materiales necesarios en el taller al momento de efectuar las operaciones de mantenimiento.

Es también importante mencionar que el tener una locomotora de 3000 HP descompuesta, tiene un costo aproximado de - 200 a 300 millones de pesos por cada 24 horas, por lo que podemos considerar un costo promedio de 240 millones de pesos. Este costo se suma al costo del deficiente mantenimiento que se aplica por unidad.

Costo de materiales más importantes del Motor Diesel.

Material	cantidad	costo unitario en \$	costo total en \$
1.- Motor Diesel completo reconstruido.	1	387'842,000	387'842,000
2.- Cabeza de cilindro	8	2'223,229.68	17'785,837
3.- Balancines de escape	8	364,631.148	2'917,049
4.- Válvulas de escape	16	140,905.982	2'917,049
5.- Puente de Válvulas	8	203,646.884	1'629,175
6.- Ajustador hidraulico de juego	8	17,691.562	141,532.5
7.- Filtros de aceite	8	27,168.00	217,344
8.- Generador	1	13'736,766.96	13'736,767
9.- Aceite lubricante (litros)	920	4,560	4'195,200
10.- Cilindros	8	2'508,621.720	20'068,974
11.- Cigüeñal	1	48'673,723.49	48'673,723
12.- Chumaceras principales	18	2'818,121.891	50'726,194
13.- Collares de empuje cigüeñal	2	134,551.34	269,103
14.- Engrane impulsor de auxiliares	1	4'255,999.104	4'255,999
15.- Tren de engranes impulsor del arbol de levas	1	12'991,752.312	12'991,752
16.- Arbol de levas	2	17'929,309.146	35'858,618
17.- Interruptor de sobrevelocidad	1	7'974,786	7'974,786
18.- Conjunto de potencia	8	8'564,995	68'519,960
19.- Ventilador Roots	2	26'591,700.548	53'183,401
20.- Inyectores	8	1'028,527.15	8'228,217
21.- Dispositivos detectores de gases en el colector de aceite	1	1'344,678.048	1'344,678
22.- Válvula termostática en el colector de aceite	1	199,157	199,157

Costo de materiales más importantes del Generador Principal

Material	cantidad	costo unitario en \$	costo total en \$
1.- Alternador principal completo (nuevo)	1	150'065,020	150'065,020
2.- Estator	1	9'868,490.56	9'868,490.56
3.- Rotor	1	29'834,000	29'834,000
4.- Porta Carbones	2	69,035.876	138,072
5.- Carbones	4	15,543.514	62,174
6.- Rodamientos	2	980,703.248	1'961,406
7.- Anillos colectores	1	3'437,056	3'437,056
8.- Muelle para cepillera	2	21,778.82	43,557
9.- Diodos de potencia	4	281,155.616	1'124,622
10.- Fusibles	3	71,124.266	213,373

CAPITULO V
ANALISIS ECONOMICO

5.1 Costo del mantenimiento vigente

Motor Diesel operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
I. Revisión diaria o de viaje			
1.- Localizar ruidos anormales	1,138.7		1,138.7
2.- Verificar el nivel de aceite lubricante	1,138.7	4,560	5,698.7
3.- Purgar depósitos de asentamiento	1,138.7		1,138.7
4.- Localizar y corregir fugas de aceite	3,416.1		3,416.1
SUMAS	6,832.2	4,560	11,392.2
II. Inspección mensual			
1.- Internar locomotora a casa de máquinas y corregir fugas en general	2,846.7		2,846.7
2.- Observar que no haya fugas de aceite en los sellos y - revisar lubricación y balanceos y puentes de válvulas	3,985.5		3,985.5
3.- Verificar índice del volante, tiempo de inyección, cremalleras, luz de válvulas y ajustadores hidráulicos	13,664.5		13,664.5
4.- Comprobar RPM y sobrevelocidad del motor Diesel	6,832.2		6,832.2
5.- Inspeccionar conjuntos de potencia en general, y verificar que no haya metales en el -			

Motor Diesel operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
colector	13,664.5		13,664.5
6.- Apretar tuercas y torni-- llos flojos del motor; y- verificar que no haya cre- malleras pegadas ni fugas de combustible	6,832.2		6,832.2
SUMAS	47,825.6	0.	47,825.6
III. Inspección semestral			
1.- Cambiar inyectores (cada- segunda semestral después de una reparación "A" o - "B")	54,657.9	8'228,217.0	8'282,874.9
2.- Efectuar prueba de compre- sómetro	6,832.2		6,832.2
3.- Inspeccionar arboles de - levas y balancines	6,832.2		6,832.2
4.- Limpiar puertos de admi-- sión de los conjuntos de- potencia	54,657.98		54,657.98
5.- Verificar posición de in- dicadores del volante y - tiempo de encendido	3,416.		3,416.
6.- Revisar tren de engranes	3,416.		3,416.
7.- Aplicar presión hidrãuli- ca al motor Diesel de --- 45lb/plg ²	13,664.5		13,664.5
8.- Revisar operación de vãl-			

Motor Diesel operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
vula de cortar combustible	3,416		3,416.
9.- Tomar lecturas de defle-- xión del cigüeñal y exami narbielas	6,832		6,832.0
10.- Prelubricar motor Diesel	6,832	4'195,200.0	4'202 032.0
SUMAS	160,556.76	12'423,417.0	12'588,973.8
IV. Reparación "A" (24 meses)			
1.- Cambiar conjuntos que se encuentren en mal orden	68,322.0	68'517,960.0	68'586,283.
2.- Revisar compensador armó- nico y tren de engranes	6,832		6,832
3.- Reemplazar bomba de alta- presión e inyectores	6,832	8'228,217.0	8'235,049
4.- Reemplazar dispositivos - detectores de gases en co lector y válvulas termos- táticas	27,329	1'543,835.	1'571,164
5.- Reparar mecanismos de so- brevelocidad	68,323.	7'974,786	8'043,109
6. Revisar cojinetes princi- pales	68,323		68,323
7. Medir acolchonamiento en- tre cabeza y pistón	20,497		20,497.
8. Lavar motor	13,664	12,337	26,001.
	280,122.	86,277,135.	86'557,257'

Motor Diesel Operación	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
V. Reparación "B" (48 meses)			
1. Bajar gobernador, colectores de escape y desconectar motor.	13,664.5		13,664.5
2. Bajar motor Diesel.	10,248.		10,248.
3. Rectificar bases para asiento del motor.	109,316.		109,316.
4. Instalar motor Diesel reparado.	54,658.	387'842,000.	387'896,658.
5. Girar motor manualmente con purgadores abiertos.	13,664.5		13,664.5
6. Trabajar motor durante 60 minutos en holgar y durante 20 minutos en cada punto del regulador.	34,161.		34,161.
7. Verificar dispositivos de seguridad y accesorios del motor.	27,329.		27,329.
8. Aplicar carga 20 minutos por cada punto del regulador y 2 horas en el octavo punto.	27,329.		27,329.
SUMAS	290,370.	387'842,000.	388'132,370.

Generador principal Operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
1. Revisión diaria o de viaje			
1. Revisar generador principal	1,366.		1,366.
2. Revisar fusibles, carbones, - etc.	1,366.		1,366.
3. Reponer fusibles dañados.	1,366.	213,373.	214,739.
4. Verificar nivel de aceite - de caja de engranes y cople	1,366.	9,120.	10,486.
5. Revisar cables conectores.	1,366.		1,366.
SUMAS	6,830.	229,493.	229,323.
II. Inspección mensual			
1. Antes de internar locomoto- ra a casa de máquinas, so- pletar el equipo eléctrico en general.	13,664.		13,664.
2. Limpiar el pedestal de con- trol y operar interruptores	2,846.		2,846.
3. Limpiar filtros de coladores	3,986.		3,986.
4. Trapear e inspeccionar todo el equipo eléctrico rotato- rio.	6,832.	84,439	91,271.
5. Cambiar diodos y fusibles - de bancos rectificadores de de- potencia.	34,162.	1'337,995.	1'372,157.
SUMAS	61,490.	1'422,434.	1'483,924.

Generador principal Operación:	Mano de obra en 4	Refacciones en \$	Costo Total en \$
III. Inspección semestral			
1. Pulir anillos colectores de los alternadores.	13,664.		13'664.
2. Verificar operación de equipos de seguridad y alarma.	3,416.		3,416.
3. Arrancar motor Diesel para verificar voltajes.	54,658.		54,658.
SUMAS	71,738	0.	71,738.
IV. Reparación "A" (24 meses)			
1. Retornear conmutadores del generador principal.	40,993.		40,993.
2. Cambiar cepilleras del generador y quitar pintura quemada de sus cuellos.	273,290.	243,803.	517,093.
3. Reparar a fondo, tableros rectificadores de potencia.	273,290.	1'124,622.	1'397,912.
4. Reemplazar dispositivos de protección del motor Diesel	163,974.	2'440,000.	2'603,974.
5. Limpiar caja de engranes del generador y cambiar aceite.	273,290.	45,600.	318,890.
SUMAS	1'024,837.	3'854,025.	4'878,862.

Generador principal Operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
V. Reparación "B" (48 meses)			
1. Desconectar y retirar generador principal para reparación.	1'093,159.6	49'971,651.	51'064,811.
2. Acoplar y alinear generador principal.	109,316.		109,316.
3. Conectar generador principal y banco de rectificadores.	109,316.		109,316.
4. Aplicar codo engranado, poner flecha de acoplamiento y aceite a caja de engranes	409,935.	91,200.	501,135.
5. Verificar voltajes, RPM, - cremalleras y aparatos que indiquen sobrecarga.	491,922.		491,922.
SUMAS	2'213,649.	50'062,851.	52'276,500.

5.2 Costo del programa de mantenimiento propuesto

Motor Diesel Operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
I. Revisión diaria o de viaje			
1. Localizar ruidos anormales	1,138.7		1,138.7
2. Verificar el nivel de aceite lubricante.	1,138.7	4,560.	5,698.7
3. Purgar depósitos de asentamiento.	1,138.7		1,138.7
4. Localizar y corregir fugas de aceite.	3,416.1		3,416.1
SUMAS	6,832.2	4,560.	11,392.2
II. Inspección mensual			
1. Internar locomotora a casa de máquinas y corregir fugas en general.	2,846.7		2,846.7
2. Observar que no haya fugas de aceite en los sellos y revisar lubricación de balancines y puentes de válvulas.	3,985.5		3,985.5
3. Verificar índices del volante, tiempos de inyección, cremalleras, luz de válvulas y ajustadores hidráulicos.	13,664.5		13,664.5
4. Comprobar RPM y sobrevelocidad del motor Diesel.	6,832.2		6,832.2
5. Inspeccionar conjuntos de potencia en general y verificar que no haya metales en el colector.	13,664.5		13,664.5

Motor Diesel Operación:	Mano de obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
6. Apretar tuercas y tornillos flojos del motor; y verificar que no haya cremalleras pegadas ni fugas de combustible.	4,269.7		3,269.7
7. Revisar operación de válvulas de cortar combustible.	3,416.		3,416.
SUMAS	47,679.1	0.	47,679.1
III. Inspección semestral.			
1. Cambiar inyectores (cada segunda semestral después de una reparación "A" o "B")	54,657.9	8'228,217.0	8'282,875.0
2. Lavar inyectores cada 6 meses	163,974.		163,974.
3. Efectuar prueba de compresión metro.	6,832.2		6,832.2
4. Limpiar puertos de admisión de los conjuntos de potencia	54,657.9		54,657.9
5. Verificar posición de indicadores del volante y tiempo de encendido.	3,416.		3,416.
6. Revisar tren de engranes.	3,416.		3,416.
7. Aplicar presión hidráulica al motor Diesel de 45 lb/plg ²	13,664.5		13,664.5
8. Tomar lecturas de deflexión del cigüeñal y examinar bielas.	6,832.		6,832.

Motor Diesel Operación:	Mano de Obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
9. Cambiar aceite lubricante y filtros cada seis meses.	6,832.00	4'412,544.-	4'419,376.-
10. Después de drenar el aceite quemado, aplicar una presión de aire de 45 lb/plg ² al motor-----	6,832.00		6,832.-
11. Cambiar conjuntos que se encuentren en mal orden---	68,322.00	68'517,960.-	68'586,282.-
12. Prelubricar motor diesel--	6,832.00		6,832.-
SUMAS	396,268.5	81'158,721.-	81'554,989.6
IV. Reparación "A" (24 meses)			
1. Revisar compensador armónico y tren de engranes-----	6,832.00		6,832.-
2. Reemplazar bomba de alta presión e inyectores-----	6,832.00	8'228,217.-	8'235,049.-
3. Reemplazar dispositivos de tectores de gases en colector y válvulas termostáticas-----	27,329.00	1'543,835.-	1'571,164.-
4. Reparar mecanismo de sobre velocidad-----	68,323.00	7'974,786.-	8'043,109.-
5. Revisar cojinetes principales-----	68,323.00		68,323.-
6. Medir alcochonamiento entre cabeza y pistón-----	20,497.00		20,497.-
7. Lavar motor-----	13,664.00	12,337.-	26,001.-
SUMAS	211,800.00	17'759,175.-	17'970,975.-

Motor Diesel Operación:	Mano de Obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
V. Reparación "B" (48 meses)			
1. Bajar gobernador, colectores de escape y desconectar motor-----	13,664.5		13,664.5
2. Bajar motor Diesel-----	10,248.		10,248.
3. Rectificar bases para -- asiento del motor-----	109,316.		109,316.
4. Instalar motor Diesel reparado-----	54,658.	387'842,000.	387'896,658.
5. Girar motor manualmente con purgadores abiertos-----	13,664.5		13,664.5
6. Trabajar motor durante 60 minutos en holgar y durante 20 minutos en cada punto del regulador-----	34,161.		34,161.
7. Verificar dispositivos de seguridad y accesorios del motor-----	27,329.		27,329.
8. Aplicar carga 20 minutos - por cada punto del regulador y 2 horas en el octavo punto-----	27,329.		27,329.
SUMAS	290,370.	387'842,000.	

Generador principal Operación:	Mano de Obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
I. Revisión Diaria o de Viaje			
1. Revisar generador principal-----	1,366.		1,366.
2. Revisar fusibles, carbones, etc.-----	1,366.		1,366.
3. Reponer fusibles dañados--	1,366.	213,373.	214,739.
4. Verificar nivel de aceite de cajas de engranes y co- ple-----	1,366.	9,120.	10,486.
5. Revisar cables conecto- res-----	1,366.		1,366.
SUMAS	6,830.	222,493.	229,323.
II. Inspección mensual			
1. Antes de internar locomoto- ra en casa de máquinas, so- pletar el equipo eléctrico en general-----	13,664.		13,664.
2. Limpiar el pedestal de con- trol y operar interrupto- res-----	2,846.		2,846.
3. Limpiar filtros de colado- res-----	3,986.		3,986.
4. Trapear e inspeccionar to- do el equipo eléctrico ro- tatorio-----	6,832.	84,439.	91,271.
5. Cambiar diodos y fusibles de bancos rectificadores -- de potencia-----	34,162.	1'337,995.	1'372,157.
6. Verificar operación de -- equipos de seguridad y --- alarma-----	3,416.		3,416.
SUMAS	64,906.	1'422,434.	1'487,340.

Generador Principal Operación:	Mano de Obra en	Refacciones en \$	Costo Total en \$
III. Inspección semestral			
1. Retornear conmutadores del generador principal-----	40,993.		40,993.
2. Pulir anillos colectores - de los alternadores-----	13,664.		13,664.
3. Arrancar motor Diesel para verificar voltajes-----	54,658.		54,658.
SUMAS	109,315.	0.	109,315.
IV. Reparación "A" (24 meses)			
1. Cambiar cepilleras del generador y quitar pintura - quemada de sus cuellos----	273,290.	243,803.	517,093.
2. Reparar a fondo, tableros rectificadores de potencia-----	273,290.	1'124,622.	1'397,912.
3. Reemplazar dispositivos de protección del motor Diesel-----	163,974.	2'440,000.	2'603,974.
4. Limpiar caja de engranes - del generador y cambiar -- aceite-----	273,290.	45,600.	318,890.
SUMAS	983,844.	3'854,025.	4'837,869.

Generador principal Operación:	Mano de Obra en \$	Refacciones en \$	Costo Total en \$
V. Reparación "B" (48 meses)			
1. Desconectar y retirar generador principal para reparación-----	1'093,159.6	49'971,651.	51'064,811.
2. Acoplar y alinear generador principal-----	109,316.		109,316.
3. Conectar generador principal y banco de rectificadores-----	109,316.		109,316.
4. Aplicar codo engranado, poner flecha de acoplamiento y aceite a caja de engranes-----	409,935.	91,200.	501,135.
5. Verificar voltajes, RPM, - cremalleras y aparatos que indiquen sobrecarga-----	491,922.		491,922.
SUMAS	2'213,649.	50'062,851.	52'276,500.

Costo de materiales para la modificación propuesta de la --
instalación.

Tubo de 5 plg de diámetro (1 metro).....	\$ 41,666
500 ladrillos.....	175,000
Cemento (3 bultos).....	51,000
Arena.....	100,000

Operación:	Mano de obra en \$	Materiales en \$	Costo Total en \$
Instalar 30 m de tubo de 5 plg de diámetro.	416,660	1'249,980	1'666,640
Construir tanque de 1 m ³	150,000	552,000	<u>702,000</u>
			2'368,640

Costo total del mantenimiento vigente

Motor Disel.....	\$ 487'717,405.6
Generador principal.....	58'940,347
Costo por locomotora descompuesta (24 horas)	<u>250'000,000</u>
GRAN TOTAL	\$ 796'273,165.6

Costo total del mantenimiento preventivo propuesto

Motor Diesel.....	\$ 487'717,405.9
Generador Principal.....	58'940,347
Costo para la modificación propuesta -- dela instalación.....	2'368,640
Costo por locomotora descompuesta (2 horas)	<u>20'833,333</u>
	\$ 569'859,725.9

Conclusiones del análisis económico.

En la página anterior, como se puede observar, el costo del mantenimiento vigente es de \$796'273,165.6 contra \$569'859,725.9 del mantenimiento propuesto; teniéndose una diferencia de ---- \$226'413,439.7; lo cual significa un ahorro al implantarse el -- programa de mantenimiento propuesto.

Esto es a causa de que el mantenimiento actual no cuenta -- con un programa que satisfaga la necesidad primordial de tener -- unidades disponibles y en buen estado.

Por lo que el mantenimiento propuesto garantiza la efi-- ciencia del servicio de transporte; disminuyéndose el costo del- mantenimiento consecuentemente.

5.3 Análisis comparativo de costos totales entre el mantenimiento vigente y el mantenimiento propuesto.

Mantenimiento vigente = MV

Mantenimiento propuesto = MP

Etapa del mantenimiento	Costo Total (MV) \$	Costo Total (MP) \$	Diferencia \$
I.Revisión diaria	240,715.2	240,715.2	0.
II.Inspección mensual.	1'385,820.6	1'535,019.1	149,198.5(+)
III.Inspección semestral.	12'655,711.8	81'664,304.6	69'008,592.8(+)
IV.Reparación "A"	91'436,119	22'808,844	68'627,275. (-)
V.Reparación "B"	440'408,870	440'408,870	0.
.Costo por locomotora descom-- puesta(24 horas)	250'000,000		250'000,000. (-)
.Costo por locomotora descom--- puesta (2 horas)		20'833,333	20'833,333. (+)
.Costo de <u>instalación</u> .		2'368,640	2'368,640. (+)
	<hr/> 796'127,236.6	<hr/> 569'859,725.9	<hr/> 226'267,510.7(-)

Explicación de las diferencias anteriores.

I.En la revisión diaria o de viaje, la diferencia es igual a cero por lo que los conceptos de mantenimiento aplicados al grupo motor generador son básicas para su funcionamiento y seguridad, y de poco tiempo para su ejecución; por lo que no es justificable cambiarlos ni suprimirlos.

II. En la inspección mensual, se tiene una diferencia positiva - en el mantenimiento propuesto; por que en éste se consideraron conceptos que son importantes para el grupo motor-generador, como revisar válvulas de cortar combustible en el motor Diesel y verificar la operación de equipos de seguridad y alarma del generador, produciéndose como consecuencia un incremento en el costo de esta etapa.

III. En la inspección semestral del mantenimiento propuesto se -- tiene una diferencia positiva; debido a que esta etapa tiene una gran importancia, y es donde recaen la mayor parte de -- las modificaciones hechas al programa, por lo que su costo -- se eleva; ya que se requiere de mayor mano de obra, refac--- ciones y materiales.

Dando por resultado que al aumentar el costo del mantenimien to propuesto sobre el vigente, se tendrá asegurada la conti nuidad del servicio y además evitando o disminuyendo repara ciones mayores imprevistas.

Con base a estadísticas, se observó un ingreso promedio de - diez locomotoras por día a los diferentes talleres del siste ma, los cuales demoran más de 24 horas para ponerlas en ser vicio nuevamente.

Cada locomotora tiene un costo aproximado de 250 millones -- de pesos por cada 24 horas por estar fuera de servicio. Con lo anterior se observa que el aumento del costo al manteni-- miento propuesto para esta etapa es justificable.

IV. En la reparación "A" (24 meses) del mantenimiento propuesto, se tiene una diferencia negativa; pues varios de los concep tos que se incluirán en esta reparación; son considerados en la inspección semestral, por lo que obviamente, el costo de esta

etapa disminuye.

Siendo que si los conceptos que se ejecutan en la inspección semestral, se realizan en la reparación "A"; podrían ocurrir fallas imprevistas, por ser el período de ejecución por cada 2 años de esta etapa.

- V. En la reparación "B" (cada 48 meses), la diferencia es cero, ya que se aplica una reparación en general al motor Diesel - y al generador, por lo que todos los conceptos se considerarán apropiados.

Con respecto a la modificación de la instalación de los areneros, contemplada en el mantenimiento propuesto; su costo - de \$2'368,640.00 es mínimo comparado con los beneficios que se obtendrán con dicha modificación, pues al no tenerse la gran cantidad de partículas de arena sílica suspendidas en el aire, éstas no penetrarán al interior del motor Diesel -- causando daños.

Con lo anterior se da una idea clara que al hacerse esta modificación se tendrá un aumento en la vida de la locomotora disminuyéndose además, riesgo de daños a la misma. También - es importante señalar que la amortización de la modificación propuesta a la instalación, no sea posible determinarla de ma nera concreta, por que su efecto será aplicado a cada una -- de las locomotoras existentes; siendo únicamente apreciable - en las locomotoras ya que se alargará el tiempo de desgaste has ta el término de su vida útil en buenas condiciones.

CAPITULO VI CONCLUSIONES

En todos los trabajos de ingeniería, es indispensable que se analicen siempre las razones y efectos económicos de todas las acciones y alternativas, por lo que será necesario, aprovechar todos los recursos físicos para obtener de ellos el mejor rendimiento económico, siendo esto solo posible con un mantenimiento adecuado.

No hay que confundir lo que es barato con lo que es económico, ya que al hacer erogaciones que no se contemplen en el análisis de ingeniería, quedarán en la categoría de gastos en lugar de ser inversiones.

Al tener malas erogaciones, disminuirá dinero disponible para llevar a cabo un buen mantenimiento, teniendo como consecuencia que afecte a la calidad y vida de los servicios y equipos, para lo cual se tendrá que hacer nuevas erogaciones para cubrir dichas deficiencias; no olvidando que lo que se desea al dar un buen mantenimiento a todo equipo o inmueble que pertenece y/o presta servicio o una comunidad es tratar de conservarlo en las mejores condiciones de operación con el máximo de seguridad y por el máximo tiempo disponible.

Para hacer que el personal de la alta gerencia entienda lo que cuesta dar un buen mantenimiento es necesario traducir a dinero los beneficios resultantes para llevarlo a cabo, utilizando para ello, un lenguaje entendible al reducir un informe dando razones pormenorizadas de los beneficios contables a corto mediano y largo plazo.

Obteniéndose como resultado que la filosofía del mantenimiento es que; "el mantenimiento y la conservación cuestan" pero el mantenimiento pobre o la mala conservación cuestan mucho más.

Por lo que el jefe de mantenimiento debe ser un ejecutivo con personalidad y alta capacidad técnica y administrativa, aprovechando las oportunidades que se le presentan al hacer ampliaciones o dar mantenimiento a un inmueble, mueble, instalación, equipo, etc; además, el jefe deberá influir sobre el proyecto o diseño original, mejorándolo.

También es de vital importancia mencionar que al tener un buen mantenimiento traerá como resultado que la vida económica del equipo o instalación, tenga la mejor confiabilidad, disponibilidad, seguridad, funcionalidad, operabilidad y apariencia.

Como conclusión, se considera que el mantenimiento que se ha propuesto, producirá resultados óptimos y se disminuirá en gran porcentaje el mantenimiento correctivo y por fallas imprevistas, lo cual traerá como consecuencia una máxima eficiencia en el servicio de transportes, ya que el grupo motor-generator es el alma de la locomotora Diesel-Eléctrica.

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

- Autor:** George J. Thaler and Milton L. Wilcox
Título: Máquinas eléctricas
Editorial: Limusa Wiley
Lugar de Ed: México
Año impresión: 1969
- Autor:** Francisco Wais
Título: Compendio de explotación técnica de ferrocarriles.
Editorial: Labor, S.A.
Lugar de Ed: Barcelona, España
Año impresión: 1949
- Autor:** Orville Adams
Título: Motores Diesel
Editorial: Gustavo Gili, S.A.
Lugar de Ed: Barcelona, España
Año impresión: 1959
- Autor:** Subgerencia de planeación y organización
Título: Series estadísticas
Editorial: Ferrocarriles Nacionales de México
Lugar de Ed: México, D.F.
Año impresión: 1979
- Autor:** Francisco M. Tognio
Título: Ferrocarriles
Editorial: Representaciones y servicios de ingeniería
Lugar de Ed: México, D.F.
Año impresión: 1968

Autor: Edoardo Sauvage
Título: La máquina locomotora
Editorial: La industria de Manuel Tasis
Lugar de Ed: Barcelona, España
Año impresión: 1905

Autor: Servando A. Alzati
Título: La locomotora moderna, tomos I y II
Editorial: Beatriz de Silva S. de R.L.
Lugar de Ed: México, D.F.
Año impresión: 1944

Autor: General Motors Corporation
Título: EMD-GP 40 Locomotive service manual
Editorial: G.M. Co.
Lugar de Ed: Lagrange, Illinois, U.S.A.
Año impresión: 1966

Autor: Rubén Avila E.
Título: Fundamentos de mantenimiento
Editorial: Limusa
Lugar de Ed: México, D.F.
Año impresión: 1987