

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA ELECTRICA



102 Ejercicio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROYECTO DE OPTIMIZACION DE UNA PLANTA DE MATENIMIENTO
DE MAQUINAS DIESEL DE FERROCARRILES NACIONALES
DE MEXICO EN GUADALAJARA, JALISCO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA INDUSTRIAL

PRESENTA:

JOSE HUMBERTO DELHUMEAU RIVERA

GUADALAJARA, JAL., 1988



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.

INDICE.

	Pag.
Introducción	1
I Antecedentes	2
II Demanda de servicio	7
2.1 Inspecciones realizadas en el taller al equipo	7
2.2 Resultados obtenidos	8
2.3 Labores de reparación	23
2.4 Estadística final	25
III Ingeniería de Producto	27
3.1 Motores diesel	27
3.2 Características generales del modelo GE	29
3.3 Características del motor diesel	32
3.4 Sistema de control de sobrevelocidad	39
3.5 Inyección de combustible	36
3.6 Sistema de aceite lubricante	37
3.7 Sistema de abastecimiento de combustible	38
3.8 Sistema de enfriamiento con agua	41
3.9 El turbocompresor	42
3.10 El gobernador	42
3.11 Transmisiones diesel-eléctricas	45
3.12 El alternador	47
3.13 El regulador de carga	49
3.14 Generador auxiliar de c.a.	50
3.15 Motores de tracción	50
3.16 Generadores de tracción	51
3.17 Sistemas de excitación trifásicos	52
3.18 Generador excitador auxiliar	52
3.19 Control maestro	53
IV Ingeniería de planta	54
4.1 Determinación del tamaño adecuado de la planta	54
4.2 Diseño de la planta	60
4.2.1 Ampliación del cobertizo	60
4.2.2 Acción del viento	60
4.2.3 Peco de las láminas	61
4.2.4 Cálculo de los largueros	61
4.2.5 Peso de la armadura	62

4.2.6	Cálculo de la grúa	65
4.2.7	Cálculo de las trabes de la grúa	66
4.2.8	Cálculo de las columnas	67
4.2.9	Construcción	68
4.2.10	Desagüe de las aguas pluviales	71
4.2.11	Soldadura	72
4.3	Diseño de la ampliación de la plataforma	74
4.4	Sistema de distribución de aceite	79
4.5	Sistema de distribución de agua	82
4.6	Sistema de distribución de aire y vapor	84
4.7	Cálculo de la iluminación	87
V	Programación de mantenimiento preventivo y correctivo	94
5.1	Análisis sobre el tiempo improductivo	94
5.2	Tipos de mantenimiento	96
5.3	Programa anual de mantenimiento preventivo y correctivo ..	97
5.4	Programación del mantenimiento	105
5.5	Control de materiales de mantenimiento	109
5.6	Organización y control del trabajo de mantenimiento	111
5.7	Mantenimiento preventivo de instalaciones	114
VI	Análisis económico	115
6.1	Selección de maquinaria	115
6.2	Materiales requeridos	124
6.3	Beneficios obtenidos	130
6.4	Costos de operación	132
6.5	Rentabilidad del proyecto	134
	Conclusiones	135
	Bibliografía	137

I. INTRODUCCION

Actualmente, los ferrocarriles juegan un papel muy importante en la economía de nuestro país, movilizando millones de toneladas en mercancías anualmente y tan solo el año anterior a 1.7 millones de pasajeros en la región pacífico. Esto nos da una idea de la importancia que tienen los ferrocarriles como medio de transporte, que igualmente contribuyen en gran manera al desarrollo del país.

Con seguridad, una parte importantísima para conservar la actividad continua de los ferrocarriles, es mantener en perfectas condiciones la parte esencial de estos: la locomotora. Para esto, no solo es necesaria la existencia de talleres de reparación, sino contar con el apoyo de un eficiente programa de mantenimiento, tanto preventivo como correctivo, además de contar con un taller en óptimas condiciones para este efecto.

Aunque Ferrocarriles Nacionales de México cuenta para efectos de mantenimiento con talleres desde principios de siglo, éstos se han visto afectados por el progreso y crecimiento del país, requiriendo ser ampliados y actualizados en varias ocasiones.

La situación que nos acontece actualmente, es la de que el taller diesel de locomotoras posiblemente necesita ser modernizado nuevamente, debido al crecimiento de locomotoras en cuanto a cantidad, incrementandose la cantidad de servicios requeridos.

El objetivo principal del presente trabajo es encontrar aquéllos factores integrantes del mecanismo básico de esta planta que sean susceptibles de mejoramiento, a partir de un estudio general de la misma, que será realizado en los siguientes capítulos.

El trabajo contempla principalmente la situación actual de la planta y las operaciones básicas que se desarrollan en la misma, contemplando los programas de mantenimiento preventivo y correctivo. El desarrollo del trabajo se verá auxiliado de planos y gráficas para la mejor comprensión de las materias tratadas.

ANTECEDENTES

El taller diesel de Ferrocarriles Nacionales de México en Juchitán, de mantenimiento a 180 máquinas en promedio; labor que se realiza periódicamente a lo largo de todo el año, ya sea como inspección o como reparación por fallas.

Los trabajos de mantenimiento tienen diversos tipos, y se pueden clasificar en lo que sigue:

- a) Fallas del motor diesel.
- b) Fallas eléctricas.
- c) Fallas del sistema de aire.
- d) Fallas del chasis y trucks.
- e) Cambio del motor de tracción.
- f) Reparación general (por accidentes generalmente).
- g) Inspecciones periódicas, tipos 1, 2 y 3.

Más adelante entraremos en más detalle en cuanto a lo que consiste cada labor de las anteriormente mencionadas.

Las locomotoras a las que se les da servicio componen seis tipos básicamente y se les identifica por el número que corresponde a cada una. Una diferencia radica en el año de fabricación y a partir de esto, encontramos algunas diferencias en cuanto a la estructura y el sistema de funcionamiento interno.

El tiempo de los trabajos de mantenimiento es variado, y por lo general dura uno, dos o varios días. Las reparaciones generales son las que duran bastante tiempo y se prolongan a más de un año. Un aspecto importante es que muchas reparaciones se ven prolongadas por faltantes de materiales.

La disposición del taller se compone principalmente de dos naves. Originalmente, hacia 1960, el taller contaba con una sola nave, con capacidad para 4 locomotoras, que viene a ser la parte derecha del plano A-1. Posteriormente fue ampliado, en 1972, ampliando el cobertizo para dar capacidad a 6 locomotoras más, aunque la construcción interior solo da cupo a 4 locomotoras en esta nueva parte, debido a que la construcción de plataformas es insuficiente.

Recientemente se ha añadido una sección de cobertizo anejunta, que viene a ser la parte inferior del taller en el plano. Esta sección, tiene cupo para dos locomotoras y tiene una longitud aproximada de 52 metros.

El taller tiene una sección de oficinas, almacén de materiales, dos secciones con máquinas herramientas, un gran espacio para gabinetes y lockers, una subestación eléctrica y una sección anexa, anterior, que tiene tanques con combustible diesel, bombas de agua, un lavadero para máquinas y una sección de calderas.

Internamente, el taller tiene iluminación aceptable, no debido solamente a la distribución de lámparas reflectoras (de 250 W), sino también por el apoyo que tienen gracias a los grandes ventanales localizados entre columna y columna. En partes oscuras, como por ejemplo, abajo de las plataformas, la iluminación es en base a luz fluorescente.

El taller cuenta con una comisión de seguridad e higiene integrada y un bajo índice de accidentes. Esto debido a que los criterios de seguridad están perfectamente establecidos y los trabajadores tienen bastante cuidado en las operaciones que realizan, debido al riesgo a causa de la misma naturaleza de las mismas.

Se encuentra algo de deficiencia en cuanto al orden y la limpieza. En realidad, en los talleres de esta naturaleza siempre se encuentran problemas de este tipo y se puede decir que prácticamente es imposible mantener el lugar perfectamente limpio; en cuanto al orden, sí puede mejorarse en algunos detalles, como la localización de los lockers, el equipo y el herramental.

Las condiciones del medio ambiente son las siguientes:

Existe ruido por el funcionamiento de los motores, pero es aceptable, alrededor de unos 30 dB.

Existe ventilación adecuada, ya que las entradas del taller no tienen puertas y faltan muchos vidrios en las ventanas y a causa de esto, las condiciones climáticas coinciden mucho con el exterior, pero en general es un ambiente fresco.

El equipo de protección existe para los trabajos de riesgo, como soldado, manejo de máquinas herramientas, movimiento de materiales y para el trabajo de mecánica en general, contando con guantes, gafas, carretillas, ropa de trabajo, etc.

Los servicios con que cuenta son:

- a) Líneas de agua: para aseo e higiene, sistemas de enfriamiento.
- b) Líneas eléctricas: para iluminación y conexión de equipos.
- c) Línea de aceites: para reponer faltantes en locomotoras.
- d) Línea de aire: para limpieza de partes y calibrar frenos.
- e) Líneas de vapor: para limpieza.
- f) Drenajes: para eliminación de aceites y desperdicios.

Cuenta el taller con grúas viajeras y plumas para 1,000 y 2,000 kg. por lo que reparaciones pesadas, como reparación de cigüeñales y reparación del generador no se pueden realizar en este taller y debe ser trasladada la locomotora a Ripolme, Són. donde se cuenta con el taller de este lugar, con grúas de hasta 100 tons.

El taller tiene una sección con torno de ruedas para rectificado y maquinado en las ruedas.

La primera sección contiene un taller con máquinas herramientas, un tornero y un ayudante, en tres turnos. Aquí se maquinan piezas en general: bujes, tornillos, tolvas, etc. Cuenta con los siguientes dispositivos:

- a) Torno horizontal, "Le Bond" de 5 HP.
- b) Esmeril, "Snap Mex" de 1 HP.
- c) Tornillo de banco No. 100.
- d) Torno automático, "Fabrica de maquinaria y accesorios, S. A.", de 5 HP.
- e) Cepillo de acero, "Central de herramientas" de 3 HP.
- f) Cepillo de acero, "Bould & Esmeril" de 10 HP.
- g) Prensa "Blackham" de 25 ton.
- h) Taladro "Rockford machine tool" de 3 HP.
- i) Taladro múltiple, "Anson Hammer" de 1.6 ton.
- j) Grúa viajera de 2,000 kg.
- l) Mesas de trabajo.

La segunda sección de máquinas herramientas sólo cuenta con varios mesas de trabajo, tornillos de banco, un gato hidráulico de 25 ton., equipo de soldadura autógena y equipo de soldadura eléctrica de 300 A. en una parte anexa.

Las plataformas sirven para dar servicio al motor diesel y a los sistemas eléctricos y tienen una altura de 1.95 mt. Por la parte infe-

rior se da servicio a los tructs, es decir, al eje y las ruedas. Las plataformas tipo A, en la primera sección, son de acero y madera, en la segunda sección son de acero y concreto. Las plataformas tipo B son de rieles y concreto.

La fosa tiene 70 cm. de profundidad y cuenta con drenaje para deshecho de aceites y grasas. La primera sección cuenta con una pluma de 2 ton. y un tanque de aceite a presión para servicio a las locomotoras. Las líneas de vapor, agua, aire, eléctricas y de aceite van a lo largo de las plataformas.

La estructura general es de acero y concreto reforzado, diseñada para soportar las vibraciones de las máquinas. El techo es una estructura de acero tipo Pratt, con láminas de asbesto cemento y tragaluces de fibra de vidrio; tiene linternillas para permitir el escape de los humos.

Las vías tranadas son de rieles de alto calibre (No. 100-110), para pesos de 35,000-40,000 lb/pieza; se utilizan bloques de acero de 30 x 30 x 20 cm. en lugar de durmientes para la sujeción de los rieles, que van soldados a pernos y placas de base a los bloques. La profundidad total de la fosa a nivel del riel es de 1.55 mt. para permitir el desplazamiento en el interior de los trabajadores.

La organización del personal consiste de lo siguiente:

- a) Maestro mecánico: dentro del taller es quien lleva la dirección, tiene una secretaria y dos ayudantes.
- b) Supervisor diesel: depende del maestro mecánico, su división de mecánicos se encarga de hacer levantamientos, es decir, a cada locomotora que llega le hacen una inspección general para ver a que fallas tiene y pasar el reporte al mayordomo general.
- c) Mayordomo general: depende del maestro mecánico, su división de mecánicos se encarga de hacer las reparaciones que diagnostican los mecánicos diesel. Tiene a cargo 4 mayordomos.

El supervisor diesel tiene a su cargo el siguiente personal:

mecánicos: 15
 ayudantes: 26
 caldereros: 1
 ayudantes: 1

El mayordomo general tiene a su cargo el siguiente personal:

mecánicos: 36
 ayudantes: 28
 caldereros: 2
 ayudantes : 2
 obreros : 3
 ayudantes : 3
 personal eventual: 10

Total personal de planta: 128

Personal auxiliar:

pintores: 2
 ayudantes: 2
 tuberos: 3
 ayudantes: 2
 carpinteros: 1
 ayudantes: 1
 albañiles: 1
 ayudantes: 6

Total personal auxiliar: 21

Total personal de confianza: 18

A partir de lo anterior, podemos tener una idea general, de la que es el taller diesel, su estructura y organización.

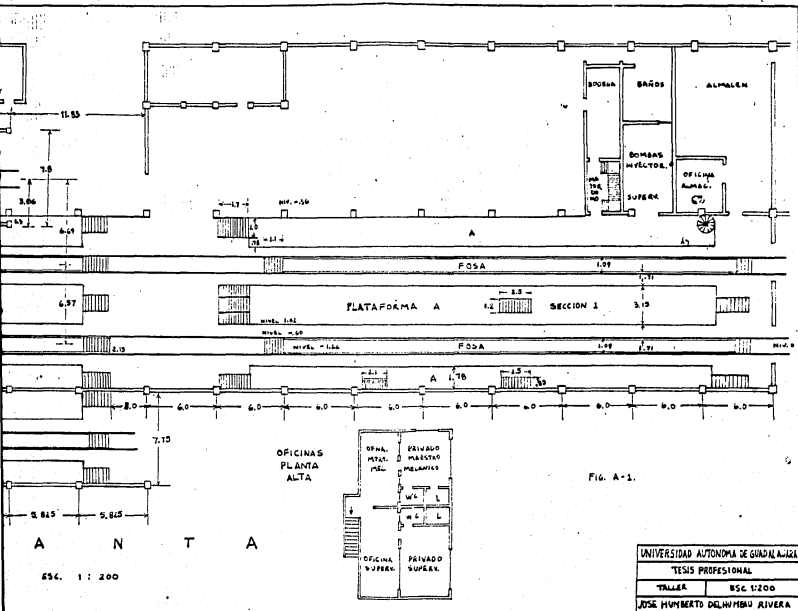


FIG. A-1.

ESC. 1 : 200

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA	
TESIS PROFESIONAL	
TALLER	ESC 1:200
JOSE HUMBERTO DELAHUENCA RIVERA	

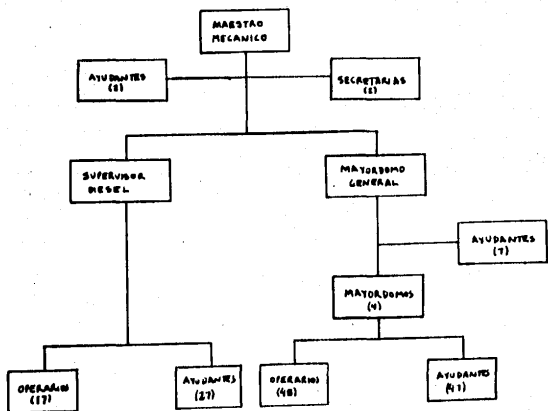


FIG. A-2
ORGANIGRAMA DEL PERSONAL DEL TALLER.

CAPITULO II

DEMANDA DE SERVICIO

El estudio de los servicios ofrecidos por este taller nos lleva a realizar un análisis de las estadísticas que corresponden a esta parte. Primeramente, las gráficas B-1,5, muestran las labores de mantenimiento, tanto preventivas como correctivas que se han realizado en la totalidad de las locomotoras, comprendiendo desde el mes de enero hasta el mes de junio del año anterior. En seguida, las gráficas B-6,11 y B-12-17, muestran las labores de inspección y las de reparación respectivamente.

2.1 Inspecciones realizadas en el taller al equipo.

Este tipo de labores, se encuentran en tres tipos diferentes:

- a) Inspección No. 1.
- b) Inspección No. 2.
- c) Inspección No. 3.

La primera de ellas se debe realizar mensualmente, y comprende la revisión, limpieza, lubricación y servicio de diferentes partes de la locomotora como camuaceras, motores de tracción, tolvas, baterías, filtros, engranes, flecnas; el chequeo del sistema de freno, aire, motor diesel, etc.

La segunda se debe realizar semestralmente e incluye algunas de las operaciones de la anterior, además de dar servicio al turbocargador, válvulas, filtros, tanque de diesel, etc.

La tercera se refiere al servicio que lece darse, además de lo anterior, a flecha cardán, manómetros, baleros, trucks, etc. Esta se debe realizar anualmente.

Podemos darnos cuenta de la situación del mantenimiento preventivo viendo las gráficas B-6,11, en las que se observa cierta deficiencia en este aspecto.

La inspección periódica No. 3, generalmente se cumple en todos los equipos, por lo que solo se contemplan seis meses para localizar las inspecciones periódicas 1 y 2.

2.2 Resultados obtenidos.

A continuación, la tabla B-1, nos da un resumen de las inspecciones realizadas a las locomotoras, separadas por tipos, en cada mes:

LOCOM	ENERO			FEBRERO			MARZO			ABRIL			MAYO			JUNIO		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
401-463	2	2	3	5	1	5	6	5	0	7	5	5	2	1	3	2	3	0
670-99	1	2	0	2	1	2	2	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1
601-666	1	1	1	3	0	1	0	0	2	1	1	2	1	1	2	0	4	1
700-725	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
501-556	5	1	2	4	1	2	5	0	3	5	4	0	9	2	0	4	2	6
501-567	1	0	4	0	0	2	2	0	1	5	1	2	0	0	3	0	0	1

Tabla B-1

La suma total de ellas, viene dada en la siguiente tabla:

LOCOM	TOTAL DIAS			TOTAL INSP.		
	1	2	3	1	2	3
401-463	162	89	124	24	16	16
670-99	55	14	77	7	2	6
601-666	36	36	81	6	7	7
700-725	0	38	0	0	3	0
501-556	130	95	150	52	10	10
501-567	27	4	65	9	1	12
TOTAL	411	226	467	78	39	51

Tabla B-2

Los resultados anteriores, son para las 174 locomotoras, a las que da servicio el taller, por lo que nos podemos dar cuenta de la falta de mantenimiento preventivo en la misma, y por ende, como nos podemos dar cuenta en las gráficas B-1,5 y B-12,17, el excesivo mantenimiento correctivo en los equipos.

A continuación, se da una tabla comparativa, en cuanto a los servicios realizados a maquinas en cuanto a inspecciones periódicas 1 y 2, y los resultados obtenidos. Una clasificación arbitraria y razonable, nos lleva a establecer lo siguiente:

- a) Equipo bueno: menos de 20 días en mantenimiento.
- b) Equipo regular: menos de 31 días en mantenimiento.
- c) Equipo malo: menos de 60 días en mantenimiento.
- d) Faltantes y reparación general: Más de dos meses en mantenimiento.

LOCS.	TOT.	BONO	%	REG.	%	MALO	%	REPAR.	%	TRF.	%	INSP. EFECT.		INSP. FACT.		TOTAL		% EFECTUADO	
												1	2	1	2	1	2	1	2
401-463	59	21	35.6	15	25.4	13	22	10	17	100	17	24	16	330	43	354	39	6.78	27.1
474-494	16	6	37.5	3	18.8	—	0	7	43.8	100	7	2	53	14	70	16	7.78	12.5	
464-466	28	8	28.6	4	50	5	17.9	3	10.7	100	6	7	114	13	120	20	5.0	35	
700-725	8	2	25	—	0	6	75	—	0	100	0	3	48	5	48	8	0	37.5	
502-528	48	21	43.8	8	16.7	12	25	7	14.6	100	32	10	256	38	288	48	11.1	20.8	
501-507	23	8	34.8	9	39.1	6	26.1	0	0	100	9	1	119	22	138	23	6.5	4.4	

Tabla B-3

A partir de los datos anteriores, se puede dar cuenta, que el funcionamiento general de las locomotoras, anda con baja eficiencia, y que el nivel de mantenimiento preventivo anda bajo también; estos últimos relacionados estrechamente. La visualización del mantenimiento puede ser vista en las figuras B-1,5.

Indice de fallas:

- a) Reparación general: Azul marino.
- b) Inspecciones periodicas No. 1: Naranja.
- c) Inspecciones periodicas No. 2: Verde.
- d) Inspecciones periodicas No. 3: Negro.
- e) Rec. gral. por accidentes: Azul y gris.
- f) Falta de material: Rosa.
- g) Cambio total de conjuntos: Amarillo y azul.
- h) Fallas motor diesel: Amarillo.
- i) Fallas eléctricas: Azul claro.
- j) Fallas sist. aire: Café.
- k) Fallas chasis y trucks: Rojo.
- l) Cambio motor de tracción: Azul y rojo.

INSPECCIONES A LOCOMOTORAS
Gráfica B-6

Locs.	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Dias.			Total Insp.				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
401	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	0	7	0	0	2	0	0		
402	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	✓	x	x	x	x	x	4	0	6	2	0	1		
403	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	3	0	10	1	0	1		
404	x	x	x	✓	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	5	10	1	1	1	1		
406	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	11	0	0	1		
407	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	16	0	0	1	0	0		
408	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	9	0	0	1	0	0		
409	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	5	0	0	1	0	0		
411	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	1	0	0	1	0	0		
412	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11	0	0	1	0	0		
413	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	12	0	0	1		
414	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6	0	0	1	0	0		
415	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
416	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
417	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	10	0	0	1	0	0		
418	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	17	0	0	1	0	0		
419	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
420	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	0	0	1	0	0		
421	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	12	0	0	1	0		
422	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
423	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	5	7	0	1	1	0		
424	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	18	0	0	1		
425	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	13	0	0	1	0		
426	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	0	0	12	0	0	1		
427	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	17	0	0	1	0	0		
428	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
429	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
430	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
431	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	3	0	0	1	0		
432	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	0	0	1	0	0		
434	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
435	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	4	0	0	1	0		
436	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	3	0	0	1	0		
437	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	11	0	10	1	0	1		
438	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	8	0	0	1		
439	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	5	0	0	1	0		
440	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	3	0	2	1	0	1		
441	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	4	0	0	1	0		
442	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	4	0	3	1	0	1		
443	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	0	0	1	0	0		
444	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	3	4	0	1	1	0		
445	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
446	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0		
447	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	10	0	0	1	0	0		
448	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	0	0	1	0	0		

INSPECCIONES A LOCOMOTORAS

Gráfica B-7

Loc.	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Dias.			Total Insp.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
449	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	2	0	0	0	0	0
450	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
451	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
453	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
454	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	7	0	0	1
455	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	17	0	0	1
452	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	3	0	0	1	0
457	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	6	0	0	1	0
458	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	7	0	0	1	0
459	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	0	4	0	0	1	0
460	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	✓	x	x	x	x	✓	6	0	1	1	0	1
461	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
462	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	0	0	5	0	0	1
463	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	0	0	3	0	0	1

INSPECCIONES A LOCOMOTORAS

Gráfica B-8

Loc.	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Dias.			Total Insp.				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
6710	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	5	0	0	1
6714	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	4	0	0	1	0	0
6717	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
6726	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
6727	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	5	0	0	1	0	0
6741	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	1	0
6745	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	0	0	6	0	1	1
6751	x	x	✓	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	6	0	0	1	0	0
6753	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	11	0	0	1
6764	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	0	0	1	0	0
6767	✓	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	7	0	5	1	0	1
6768	x	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	13	0	10	1	0	1
6772	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
6778	✓	✓	x	x	x	✓	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10	0	0	1	0	0
6781	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	0	0	0	0
6799	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	0	0	7	0	0	1

INSPECCIONES A LOCOMOTORAS

Gráfica B-10

Loc.	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Días.	Total Insp.			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3					
502	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5	0	0	2	0
503	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	5	0	0	1	0
504	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	14	0	0	0
505	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	6	6	0	1
506	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	5	0	0	1
507	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	6	3	0	0	1
508	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	1	0	0	1
509	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	1	0	0
510	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	2	0	0
511	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	3	0	1	0
512	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
514	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	0	0	1	0
515	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	0	0	1	0
517	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
518	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	4	1	0	1	0
519	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	15	0	0	1
520	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
522	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
523	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	2	0
524	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
525	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
526	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
527	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
528	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
529	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
530	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
531	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
532	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
533	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
534	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
535	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
536	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
537	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
538	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
539	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
540	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
541	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
542	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
543	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
544	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
545	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	2	0
546	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
547	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
548	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
549	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
550	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
551	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
552	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	1	0
553	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	1

INSPECCIONES A LOCOMOTORAS

Gráfica B-11

Loca.	Enero			Febrero			Marzo			Abril			Mayo			Junio			Total Dias.			Total Insp.		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
554	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
555	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	4	0	0	
554	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
557	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	3	0	0	
558	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	0	0	
561	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
562	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
564	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
565	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
567	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
568	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
564	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
570	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	2	0	0	
571	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7	0	0	
572	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
573	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
574	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	0	0	
574	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
577	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
578	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	0	0	
579	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	4	1	
580	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	0	0	
581	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
583	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	5	0	0	
584	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
585	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	1	0	0	
586	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	
587	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	0	0	0	

FALLAS EN LOCOMOTORAS											
MES: ENERO 1981											
FALLAS	401 463	501 520	522 536	551 546	571 559	590 570	576 587	601 610	621 606	N.º DE M.	TOTAL
M Oper. op	1										1
D Oper. vlt	1										1
T Oper. cot										1	1
O No saliendo	1										1
R No sale del	2							1	1		4
R Fuga de agua											
R Fuga lubricante			1		1						2
R Fuga combustible								1			1
D Fuga M.E.											
D Fugadura ruta	2										2
E Cabezalador del											
E No sale e inyect. de										1	1
E Ventilador del											
E Radiador del										2	2
E Filtros Tmados:	2						1				3
E 1. Compu. bld.											2
E 2. Limpieza											1
L Otras	3										3
TOTAL	12	1	1	1	1	2	1	2	1	6	24
E Oper. GA		1		1					1		3
E Desbalanceado										1	1
E Desbalanceo										1	1
E General del										1	1
C Motor bomba agua del	1										1
C Desbalanceo										1	1
T Fuga lubricante del	1										1
T Fuga combustible del	1								1		2
A No sale inyect. de	1										1
A del del									2		2
A Ventilador del del del											
A Ventilador del del	2										2
C Aceite				1					1		2
C del del del del											1
A Actual del del del	1			1				2	8	4	16
S Otras											
TOTAL	14	1	3		2	5	14	8		47	
T Tapa del											
A Ventilador del		1									1
U Radiador del	1								1		2
C Fuga del del del del											
K Otras											
S TOTAL	5	1							1	1	6
S Ventilador del del											
S Ventilador del del											
S Fuga del del del											
S Ventilador del											
A Fuga del del del											
A Actual	1										1
E TOTAL	1										1
TOTAL GENERAL	30	2	1	3	1	5	7	16	15		78

Gráfica B-12

FALLAS EN LOCOMOTORAS												
MARZO ABRIL DE 1967												
FALLAS	401	501	522	501	541	500	516	001	001	001	N.º de	TOTAL
	402	520	526	546	554	570	587	610	606	606	de	
M	Oper. 000	1	1							2		5
B	Oper. 010					1						
T	Oper. 020											
O	Oper. 030											
A	Oper. 040											
B	Oper. 050											
E	Oper. 060											
I	Oper. 070											
S	Oper. 080											
C	Oper. 090											
L	Oper. 100											
	TOTAL	8	2	1		1	1		4	3		20
E	Oper. 01	5				2				1		8
L	Oper. 02											
B	Oper. 03											
T	Oper. 04											
O	Oper. 05											
A	Oper. 06											
B	Oper. 07											
E	Oper. 08											
I	Oper. 09											
S	Oper. 10											
C	Oper. 11											
A	Oper. 12											
S	Oper. 13											
	TOTAL	10	-	1	1	4	-	-	2	7	7	37
T	Oper. 01	2										2
B	Oper. 02											
U	Oper. 03											
C	Oper. 04											
A	Oper. 05											
S	Oper. 06											
	TOTAL	4	1	-	-	1	-	-	1	-	-	7
G	Oper. 01											
I	Oper. 02											
S	Oper. 03											
T	Oper. 04											
A	Oper. 05											
B	Oper. 06											
E	Oper. 07											
	TOTAL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	TOTAL GENERAL	30	3	2	1	5	1	1	3	11	7	64

Gráfica 3-14

FALLAS EN LOCOMOTORAS											
MES: ABRIL, 1961											
FALLAS	401 443	341 328	322 336	331 346	341 334	350 373	376 387	391 410	381 366	N.º DE M.º DE P.	TOTAL
M	Operad. gen.	1									1
D	Operad. gen.										
T	Operad. gen.										
D	Operad. gen.										
A	Operad. gen.										
D	Operad. gen.										
E	Operad. gen.										
I	Operad. gen.										
S	Operad. gen.										
L	Operad. gen.										
	TOTAL	8	2	1	-	1	-	1	-	7	1
E	Operad. gen.			1				2		1	4
L	Operad. gen.										
E	Operad. gen.										
C	Operad. gen.										
T	Operad. gen.										
R	Operad. gen.										
I	Operad. gen.										
C	Operad. gen.										
A	Operad. gen.										
S	Operad. gen.										
	TOTAL	17	1	4	-	2	-	2	1	13	5
T	Operad. gen.	1								1	2
A	Operad. gen.										
U	Operad. gen.										
C	Operad. gen.										
K	Operad. gen.										
S	Operad. gen.										
	TOTAL	7	2	-	-	-	-	-	-	1	10
S	Operad. gen.										
I	Operad. gen.										
S	Operad. gen.										
T	Operad. gen.										
A	Operad. gen.										
E	Operad. gen.										
	TOTAL	2	-	-	2	1	-	-	1	2	8
	TOTAL GENERAL	34	5	5	2	4	-	3	2	22	7

Gráfica B-15

2.3 Labores de reparación.

Las labores propias del mantenimiento correctivo, se realizan de acuerdo a la demanda existente, conforme van llegando los equipos con fallas. Dichas fallas se subdividen en los siguientes tipos básicos:

- a) Reparación general
- b) Reparación general por accidentes
- c) Cambio total de conjuntos.
- d) Fallas motor diesel.
- e) Fallas eléctricas.
- f) Fallas sistema de aire.
- g) Fallas enasis y trucks.
- h) Cambio motor de tracción.

La realización de estas labores se puede apreciar graficamente en las gráficas B-1,5 o desglosado en partes en las gráficas B-12,17.

A continuación, en la tabla B-4, se encuentra la información de los días aproximados de más demanda:

LOC5.	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.
491-463	22	24	28	22	25	20
618-44	4	6	5	4	6	4
693-666	6	10	11	5	8	8
708-715	3	5	4	4	3	5
821-987	23	25	17	22	23	28
TOTAL	58	60	59	57	60	64

Tabla B-4

De la información anterior se puede ver, que entre los tres turnos diarios, se atienden en promedio 60 locomotoras en los días de más demanda.

A partir de esto, nos podemos dar cuenta de que es bastante la demanda de servicios en general, con respecto a la capacidad actual de la planta. El tiempo de los servicios, como se puede ver, es demasiado largo en algunas ocasiones e incrementándose el problema en repe-

tidas ocasiones, por la falta de materiales y refacciones y por la excesiva cantidad de tiempo que toma la reparación general de las locomotoras.

A continuación, en la tabla B-5, se puede observar la totalidad de tiempo invertida en reparaciones e inspecciones:

LKS. FALLAS	401-463	6710-6799	603-666 708-725	502-558	561-587	TOTAL
FALLAS MOTOR DIESEL	946	104	488	759	77	2,374
FALLAS ELECTRICAS	228	47	194	420	257	1,146
INSP. # 1	192	49	43	128	72	484
INSP. # 3	134	56	109	164	74	537
REP. GRAL.	582	0	48	470	23	1,123
REP. GRAL. ACCIDENTES	110	61	56	118	5	350
FALTA MATERIAL	865	622	649	462	158	2,756
CAMBIO MOTOR TRACCION	62	10	64	67	23	226
CAMBIO TOTAL CONJUNTOS	9	18	2	47	0	76
FALLAS CHASIS Y TAVUCES	207	16	76	197	40	536
INSP. # 2	91	28	70	56	4	249
FALLAS SIST. AIRE	31	6	30	88	73	228
TOTAL	3,457	1,017	1,829	2,976	806	
DISPONIBLE IDEAL	10,679	2,714	5,068	8,688	4,163	
TOTAL	7,204	1,697	3,239	5,712	3,357	

Tabla B-5

2.4 Estadística final.

Del anterior gráfico, podemos observar, que las fallas en motor diesel, reparaciones generales, fallas eléctricas y principalmente la falta de material, constituyen los factores que más absorben tiempo en el taller. En base a los resultados, el porcentaje (aproximado) de tiempo perdido idealmente es de: 32.2%. La falta promedio de servicio idealmente es de: 65.5%.

Para los siguientes resultados, cabe mencionar que las fallas por reparación general no serán incluidas, debido a que estas se realizan en el taller de Empalme, Sonora, a causa de que el taller en Guadalajara no tiene capacidad técnica para realizar este tipo de reparación, en especial la falta de gruas de alto tonelaje (100 toneladas o más).

En la tabla B-6 se tiene el tiempo promedio para las reparaciones a partir de los datos de las figuras B-1,5.

FALLA	TOTAL DIAS # FALLAS	TOTAL DIAS
I.P. #1	484/125	3.8720
I.P. #2	249/48	5.1875
I.P. #3	537/80	6.7125
CAMBIO TOTAL CONJ.	76/6	12.67
MOTOR DIESEL	2,734/892	2.6614
FALLAS ELECTRICAS	1,146/628	1.840
SISTEMA DE AIRE	228/83	2.750
CHASIS Y TRUCES	954/253	2.1186
MOTOR DE TRACCION	216/132	1.7121
DEMASIAS FALTA MAT	2754/130	21.2

Tabla B-6.

A continuación, en la tabla B-7 se tiene el número de servicios prestados diariamente en el taller, durante los seis primeros meses de 1987. (Datos globales, de todos talleres).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
ENERO	24	25	27	26	32	37	36	39	39	40	35	34	39	42	43	47	32	31	28	24	32	34	36	28	31	32	35	31	26	39	48
FEBRERO	35	40	39	41	39	33	40	35	35	40	41	46	40	47	38	41	40	34	32	33	32	34	34	32	31	35	37	36	-	-	
MARZO	30	36	37	37	36	31	31	37	37	29	38	27	36	31	25	28	30	30	37	33	38	27	30	32	32	31	28	25	24	29	37
ABRIL	38	36	27	24	27	22	25	32	38	32	29	31	33	42	38	33	34	38	30	30	33	23	27	30	36	34	34	34	34	28	-
MAYO	28	29	30	35	30	36	31	30	30	30	34	35	32	29	35	32	37	28	23	32	35	41	30	28	30	25	27	22	32	36	31
JUNIO	34	24	26	34	32	30	35	36	34	29	30	30	32	35	40	37	25	32	24	28	32	31	34	33	28	32	37	34	34	31	-

Tabla B-7

A partir de la tabla anterior, se puede observar que los días de más demanda llega a 48 unidades y los días de menos, llega a 22 unidades.

CAPITULO III

INGENIERIA DE PRODUCTO

La locomotora es un vehículo autónomo, que corre a través de rieles teniendo uno o más motores eléctricos que mueven las ruedas que impulsan la locomotora y al tren. Estos motores obtienen la energía de un generador accionado por un motor diésel.

3.1 Motores diésel.

Los motores diésel usados como fuente de movimiento primario en las locomotoras diésel-eléctricas tienen capacidades de hasta 4,000 hp para la tracción. Máquinas de dos y cuatro ciclos son usadas. - Todas las máquinas de alta potencia están equipadas con turbocargadores para obtener más potencia y mayor eficiencia de la máquina.

En una máquina de dos ciclos turbocargada, cada cilindro completa su carrera con cada revolución del cigüeñal. El cilindro no funciona como bomba de aire durante una revolución del cigüeñal como en el caso de la máquina de cuatro ciclos que requiere dos revoluciones del cigüeñal para completar la carrera en cada cilindro. La máquina de dos ciclos tiene medios externos para introducir el aire y extraer los gases de la combustión. La máquina cuenta con un turbocargador mostrado en la figura 3-3, para proveer eficientemente el aire necesitado para la combustión y la depuración. Este proporciona de más aire que los sopladores de desplazamiento positivo que normalmente se usan en estas máquinas. Durante la operación de la máquina el turbocargador utiliza el calor del escape para accionar la turbina, la cual acciona un soplador centrífugo para proveer de aire a la máquina. El aire de este soplador, elevado a una presión superior, incrementa su temperatura, pero es deseable que se reduzca su temperatura para obtener una mayor densidad, antes de que este entre en las cámaras de aire alrededor de los cilindros, por lo que se le hace pasar por un post-enfriador. A velocidades bajas y de arranque de la máquina, el turbo se acciona con engranajes del ci -



Figura C-1.

ñeal y a medida que la energía de salida se incrementa, un clutch o acoplamiento lo libera de la acción de los engranes.

Refiriendonos a la figura C-1, y suponiendo que el pistón se encuentra en el fondo de su carrera y comenzando a moverse, las entradas de aire y las salidas estarán abiertas. Aire bajo presión entra hacia el cilindro por las entradas de línea, empuja los gases de salida por sus respectivas válvulas y llena la cámara del cilindro con aire nuevo. Cuando el pistón está a 45° después del punto muerto de abajo, las entradas de aire son cerradas por el pistón, como se puede observar en el diagrama. Inmediatamente después de que las entradas de aire son cerradas, también se cierran las válvulas de salida y el aire se encontrará atrapado en la cámara del pistón. Esta acción permite la mayor eficiencia en la depuración de los gases de la combustión por el cilindro.

A medida que el pistón continúa subiendo, va comprimiendo el aire hasta un volumen muy pequeño. Justo antes de que el cilindro alcance el punto muerto superior, el inyector de combustible rocía combustible dentro de la cámara del cilindro y la ignición del combustible es prácticamente instantánea, gracias a la temperatura del aire atrapado arriba del cilindro. El combustible se quema tan rápidamente como el pistón es forzado a iniciar su carrera hacia abajo y continúa bajando hasta que las válvulas de escape se abren. Estas válvulas se abren arriba de las de la entrada de aire para facilitar la salida de los gases y reducir la presión en el cilindro. Cuando las entradas de aire son abiertas por el pistón a 45° antes del punto

muerto inferior, al mismo tiempo que continúa bajando, aire de las cámaras bajo presión puede entrar inmediatamente hacia el cilindro, depurando los gases de la combustión residuales y proporcionando aire nuevo para la combustión y así poder iniciar otro ciclo.

Las máquinas de cuatro ciclos, requieren cuatro carreras del pistón para producir un ciclo en el sistema y consiste de lo siguiente: la primera carrera hacia abajo del pistón permite la entrada de aire nuevo y limpio a través de las válvulas de entrada en la parte superior (en una máquina turbocargada este aire es introducido a presión para incrementar densidad). La siguiente carrera del pistón, arriba, comprime la carga de aire fresco y todas las válvulas superiores están cerradas para sellar el cilindro. Al final de la carrera de compresión, con el aire a alta temperatura gracias a la alta presión, el combustible es introducido por el inyector directamente en el espacio que queda arriba del pistón. La tercera carrera es iniciada con la incineración del combustible, forzando el pistón a bajar. Después de esta carrera, al tiempo que el pistón empieza a subir, las válvulas en la parte superior se abren permitiendo que escapen los gases de la combustión. En el instante que la carrera es completada las válvulas de entrada se abren permitiendo la entrada de aire nuevo para limpiar el residuo de gases quemados y el ciclo comienza otra vez. Las máquinas de cuatro ciclos de esta manera producen un ciclo en el sistema (ciclo de potencia) en dos revoluciones del cigüeñal.

3.2 Características generales del modelo General Electric.

Todas las locomotoras empleadas por Ferrocarriles Nacionales son de General Electric, principalmente el modelo C36-7, cuyas características principales son las siguientes:

Motor diesel:

Tipo: Uno, GE FDL-16.

Caballaje: 3,600 hp.

Número de cilindros: 16.

Avance y carrera: 9"x10.5"

R.P.M.: 1050.

Relación de compresión: 12.7:1.

Ciclos: 4.

Turbocargado: Si.

Ventiladores de enfriamiento: 1.
 Alineamiento de ruedas: C-C.
 Equipo de tracción:
 Generador: G1A-24.
 Motor de tracción: Seis, G2752AF.
 Sopladores de motor de tracción: 1.
 Freno de aire: 26L.

Dimensiones generales:

Largo: 67' 3".
 Altura: 15' 4.5".
 Ancho: 10' 3.25".
 Diámetro de las ruedas: 40".
 Peso: (mínimo y máximo) 366,000 lb-420,000 lb.

Esfuerzo tractivo:

Arranque: (Max. y min.) 91,100 lb.- 105,000 lb.
 Continuo: piñón más pequeño: 96,000 lb., piñón más grande: 69,160.

Relación de engranes y máxima velocidad:

Piñón pequeño: 83/20, 70 mph.
 Piñón intermedio: 80/23, 79 mph.
 Piñón grande: 77/26, 93 mph.

Abastecimientos:

Tanque de combustible: 3,250- 4,000 gal.
 Refrigerante: 365 gal.
 Aceite: 380 gal.
 Arena: 60 pies³.

Compresor:

Máxima entrega: 236.
 Entrega estacionado: 127.
 Tipo de enfriamiento: agua.

Aparatos para filtrado de aire:

Primario: Auto limpiador Vortex.
 Secundario, entrada de aire a máquina: Papel GE.
 Cuarto de máquinas presurizado: Si.
 Generador presurizado: Si.

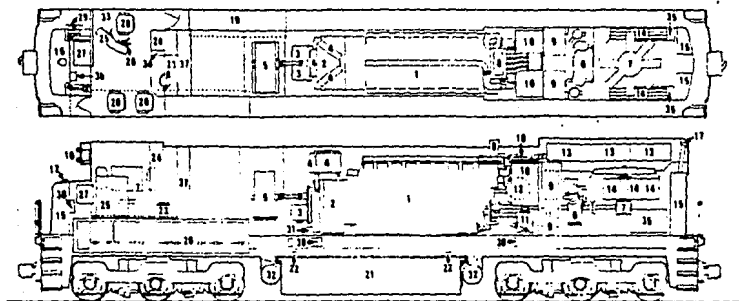


Figura C-2.

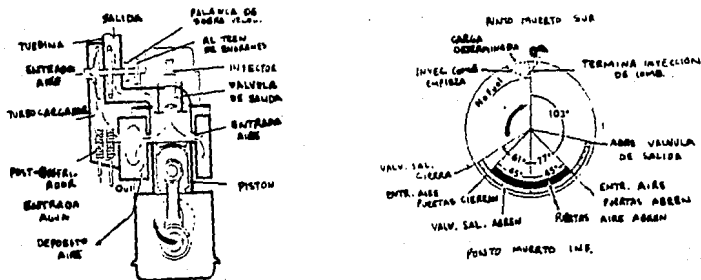


Figura C-3.

Localización de aparatos:

- | | |
|--|--------------------------------|
| 1. Máquina. | 11. Enfriador de aceite. |
| 2. Aterrador. | 12. Filtro de aceite. |
| 3. Generador auxiliar. | 13. Radiador. |
| 4. Rectificadores. | 14. Resistores del freno. |
| 5. Equipo de sopladores. | 15. Caja de arena. |
| 6. Compresor de aire. | 16. Identificación. |
| 7. Sagranes y ventilador del radiador. | 17. Llenador de arena. |
| 8. Chisenea. | 18. Amplificador de fluido. |
| 9. Filtros de aire máquina. | 19. Baterías. |
| 10. Tanque de agua máquina. | 20. Compartimiento de control. |
| | 21. Tanque de combustible. |

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------|
| 22. Boca del tanque de combustible. | 30. Equipo de filtro de aire. |
| 23. Baño. | 31. Jacto de aire. |
| 24. Panel de control de la máquina. | 32. Depósito de aire. |
| 25. Consola de control. | 33. Equipo de freno de aire. |
| 26. Válvula del freno. | 34. Interruptor de baterías. |
| 27. Calefacción. | 35. Equipo de freno extra rango. |
| 28. Jiliones deslizantes. | 36. Resistores. |
| 29. Freno de mano. | 37. Compartimiento de control. |

3.3 Características del motor diesel.

Estos motores diesel tienen 16 cilindros, a 45° en V, con cuatro ciclos. Vienen turbocargados para mejorar la eficiencia del motor y tienen 3,600 rpm. El peso, incluyendo el generador, es de 57,000 lb. Tiene dos entradas y dos salidas y el diámetro del eje del cigüeñal es de 7.434".

El monoblock es la estructura básica del motor, es de una sola pieza, fundida, a lo cual se sujetan las demás partes de la máquina, incluyendo el generador. La parte de arriba son dos superficies maquinadas inclinadas a partir del centro. Estas superficies tienen determinados barrenos donde otros componentes se colocan, además de otros agujeros rectangulares de inspección en los lados, para tener acceso a las partes internas. La base es una estructura de rieles a lo largo de la máquina que tiene cojinetes y dispositivos para fijar la al suelo. Adentro tiene lugar para alojar y fijar el cigüeñal, esto mediante cojinetes de acero forjado.

El cilindro ensamblado se compone de tres partes principales: la camisa de fundición del cilindro, la cabeza de acero acoplada y el lineador del cilindro. La primera es de una sola pieza y aloja a las otras partes y componentes del cilindro, además de la bomba de inyección de combustible, la boquilla del inyector, los cruzos de las válvulas, árboles y vástagos. La segunda pieza, la cabeza de acero, es de fundición, con agujeros barrenados angularmente para enfriar con agua y para entrada y escape. Los cuatro lugares de las válvulas están recuadrados con metal duro, y las válvulas están ensambladas completamente a la cabeza. El lineador del cilindro es una pared espesa de fundición, cuya pared interior está endurecida. El

agua que se introduce por la cazoza, pasa por la camisa y se distribuye por el lineador, pasando entre los espacios anulares de 1/8", formados entre la camisa y el lineador.

El cilindro ensamblado se asegura al monoblock con cuatro pernos y se sella con un anillo "O". Ver Figuras C-4,5.

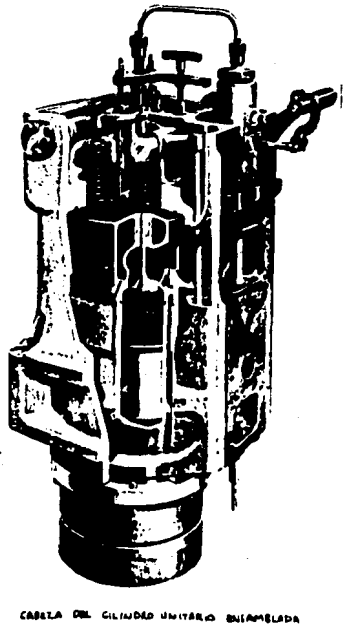
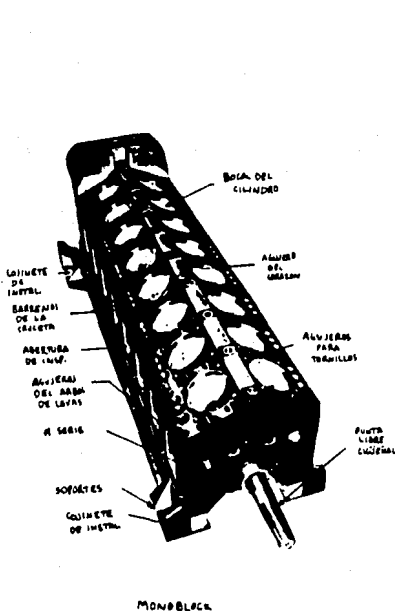


Figura C-4

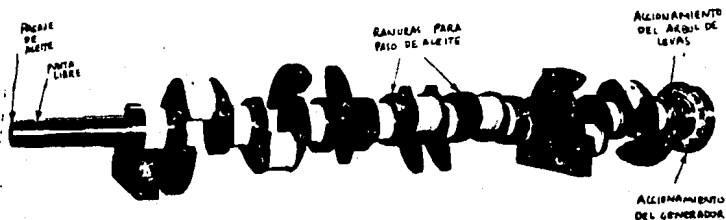
Figura C-5

Cada pistón ensamblado consta de una corona de acero y de una cruzeta de aluminio, unidos por cuatro pernos y alineados por una barra de alineación. Tiene tres ranuras en la corona y son anillos de compresión; otra ranura más en la cruzeta, es el anillo para aceite. - Cuatro ranuras radiales, en el anillo para aceite, permiten al acei-

te rascado de las paredes regresar al cigüeñal. Tiene dos agujeros de enfriamiento en el interior del pistón y que salen por la corona. El aceite también circula por cuatro cavidades hasta regresar al cigüeñal por dos agujeros de escurrimiento.

El cigüeñal, incluyendo la brida de accionamiento del generador, es de acero forjado y tiene tratamiento térmico para darles más larga vida. Es una construcción sólida con pasajes para que escurra el aceite. La punta del eje tiene superficies maquinadas a diferentes diámetros, para el engrane que acciona la bomba, el soporte del eje y otras conexiones.

Dos arboles de levas están montados, uno a cada lado del monoblock y se accionan directamente con engranaje desde el cigüeñal. Ambos rotan a la misma dirección a una y media veces la velocidad del cigüeñal y en dirección contraria a este. Cada uno está hecho de nueve secciones maquinadas a precisión y ensambladas por tornillos y tuercas. Nueve baleros ranurados, de una aleación de aluminio, soportan cada eje con el monoblock con soportes ajustados. Estos últimos se ajustan con tornillos al monoblock, en agujeros que hay en este mismo. Una abrazadera a presión a un lado del engrane accionador limita el movimiento longitudinal, por medio de un anillo a presión que se localiza entre los dos. El engrane se encuentra alineado con el eje mediante una ranura.



CIGÜEÑAL.

Figura C-6

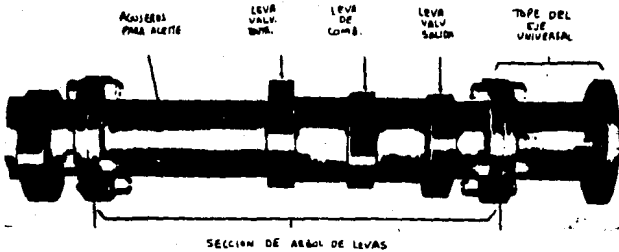


Figura C-7

Un tubo múltiple recoge los gases para alimentar al turbocargador y consta de codos que ensamblan independientemente a la salida de cada cilindro. Esta diseñado para soportar los máximos esfuerzos y es de acero inoxidable para darle más larga vida. Tiene un espesor uniforme para reducir esfuerzos térmicos (Ver figura C-8).

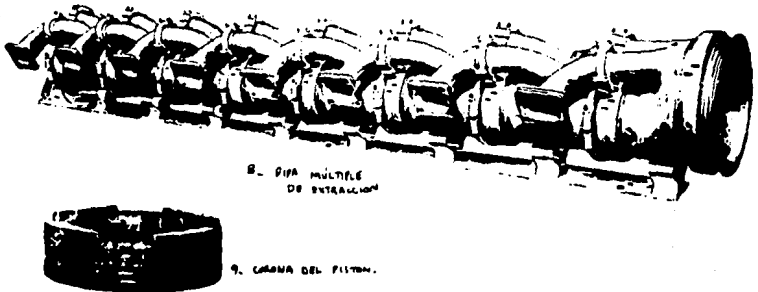


Figura C-8,9.

3.4 Sistema de control de sobrevelocidad.

Este sistema consiste de un gobernador y un control de combustible asociado, que actúan juntos para parar o disminuir la alimentación si la máquina rebasa el límite de velocidad de seguridad. Se conecta a la máquina mediante el engrane de accionamiento del gobernador y da aceite a 200 psi al control acoplado. Esta presión, supe-

ra la fuerza del resorte que controla la entrada de combustible, al contraerlo hasta una longitud determinada, de manera que el gobernador pueda controlar la cremallera que acciona el suministro de combustible. En un exceso de velocidad, el aceite que suelta el gobernador a 200 psi se expande por el cárter del cigüeñal, desdoblado una fuerza uniforme en el interior. Esta fuerza obligará a pasar a la posición de "apagado" a la cremallera del combustible, apagando la máquina. También hay un control de temperatura, en base al aire, en el cual si la temperatura se eleva de un predeterminado valor, se acciona un vástago que reduce la entrada de combustible hasta en un 30% de su valor, pero no apaga la máquina.

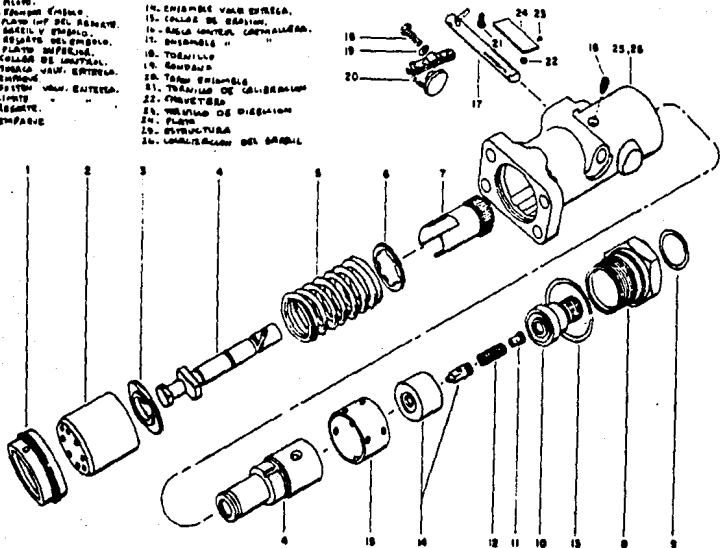
3.5 Inyección de combustible.

Las bombas de combustible son de impulso, son operadas por el árbol de levas y sirven para tres propósitos:

- a) Elevar la presión del combustible a la presión necesaria para obtener una eficiente atomización del combustible.
- b) Dar la cantidad requerida por el gobernador de combustible a la boquilla de inyección.
- c) Entregar la cantidad de combustible a ser inyectada en un determinado instante en el ciclo de la máquina en un determinado número de grados en el giro del cigüeñal.

El resorte del émbolo (5), sostiene el plato inferior del resorte (3), que sostiene al seguidor del resorte (2). Este último es accionado por una leva, la que al dejar de accionar, permite que el resorte regrese a su posición inicial. El barril (4) es estacionario. El émbolo es constante ya que recorre la misma distancia a cualquier velocidad de la máquina. Para variar la salida de combustible, se rota el émbolo mediante el collar de control (7) y la cremallera de control (17). Para bombear combustible a alta presión, es necesario antes darle más presión en una cámara separada. La inyección de combustible viene acompañada por la localización de unas puertas en el barril y unas hélices que permiten la entrada del mismo. Este pasaje permite el paso del combustible de la cámara de presión a una cámara interna, cuando las hélices descubren las puertas. A partir de este momento el combustible se derrama a alta presión a terminar la inyección. Las hélices tienen forma espiral y se localizan en el barril. El efecto que tiene la rotación del émbolo es retardar o adelantar el tiempo en que la hélice alcanza las puertas.

- | | |
|----------------------------|------------------------------------|
| 1. ALVO. | 14. ENSEMBLE VALV. ENTRADA. |
| 2. PLOMO CRASO. | 15. COLLAR DE RESORTE. |
| 3. PLANO TOP DEL BOMBA. | 16. ANILLO CONTROL. CONTAMINACION. |
| 4. ANILLO Y BOMBA. | 17. BOMBA. |
| 5. BOMBA DEL BOMBA. | 18. BOMBA. |
| 6. PLANO DEL BOMBA. | 19. TOBACILLO. |
| 7. COLLAR DE ANILLO. | 20. TAPÓN. |
| 8. TUBO VALV. ENTRADA. | 21. TAPÓN ENSEMBLE. |
| 9. BOMBA. | 22. TOBACILLO DE CALIBRACION. |
| 10. SISTEMA VALV. ENTRADA. | 23. VUELTA DE DISTRIBUCION. |
| 11. LUBRIFICANTE. | 24. PLANO. |
| 12. RESORTE. | 25. ESTRUCTURA. |
| 13. BOMBA. | 26. CONTROLADOR DEL BOMBA. |



VISTA DE LA BOMBA DE COMBUSTIBLE.

Figura 3-10.

3.6 Sistema de aceite lubricante.

Este sistema consiste en los siguientes componentes, en el orden en que fluye el aceite:

- El monoblock de la máquina.
- Bomba.
- Válvula auxiliar.
- Enfriador.
- Filtro.
- Sistema de accostamiento

Una cuenca para aceite está atornillada al monoblock para cubrir toda la parte de abajo del cigüeñal y retener la provisión de aceite. Una malla muy fina removible se instala en esta parte para succión. Esta malla sirve para sacar del sistema a partículas ajenas, asegurando una larga vida y una máquina más confiable. Una boquilla se encuentra en esta cuenca para llenar de aceite y se sella por un tapón

expandible y tiene un medidor para conocer el nivel de aceite.

Los soportes del eje de levas contienen acanaladuras anulares que conectan con los pasajes barrenados en el monobloque. El aceite fluye a través de estos pasajes hacia la válvula y crucetas.

El aceite fluye entonces hacia una válvula que provee de aceite lubricante a las válvulas de arriba de los cilindros. El regreso del aceite es a través de cavidades, para lubricar levas y luego al cárter del cigüeñal.

El soporte de la terminal libre y casquillos de los cojinetes de engranes se lubrican a través de pasajes desde la fuente de aceite hasta acanaladuras angulares en los soportes y de ahí mismo sale el aceite hacia el eje del engrane de reposo. El engrane auxiliar de accionamiento se lubrica internamente por aceite que fluye a través de un pasaje con el eje y el aceite de estas partes regresa por gravedad hasta el cárter del cigüeñal.

Los soportes del cigüeñal reciben lubricación a través de una línea externa y de ahí se regresa a el cárter del cigüeñal mediante otra tubería.

El aceite también se lleva al gobernador por una línea especial y al sistema de apagado desde la fuente de abasto, al final del generador. El aceite regresa al cárter del cigüeñal internamente.

El control de sobrevelocidad tiene un depósito de aceite junto al engrane de accionamiento del gobernador.

Los engranes del cigüeñal también son lubricados por salpicadura a través de una línea con orificio, que viene del abastecimiento. (Ver figura C-11).

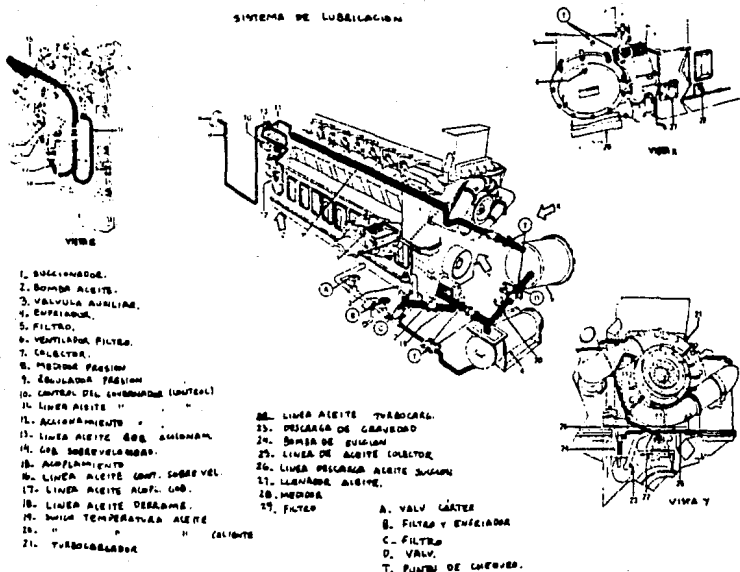
3.7 Sistema de abastecimiento de combustible.

La provisión de combustible se encuentra en un tanque localizado abajo de la plataforma de la locomotora. El combustible es aspirado de tanque por una bomba impulsora de combustible operada eléctricamente y después circulado por el sistema.

El sistema consiste de los siguientes elementos, en el orden en que circula por ellos el combustible:

- a) Tanque de combustible.
- b) Calentador de combustible.
- c) Filtrador de combustible.

SISTEMA DE LUBRICACION



1. SUCCIONADOR.
2. BOMBA ACEITE.
3. VALVULA AUXILIAR.
4. EMPUJADOR.
5. FILTRO.
6. VENTILADOR FILTRO.
7. COLECTOR.
8. MEDIDA PRESION.
9. REGULADORA PRESION.
10. CONTROL DEL TORQUE (MOTOR).
11. LINEA ACEITE "
12. ACCIONAMIENTO "
13. LINEA ACEITE SOB. ALIMENT.
14. SOB. SOBREVOLADOR.
15. ACCIONAMIENTO.
16. LINEA ACEITE SOB. SOB. SOB.
17. LINEA ACEITE ALTO. SOB.
18. LINEA ACEITE DESARME.
19. INDIC. TEMPERATURA ACEITE.
20. " " " CALIENTE.
21. THERMOSTATOS.

22. LINEA ACEITE THERMOSTATOS.
 23. DESCARGA DE GRASAS.
 24. BOMBA DE SUCCION.
 25. LINEA DE ACEITE COLECTOR.
 26. LINEA DESCARGA ACEITE SUCCION.
 27. LLENADOR ACEITE.
 28. MEDIDA.
 29. FILTRO.
- A. VALV. CAETER
 B. FILTRO Y EMPUJADOR
 C. FILTRO
 D. VALV.
 T. PUNTO DE CHEQUEO.

Figura 3-11

- d) Bomba impulsora de combustible.
- e) Válvula auxiliar.
- f) Filtro primario.
- g) Colector de combustible de la máquina.
- h) Equipo de inyección.
- i) Válvula de regulación.
- j) Colectores de combustible escurrido.

La sección de succión del sistema se encuentra entre el tanque de combustible y la bomba impulsora. El combustible es aspirado a un calentador de combustible y luego a un elemento simple de filtrado antes de llegar a la bomba.

La sección de presión del sistema se localiza entre la bomba impulsora y la válvula reguladora de presión que descarga el exceso de combustible de regreso al tanque. El combustible descargado por la bomba fluye por otro elemento primario de filtrado. Una válvula auxiliar es conectada además a la descarga de la bomba y protege a la

3.8 Sistema de enfriamiento con agua.

Todo el calor y flujo de energía se toma directamente del agua y no se requiere ningún sistema externo auxiliar de energía. El sistema de control se llama control amplificador de fluido y tiene dos válvulas divisoras, dos válvulas piloto y una válvula termostática que regula hasta 1,000 galones por minuto de agua que circula.

La temperatura del agua refrigerante que sale es determinada por un termostato que controla la abertura de cuatro válvulas (las únicas partes móviles del sistema) que controlan la diversión de flujo a los radiadores.

El sistema de radiador seco que se utiliza significa que el agua no circula por el centro del radiador hasta que su temperatura alcanza 180° F, de manera que se elimina el uso de láminas en el radiador, cilindros de aire, controles asociados y muchos termostatos requeridos por sistemas convencionales de enfriamiento por agua.

3.9 El turbocargador.

Es una unidad completa que consiste en una turbina de gas y un compresor centrífugo. La rueda de la turbina y el impulsor están montados en puntas opuestas de un eje común. Esto compone el rotor y su ensamble. Una camisa, compuesta por cuatro secciones separadas de fundición, rodean al rotor. La sección intermedia contiene una provisión de aceite, pasajes de escurrimiento y dos apoyos que sostienen al rotor. Conductos sellados de aire mantienen el aceite alejado y eliminan goteras de aceite. Porciones de la camisa son enfriadas por agua a través de pasajes internos.

Las funciones del turbocargador son:

- a) Proveer de la suficiente cantidad de aire arriba de la presión atmosférica a los cilindros de la máquina para asegurar la eficiente combustión y mantener la eficiencia de la máquina a alto nivel.
- b) Proveer un exceso de aire para efectivamente depurar los gases de la combustión durante el ciclo de expulsión y enfriar la parte interna de los cilindros, el sistema de expulsión y las coronas de los pistones.

La turbina del turbocargador aprovecha la energía cinética de los gases de la combustión, que se perdería en la atmósfera. El aire

filtrado es propulsado por el impulsor que aprovecha la energía generada por el impulsor, es dirigido a la entrada y comprimido por el mismo impulsor. Aquí se pierde algo de calor al pasar el aire por los sistemas del turbocargador.

3.10 El gobernador.

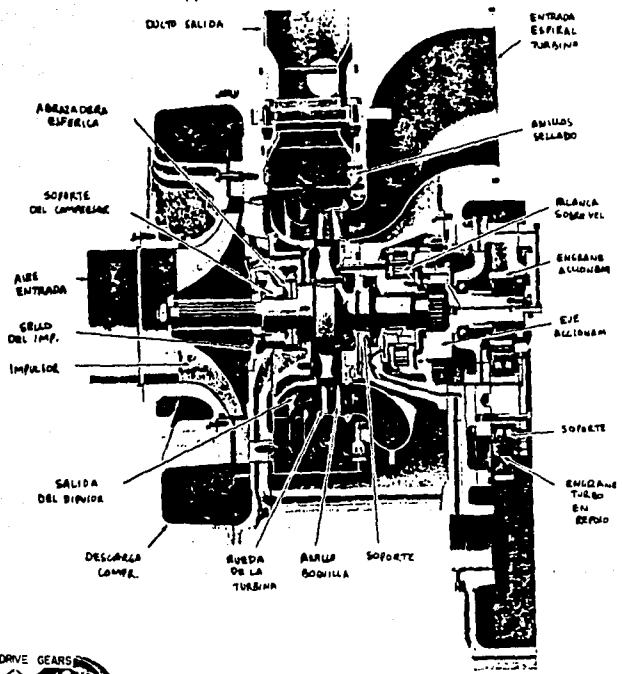
Es un aparato electro-hidráulico usado para regular velocidad y potencia obtenidas de la máquina diesel. Es un sistema completo montado y operado en la máquina diesel. Está equipado con su propio aprovisionamiento de aceite y su bomba de presión de aceite no es controlada por la máquina.

Durante su operación, cumple dos funciones básicas: primeramente, controla la velocidad de la máquina regulando la cantidad de combustible provisto a los cilindros. El gobernador mantiene la máquina a velocidad constante, no importa la carga que tenga esta. La segunda función es mantener constante el caballaje de la máquina predeterminado y correspondiente a cada velocidad. El control de la carga de la máquina viene acompañado a un ajuste de la fuerza del campo del generador para compensar los cambios en la carga eléctrica en el generador y estos como resultado de cargas variables.

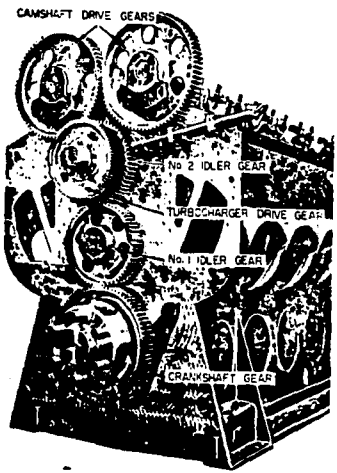
Además tiene las siguientes funciones:

- a) Control sobre variaciones en ocho velocidades estándares de 450 a 1,050 rpm. mediante un control remoto eléctrico.
- b) Vencer el control normal para ayudar cuando hay deslizamiento de ruedas, o en las funciones del freno dinámico.
- c) Apagar automáticamente la máquina diesel en caso de que falle el sistema de presión de aceite, del agua de enfriamiento.
- d) Limitando el combustible proveído a la máquina durante el arranque de acuerdo a las características de arranque.
- e) Quita la carga de la máquina si la presión de aire baja de un valor dado, esto para evitar sobrecalentamiento por la falta de provisión de aire de calentamiento.

La limitación se refiere a limitar el combustible a la máquina, para evitar los consecuentes defectos anteriormente mencionados.



TURBOCARGADOR
FIG. 14



TRAIN DE ENGRANES
FIG. 15

3.11 Transmisiones diesel-eléctricas.

La transmisión eléctrica de las locomotoras diesel eléctricas convierten la energía mecánica desarrollada por la máquina diesel en potencia eléctrica en tanto se acciona el generador de tracción o alternador. En los motores de tracción, esta energía eléctrica se transforma en un torque que hace rodar las ruedas por medio del piñón del motor y el engrane de accionamiento anial.

Uno de los principales requisitos de una locomotora, es producir total potencia mecánica en un amplio rango de velocidades y torques. El generador o alternador debe ser capaz de generar un rango de voltajes y corrientes para satisfacer la demanda de los motores de tracción ya que si los motores de tracción pueden requerir algún campo paralelo y reconexiones para obtener todo el caballaje en todo el rango de velocidades de la locomotora. En términos mecánicos, reconectando el motor, o cambiándolo, y los campos paralelos pueden ser comparados con el cambio de engranes en transmisiones mecánicas.

El generador de corriente directa es una máquina de corriente alterna con rectificador rotatorio llamado conmutador. En cualquier caso, hay un límite de potencia que puede ser rectificado para una velocidad de rotación determinada. Cualquier incremento de potencia requiere un decremento en la velocidad y un incremento en el tamaño de la máquina. A 3,000 hp, la locomotora requiere una velocidad muy baja y el generador requiere un tamaño demasiado grande.

El uso de un alternador de tracción con uso de un rectificador para el uso de motores de corriente directa, elimina los defectos del uso de la conmutación y sus limitaciones. Esto es debido a que la salida del alternador no está limitado por la velocidad de la máquina. Esto ha hecho posible extender más el potencial en hp de una locomotora diesel-eléctrica. El alternador es mucho más pequeño y más liviano que un generador de CD, porque el conmutador y los campos son reemplazados por rectificadores de estano sílico.

Las partes principales del alternador, son el rotor y el estator. La construcción del alternador es eléctricamente diferente al de un generador de CD. El alternador tiene sus campos en el rotor y los devanados de potencia en el estator. Esta condición permite los bajos niveles de corriente necesarios para la excitación. Potentes corrientes son generados en el estator, simplificando transferencia de altas co-

rientes a los rectificadores porque no se toma potencia de los elementos móviles.

La regulación de la potencia de tracción es compleja. La excitación del generador o alternador debe responder a una señal de retroalimentación. Una máquina diesel de locomotora tiende a entregar potencia constante, dependiendo del ajetreo y arranque o el descuido de la velocidad de la máquina. Para lograr la máxima salida, el generador debe ser variado para utilizar toda la capacidad de la máquina.

Los motores de tracción son series de devanados para proveer el alto torque de arranque, deseado para un servicio de ferrocarril. La locomotora tiene reversa cambiando la dirección de la corriente que fluye a través de los devanados del motor de tracción, mientras que la corriente de la armadura permanece sin cambio.

El control de la potencia de tracción es un trabajo en tres partes, requiriéndose el control de voltaje y corriente. Cuando una locomotora es operada a baja velocidad, la potencia disponible puede ser suficiente para generar excesiva corriente de carga. Se puede usar, a sobrecarga en los motores y deslizamiento en las ruedas. El máximo límite de corriente es cuando el motor de tracción rota muy despacio y su fuerza contraelectromotriz es baja. En este estado, un generador de bajo voltaje puede producir la corriente de plena carga. Si el generador no estuviera limitado, la corriente excedería rápidamente la capacidad del generador y el motor.

El voltaje debe mantenerse constante en su valor máximo. Esta condición se da cuando la locomotora va rápido y la armadura de los motores de tracción rota tan rápido que tiene una gran fuerza contraelectromotriz. El voltaje del generador de tracción debe ser alto para producir la corriente de carga requerida. Este es el punto en el que un sistema de control debe regular para mantener un voltaje limitado.

El control de excitación, o regulación de carga, también requiere retroalimentación del gobernador de la máquina o el tacómetro, para reflejar el efecto de la velocidad del motor diesel.

Las locomotoras viejas tienen sistemas de tracción en los que cambian la carga de los motores conectando en paralelo los campos por reconexión. A bajas velocidades, todos los motores están en conectados en serie para maximizar la corriente de carga y luego son conectados en serie-paralelo a velocidades más altas. Actualmente, las características de voltaje-amperaje pueden ser ajustadas a los requerimientos

de los motores de tracción. En muchos casos esto permite una operación con campos totales en todo el tiempo, eliminando el equipo de campos paralelos y alargando la vida del motor. Otro diseño conecta los motores permanentemente en paralelo y reduce la conexión en paralelo en el rango de velocidades de la máquina.

Todos esos sistemas de control deben hacer posible el freno dinámico. Esta es la reconexión de la transmisión eléctrica de manera que los motores de tracción de CD pueden funcionar como generadores y su corriente de salida es disipada en bancos de resistores enfriados con aire encima de la locomotora.

El generador de corriente directa de tracción tiene siempre incorporados, devanados de arranque aparte los cuales pueden ser energizados desde la batería de la locomotora, para motorizar el generador en lo que se enciende el motor diesel. El alternador no tiene esta capacidad pero algunos alternadores equipados tienen separados motores de CD para el arranque. Otro arreglo motoriza el generador auxiliar y el excitador de CD, que están montados en el alternador. Esas dos máquinas de CD están equipadas con devanados de arranque y toman energía de la batería de la locomotora, funcionando similarmente a como lo hace un generador de tracción de CD.

3.12 El alternador.

El modelo utilizado, tiene diodos de silicón que hacen el trabajo del conmutador. Su ensamble consiste en dos alternadores trifásicos, mecánicamente acoplados, pero eléctricamente independientes, excitados con CD, y enfriados con aire; uno es un alternador de tracción y otro es un alternador acompañante.

El alternador de tracción consiste en 10 polos y los requeridos devanados de estator para generar energía trifásica alterna. Esta energía es rectificadora por dos bancos de diodos de silicón que son parte integral del ensamble. El alternador acompañante es usado para excitar al alternador de tracción, para energizar los motores de corriente alterna de los ventiladores de enfriamiento y evacuación de polvo; y para energizar ciertos aparatos de control de excitación. La excitación del generador (alternador) acompañante es tomada de un generador de CD auxiliar que se energiza de las baterías y que recarga baterías, interruptores y fines de control. (Ver fig. 3-16).

ALTERNADOR
DE
TRACCION

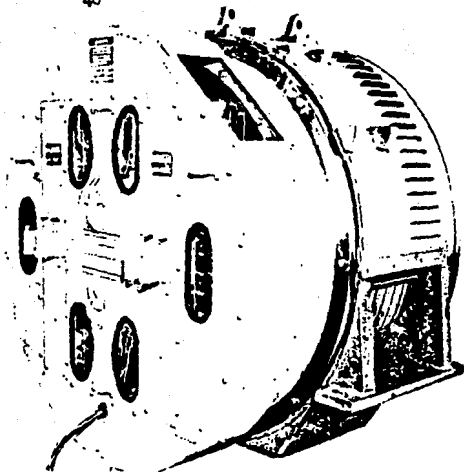


Figura C-15.

El generador principal tiene magnetismo residual, pero la resistencia conectada en serie con el campo paralelo previene que este magnetismo residual se incremente más que una cantidad despreciable de voltaje cuando la máquina funciona con su campo de excitación sin ser energizado.

El gobernador de la máquina es ajustado para operar a un estado fijo y para dotar a la máquina de una cantidad de combustible cuando la válvula reguladora pide una cantidad específica de combustible, para una velocidad dada. Esa cantidad de combustible y velocidad específicas, con la acción del regulador de carga, dan una potencia determinada en una condición balanceada.

Para el generador auxiliar de CD (modelo D 14), no hay control en los circuitos de excitación, por lo que se debe operar siempre que el motor diesel este andando. El voltaje de salida variará con la velocidad de rotación, la temperatura del alternador y la carga. Normalmente su salida es de 215 V. a.c. a 120 ciclos por minuto, con la máquina funcionando a toda velocidad a 900 rpm.

Todo el bajo voltaje de c.d. requerido durante la operación de la locomotora viene del generador auxiliar. Esta corriente es utilizada

para la excitación del generador D 14, y para energizar los circuitos de control y los interruptores de operación. El generador auxiliar es una máquina auto excitada que utiliza magnetismo residual para el arranque. Para mantener el voltaje a 74 volts, un regulador de voltaje de tipo estático se usa en el circuito de campo de excitación.

Cuando la locomotora opera y se encuentra en servicio en el camino, las posiciones del operador, selecciona el interruptor en la posición en que el regulador de carga tiene el mínimo campo al arranque y provee una potencia constante.

Los generadores auxiliares, el EMD, de 10 kw, o el EMD de 13-24 kw, son máquinas impulsadas en paralelo, y producen 74 volts d.c. de 825 a 3,000 rpm. Son ventilados por un ventilador montado en la armadura, que introduce aire en el generador. La rotación es en contra de las manecillas del reloj, visto de la parte del conmutador. Son auto-excitados usando el magnetismo residual para su arranque, y para mantener la salida constante, tienen un regulador de voltaje en el circuito del campo de excitación.

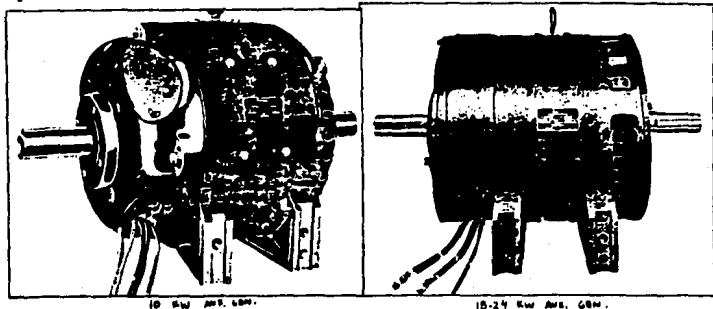


Figura C-17.

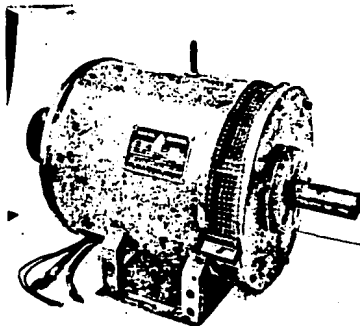
3.13 El regulador de carga.

El regulador de carga es un reóstato plano, circular, accionado por un motor operado hidráulicamente. Una válvula piloto en el gobernador de la máquina, controla un dispositivo de aceite a presión para manejar ese motor, en cualquier sentido de rotación, en un arco máximo de 300°, dando diferentes posiciones al reóstato y regulando la salida de el generador principal, variando la señal a un sistema que controla la

excitación del campo del generador. De este control, resulta un ajuste en la carga de la máquina. Esto permite al gobernador mantener la velocidad de la máquina con regulación de potencia, para un nivel de velocidad dado.

3.14 Generador auxiliar de c.a.

Consiste de un excitador piloto trifásico de c.a. y un generador trifásico de c. a. ensamblado. La salida nominal es de 18 kw a 55 volt c.a. Estos se aplican a un rectificador de onda completa para obtener 74 volts c.d. Un regulador de voltaje de tipo estático es usado en el excitador piloto para la excitación del campo. Viene equipado con ajuste para el voltaje con fines de cargar baterías.



GENERADOR
AUXILIAR
C.A.

Figura C-18.

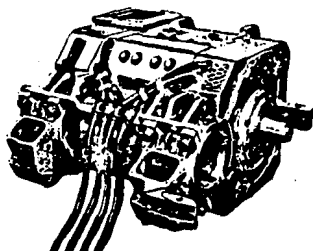
3.15 Motores de tracción.

El tipo GE-752, es un motor de tracción usado por locomotoras de General Electric. Es de cuatro polos, con conmutador, en serie, para c.d., diseñado para propulsión de locomotoras. Convierte la energía eléctrica que recibe del generador de tracción en energía mecánica, para mover las ruedas de la locomotora. Está acoplado al eje de la locomotora a través de un engrane reductor, en un compartimiento especial. Este sistema de engranes está fijado al motor de tracción y consiste en un engrane y un piñón. La caja de engranes los mantiene limpios y excluye suciedad y humedad además de retener el lubricante

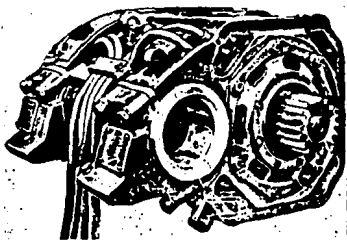
necesario.

El motor de tracción tipo EMD D77, se engrana a un par de ruedas, y es enfriado por un soplador externo localizado en la locomotora y mecánicamente accionado desde la máquina. Los campos y armadura están conectados en serie para proporcionar un torque elevado de arranque, requerido para el servicio de la locomotora. Este motor, al igual que el anterior, se monta en los trucks. Motores de mayor velocidad de rotación se obtienen de una poca fuerza contra electromotriz, debilitando los campos del motor, aplicando resistores en paralelo a los campos.

La rotación del motor es invertida, haciendo que el flujo de la corriente en los campos se invierta. Esto se realiza mediante un interruptor en la cabina de la locomotora. Un interruptor similar se usa para convertirlos de motores de tracción en generadores, para el freno dinámico. Durante el frenado, el motor está internamente conectado en serie con el generador principal, en su salida (solo los campos del motor de tracción) y la armadura del motor está conectada al resistor del ventilador disipador de calor.



MOTOR DE TRACCION EMD-D77

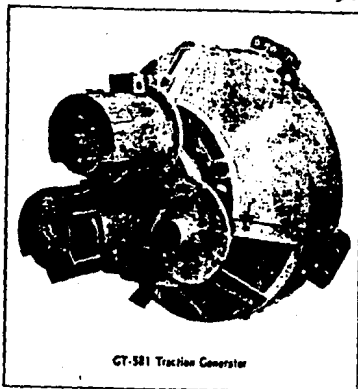


MOTOR DE TRACCION GE-732

Figura C-19.

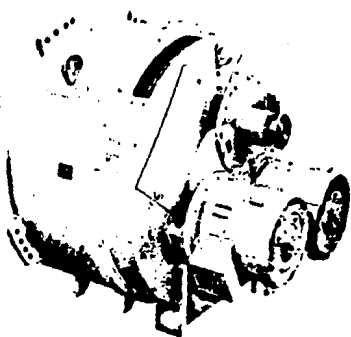
3.16 Generadores de tracción.

Los generadores de tracción de c.d. usados en las locomotoras de baja potencia, convierten la energía mecánica del motor diesel en energía eléctrica, para mover los motores de tracción. La armadura del generador está eléctricamente conectada a los motores. Tienen conmutador y son de tipo paralelo, con rotación en contra de las manecillas del reloj. (Ver fig. C-20).



CT-581 Traction Generator

GENERADOR DE TRACCION



ALTERNADOR DE TRACCION

Figura C-22.

3.17 Sistemas de excitación trifásicos.

Estos sistemas proveen una exacta, estable y obediente regulación del voltaje de salida de los generadores y permite control en la tracción de la locomotora en la velocidad nominal de operación. El sistema controla y limita al generador en cuanto a voltaje y corriente. Los tres campos empleados en esta excitación son: batería, diferencial y campo paralelo. Los máximos valores de voltaje del generador se obtienen dando máximos valores al campo excitador de batería. La corriente es limitada por el campo diferencial. La potencia es regulada con un control de potenciómetro en el gobernador de la máquina, el cual modula el valor del campo de batería en el excitador.

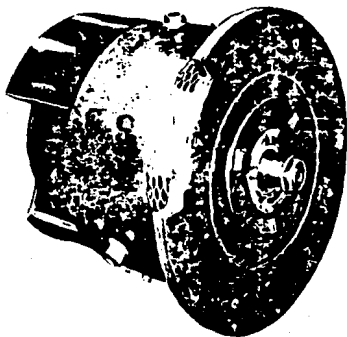
Los sistemas de excitación de caballaje constante se usan en locomotoras de c.a. Lo más importante de este sistema es la reducción en la producción de humo al acelerar.

3.18 Generador excitador y auxiliar.

Este motor es de cuatro polos, con conmutador, autoventilado, con sistema de engranes, convierte la energía mecánica en corriente directa. Este motor sirve para excitar el generador de tracción.

El generador excitador auxiliar, es tipo paralelo, de c.d., que provee energía eléctrica regulada para el equipo de control y equipo au-

xiliar. Las principales partes de estos generadores son la armadura, conmutador, escobillas y caspos. Este se monta en la caja de engranes del generador de tracción, de manera que pueda ser accionado por este.



GENERADOR AUXILIAR.

Figura C- 21.

3.19 Control maestro.

Este control ha sido especialmente diseñado de manera que cualquiera de sus tres palancas realiza una sola función.

Realiza las funciones de freno dinámico, la potencia de salida de la locomotora y la reversa.

Todos los circuitos están protegidos por un relé de sobrecarga, y es un dispositivo electromecánico que abre el circuito en caso de sobrecarga.

CAPITULO IV

INGENIERIA DE PLANTA

4.1 Determinación del tamaño adecuado de la planta.

Con el fin de saber con exactitud el tamaño que debe tener la planta, a causa del incremento de servicio requerido por el crecimiento en la cantidad de locomotoras que ha venido teniendo la empresa con el transcurso de los años, a continuación se expone, como medio de solucionar el problema el planteo de la simulación de llegadas de locomotoras al taller en Guadalajara, en el transcurso de un mes.

Las condiciones se obtienen a partir de los datos estadísticos obtenidos en el capítulo 2. La demanda promedio de servicio global, por día es de: 55.275 locomotoras, con una desviación estándar de: 4.7697 locomotoras, encontrados a partir de los datos de la tabla B-7.

A continuación, la tabla D-1 presenta los principales datos:

SERVICIO	TOTAL DÍAS	NO. FALLAS	TIEMPO DE SERV.	P. (%)	P.A. (v.)
I.P. #1	484	125	3.872	55432	—
I.P. #2	249	48	5.1875	2.1186	7.67
I.P. #3	337	80	6.7125	3.3977	11.22
CAMBIO (M.)	76	6	12.67	.2661	11.49
F.M. DIESEL	2734	892	2.667	30.9565	51.03
F. ELECT.	1,146	623	1.84	27.6275	78.68
F. MANTENIM.	228	83	2.75	3.6807	82.36
GRASIS Y T.	336	253	7.1186	11.2195	93.58
M. TRACCION	226	132	1.7121	3.8537	99.71
DEMORAS	276	15	21.2	.9765	100.0
TOTAL	6,492	2,155	—	100%	—

Figura D-1.

El total de días, número de fallas y el tiempo promedio de servicio en días, vienen de la tabla B-6. La probabilidad (P) de ocurrencia de cada falla viene dada por la razón entre la cantidad de fallas de ese tipo y el total de fallas. La probabilidad acumulada es la suma de las probabilidades anteriores. Con el fin de dar al tiempo de servicio un valor más exacto, se le asignó a este un valor normal, producto de la observación y que varía dentro de ciertos límites:

I.P. 1.	120 hrs.
I.P. 2.	120 hrs.
I.P. 3.	120 hrs.
C. conj.	168 hrs.
M. diesel.	24 hrs.
F. electr.	3 hrs.
S. aire.	18 hrs.
Chasis y T.	7 hrs.
M. tracción.	9 hrs.
Demoras.	72 hrs.

Tabla D-2.

Estos valores corresponden al máximo de tiempo que suele tardar una reparación de cada tipo, y varían de acuerdo a un número aleatorio que maneja el programa para cada caso.

Dentro de la ejecución del programa, solo se consideran demoras en equipo que no se encuentra en reparación general o totalmente desmontado. Esto nos da un total de 27 locomotoras que se encuentran dentro de este grupo dentro de un total de 174, por lo que el programa maneja 147 locomotoras. Estas locomotoras llegan aleatoriamente al taller y considerando que en Guadalajara se atienden aproximadamente al 60% del equipo (que no se encuentra en reparación general), nos da un total promedio de: $33 \times .6 = 20$ locomotoras. El máximo posible viene dado por: $147 \times .6 = 88$. De aquí, podemos obtener la probabilidad de recibir el equipo promedio en un día: $20/88 = 22.73\%$.

El programa contempla los siguientes puntos básicamente:

- Probabilidad de las locomotoras a fallar.
- Probabilidad de ocurrencia de cada falla.

c) Tiempo de reparación variable.

d) Cantidad aleatoria de fallas por locomotora.

El primer aspecto se basa en el hecho de que las locomotoras más viejas tienden más a fallar, aunque este hecho se da aleatoriamente, por lo que este aspecto se incluye en la primera parte del programa, seleccionando solo las locomotoras que caen dentro del 22.75%, mediante la generación de números aleatorios. Esto quiere decir, que no todas las locomotoras fallan al mismo tiempo.

El segundo aspecto, contempla la probabilidad de ocurrencia de cada falla, de acuerdo a las estadísticas de la tabla D-1.

El tercer aspecto considera el hecho de que las fallas tienen diferente tiempo de reparación, según su naturaleza, para lo cual se han fijado tiempos máximos en la tabla D-2, los cuales varían aleatoriamente dentro del programa.

El último aspecto es considerado al inicio del programa, ya que en general, las locomotoras que más fallan tienen tiempos de reparación más largos, y esto se basa en la siguiente clasificación:

Equipo:	Total:	%:	P:	PA:
Bueno:	66	44.9	44.9	-
Regular:	39	26.5	26.5	71.49
Malo:	42	28.6	23.6	100.0

Tabla D-3.

De aquí se aplica un factor de corrección al tiempo de falla: .75, .9 o 1.0, según sea el equipo bueno, regular o malo en su eficiencia, y esto determinado de una manera aleatoria.

Una vez que el programa ha generado las las locomotoras que fallan, el tipo de falla y su tiempo de duración durante un mes, empieza a contabilizar el tiempo total por día necesario para atender dichas fallas y después el tiempo total global.

Si el tiempo diario excede de 192 horas, que es el actual disponible por las ocho plataformas en tres turnos diariamente, se contabiliza la diferencia y se efectúa un promedio en base al total, para conocer el total diario. El programa y el resultado se muestran a continuación.

```

10 DIM FA(147,31),C(147,31),S(31),D(147,31)
20 FOR I=1 TO 147
30 FOR J= 1 TO 31
40 AL1=INT(RND(1)*10000)/10000
45 AL2= INT(RND(1)*10000)/10000
50 IF AL1 <=.449 THEN FA(I,J)= .75
60 IF AL1 > .449 AND AL1 <= .7149 THEN FA(I,J)= .9
70 IF AL1 > .7149 THEN FA(I,J)=1
75 IF AL2>.2275 THEN FA(I,J)=0
80 NEXT J
90 NEXT I
100 FOR I= 1 TO 147
110 FOR J= 1 TO 31
120 AL2=INT(RND(1)*10000)/10000
130 IF AL2 <= .0554 THEN GOSUB 400
140 IF AL2 >.0554 AND AL2<= .0767 THEN GOSUB 420
150 IF AL2 >.0767 AND AL2<= .1122 THEN GOSUB 440
160 IF AL2 >.1122 AND AL2<= .1149 THEN GOSUB 460
170 IF AL2 >.1149 AND AL2<= .4805 THEN GOSUB 480
180 IF AL2 >.4805 AND AL2<= .7568 THEN GOSUB 500
190 IF AL2 >.7568 AND AL2<= .7936 THEN GOSUB 520
200 IF AL2 >.7936 AND AL2<= .9058 THEN GOSUB 540
210 IF AL2 >.9058 AND AL2<= .9645 THEN GOSUB 560
220 IF AL2 >.9645 THEN GOSUB 580
225 C(I,J)=C(I,J)+FA(I,J)
230 IF D(I,J)=0 THEN C(I,J)=D(I,J)
235 IF D(I,J)>240 THEN 250
240 NEXT J:NEXT I

```



```

245 GOTO 260
250 D(I,J)=C(I,J)-24:C(I,J)=24
253 GOTO 240
260 FOR J= 1 TO 31
270 FOR I=1 TO 147
280 S(J)=S(J)+C(I,J)
290 NEXT I:PRINT S(J):NEXT J
300 FOR I=1 TO 31
305 PRINT S(I)
310 IF S(I)>192 THEN D=D+S(I)-192
320 NEXT I
330 N=D/(24*32)
340 PRINT"# DE PLATAFORMAS FALTANTES ";N
350 END

400 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=5*ALS*24
410 RETURN
420 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=5*ALS*24
430 RETURN
440 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=5*ALS*24
450 RETURN
460 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=7*ALS*24
470 RETURN

480 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=24*ALS
490 RETURN
500 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=8*ALS
510 RETURN
520 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=18*ALS
530 RETURN
540 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=7*ALS
550 RETURN
560 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=9*ALS
570 RETURN
580 ALS=INT(PND(1)*100)/100:C(I,J)=3*24*ALS
590 RETURN
600 END

```

Total de horas por día:

181.1895

275.8515

274.989

285.7475

310.455

244.5685

308.402

252.1215

315.9875

259.365

386.3015

285.8555

364.616

348.219

255.1145

310.2195

317.819

182.7805

302.087

270.6425

321.4075

265.5175

125.145

419.1475

197.3685

305.3045

295.7165

328.5904

283.2745

DE PLATAFORMAS FALTANTES 3.954462

4.2 Diseño de la planta.

A partir del resultado obtenido de la simulación, se debe seleccionar el lugar de las modificaciones requeridas. Para esto, se puede continuar las plataformas de la sección No. 2, lo que se resuelve el 50% del problema. Los otros dos edificios se pueden localizar a un lado de la sección No. 1, continuando el cobertizo de la sección No. 3. Esto lleva a dividir el problema en dos partes, primero, a diseñar el nuevo cobertizo, y luego a terminar las plataformas de la sección No. 2, (Ver Fig. A-1).

4.2.1. Ampliación del cobertizo.

La estructura que cubre el cobertizo consiste principalmente en los siguientes elementos: la cubierta del techo, sistema de largueros que soportan la cubierta, la estructura del techo que soporta la cubierta, las columnas y la cimentación.

La pendiente recomendada al techo, para este caso, es de $1:6^3$, quedando dentro del factor recomendado de $1/4$.

Datos generales.

Longitud: 51 mts. (de centro a centro)

Claro: 7.4 mts.

Área: 399.6 mts².

Altura total: 11.76 mts.

4.2.2. Acción del viento.

La presión del viento sobre la cubierta de un techo se considera solamente la que actúa en dirección normal a la superficie, esto es causa de la fricción del aire con partes relativamente lisas es insignificante, y la componente de la presión del viento en dirección paralela a la superficie puede ser despreciada.

Utilizando la fórmula empírica:

$$r_n = r_x z^n \cos a / (1 - \sin^2 a), \quad P = 0.72 k V^2$$

donde:

P_n es la presión normal.

P es la presión horizontal.

V es la velocidad del viento.

a es el ángulo que forma la superficie con la horizontal.

La velocidad del viento en nuestro medio es de 30 m/s, de donde:

$$\alpha = \tan^{-1}(2,55/7,4) = 17,6^\circ$$

$$P = (0,072)(900) = 70,2 \text{ kg/m}^2$$

$$P_n = (70,2)(2)(\sin 17,6)(1 + \sin 17,6) = 51,39 \text{ kg/m}^2$$

4.2.3 Peso de las láminas.

La lámina utilizada, de acuerdo con la configuración ya existente en el taller, es de acetato cemento acanalada. La siguiente tabla proporciona información respecto al tamaño y peso de estas láminas.

Medidas	Peso
1,30 x 1,10 mts.	20 kgs.
1,55 x 1,10 mts.	24 kgs.
1,75 x 1,10 mts.	29 kgs.
1,95 x 1,10 mts.	33 kgs.
2,15 x 1,10 mts.	38 kgs.

Tabla 3-4

Estas láminas se colocan apoyadas en largueros, con un traslapo de .15 c.m. (medida estándar). La lámina de 2,15 mts. de largo es la escogida, según a lo siguiente:

$$\text{Distancia requerida a cubrir} = 6,15 \text{ mts.}$$

$$\text{Número de láminas} = 6,15 / (2,15 - 0,15) = 2,15 = 0$$

$$\text{donde } n = 3 \text{ láminas.}$$

El traslapo a lo largo es de .1 mts., y la cantidad de láminas requeridas es de:

$$\text{Distancia requerida a cubrir} = 6,1 \text{ mts.}$$

$$\text{Número de láminas} = 6,1 / (2,1 - 0,1) = 2,1 = 0$$

$$\text{donde } n = 3 \text{ láminas}$$

Como resultado se obtiene que a lo ancho requeridos de 3 láminas, y a lo largo de 54 láminas, teniendo como resultado 162 láminas. Para cubrir una superficie, necesitamos 160/75 mts. para lo cual se puede utilizar la misma lámina de 1,95 x 1,10 mts. regularizándose también 54 láminas a lo largo, dando un total de láminas para cubrir el cobertizo de 162. El peso correspondiente es de:

$$\text{Peso} = 210 \text{ láminas} \times 38 \text{ kgs/lámina} = 7,980 \text{ kgs.}$$

$$\text{Área del cobertizo} = 54 \text{ mts.} \times 7,4 \text{ mts} = 399,6 \text{ mts}^2$$

$$\text{Peso por m}^2 = 7,980 \text{ kgs.} / 399,6 \text{ mts}^2 = 17,84 \text{ kg/m}^2$$

4.2.4. Ubicación de los largueros.

Los largueros o travesaños son aquellos que se ubican a lo largo de

la estructura con el fin de soportar las cargas de viento. Estos deben soportar la presión del viento y el peso de los trabajadores para efectos de mantenimiento e instalación.

El esfuerzo por nieve y trabajadores se calcula como promedio un esfuerzo de 50 lb/pla, para una superficie de 19° de inclinación y por cada pie² más de altura se suma una libra. A 21.6° el peso resultante es 55 lb/pla, que en el sistema métrico equivale a 112.2 kg/m² y como no hay carga de nieve en ninguna época, se puede decir que este valor se ve disminuido de 6 a 3 veces. Considerando a los trabajadores de un peso promedio de 75 lbs. obteniéndose un esfuerzo de 4.0 kg/m². Para este caso, se asume un valor de 10 kg/m².

Las dimensiones se calculan como sigue:

Distancia entre los largueros: 2.15 mts. (Ver figura D-1).

Área máxima que soporta cada larguero: 2.15 m x 6 mts. = 12.9 m²
Esfuerzo que soporta cada larguero: 101.2 kg/m² = 66.7 kg/m²

12.9 m² x 66.7 kg/m² = 860.3 kgs.

1/3 x 860.3 x 600 / 32 = 64,201 kg-cm.

324 / 6604,961 / 1,520 = 0.037 cm

Consultando manual de perfiles se encuentra que este valor es satisface con un canal M.T.B. No. 10, requiriéndose 3 canales, con una longitud requerida de 6 x 34 = 204 mts.

Las especificaciones del canal son: GRT, calibre 0.11 de 6" x 2 1/2", de 7.30 kg/m² lineal, área 19.04 cm². El peso total de estos canales es de 3 x 204 mts x 7.30 kg/m² = 2,351.16 kg. El esfuerzo es de 1,511.22 / 399.6 = 3.78 kg/m².

4.4.5. Peso de la estructura.

El peso de la estructura se puede evaluar con la siguiente fórmula:

$$W = 2L \cdot 12SL = 3.25(6.2/3.283) = 6.3376 \text{ lb/pla}^2$$

$$= 31.12 \text{ kg/m}^2$$

Este valor queda dentro del rango práctico para edificios y estructuras de 1 a 2 pisos, que es de 31 a 40 kg/m².

La siguiente tabla muestra los esfuerzos totales requeridos.

Cargas:	Esfuerzos:	Pesos:
Viento:	38.09 kg/m ²	15,140 kg.
Lluvia:	17.04 kg/m ²	7,129 kg.
Largueros:	6.34 kg/m ²	2,555 kg.

Armadura:	31.22 kg/m ²	12,475 kg.
Total:	93.34 kg/m ²	37,000 kg.

Este esfuerzo resulta al menos de un 25% el valor estándar para armaduras (70 kg/m²), pero considerando los efectos de la vibración se dejará el valor de 90 kg/m² (30% de suplemento).

Para el diseño de la estructura se toma en cuenta el alto costo de los canales de perfil estándar, por lo que se opta por hacer uso de los canales A.T.G., unidos con soldadura para darles mayor rigidez. La armadura constará de una cuerda superior constituida por dos canales unidos (ver fig. D-1), cuyo cálculo es de la continuación:

$$a = \tan^{-1} 2.55/7.4 = 17.6^{\circ}$$

$$cuerda = 7.4 \text{ mts.}$$

$$cuerda \text{ sup.} = 1.5 \text{ mts.} \text{ sen } 17.6^{\circ} = 0.45 \text{ mts.}$$

$$w = 70 \text{ kg/m}^2 \times (7.4 \text{ mts} \times 6) = 3,132 \text{ kg.}$$

$$M = 3,132 \times 77/8 = 30,315 \text{ kg-cm.}$$

$$S = 30,315/1520 = 20 \text{ cm}^2$$

Se usará la localidad que un canal acabe A.T.G. de 12" x 7" de calibre 6.1 satisficiera esta situación. Su peso es de 2.04 kg/m², y su área de sección es de 307.22 cm². Las uniones serán realizadas con placas de aproximadamente el espesor del canal, de 1/8" a 3/16". La unión de los canales se hará con soldadura en filote y de manera interrumpida, 1 cm. de soldadura y 15 libras, ya que de esta manera adquiere suficiente rigidez para soportar los esfuerzos anteriormente. Las uniones se muestran en la figura D-3.

Para el diseño de la linterna, se considera el área que comprende de 1.00 x 54 mts = 54.0 m², que representa el 20.1% del área total, y en consecuencia soporta 11.1 kg/m² por acción del viento.

El peso soportado por largueros es de:

$$2 \text{ largueros} \times 54 \text{ mts.} \times 1.36 \text{ kg/m}^2 \times \text{larguero} = 148 \text{ kg.}$$

$$\text{el esfuerzo es de } 148 / 1.05 \times 54 \text{ mts}^2 = 2.55 \text{ kg/m}^2.$$

El peso de las láminas es de:

$$54 \text{ láminas} \times 25 \text{ kg/lámina} = 1,350 \text{ lbs.}$$

$$\text{el esfuerzo es de } 1,350 \text{ lbs.} / 1.05 \times 54 \text{ mts}^2 = 22.5 \text{ kg/m}^2.$$

El esfuerzo total de la linterna es de 25.05 kg/m². Un suplemento de 1.0 kg/m² por el peso de los trabajadores, da 26 kg/m².

El diseño se realizará con ángulos de lados iguales, APS de perfil estándar y los cálculos se sujetan a la continuación:

Trabajo: a compresión, elemento CD.

Longitud: 1.0 mt.

Carga: $55 \text{ kg/m}^2 \times 1.65 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 549.0 \text{ kg}$.

$K=1$

Acero: A-36.

Esfuerzo máximo: $1,500 \text{ kg/cm}^2$, a tensión.

Escogiendo la sección mínima: 1 ángulo APS de $3/4" \times 3/4" \times 1/8"$.

Peso: $.38 \text{ kg/mt}$.

Area: 1.11 cm^2

Radio de giro: $.59 \text{ cm}$.

Esfuerzo máximo: 354.9 kg/cm^2 (según manual de perfiles laminados).

Esfuerzo real: $272.25 \text{ kg} / 1.11 \text{ cm}^2 = 245.3 \text{ kg/cm}^2$.

Trabajo: a flexión, elemento BC.

Longitud: 1.72 cm.

Carga: $55 \text{ kg/m}^2 \times 1.65 \text{ m} \times 6 \text{ m} = 549.0 \text{ kg}$.

Acero: A-36.

Esfuerzo máximo: $1,500 \text{ kg/cm}^2$

$M = P \times l / 6 = 549.0 \times 1.72 / 6 = 157.1 \text{ kg.cm}$.

$S = 11,736.3 / 1,520 = 7.7 \text{ cm}^3$.

Sección: 1 ángulo APS de $2 1/2" \times 2 1/2" \times 5/16"$.

Peso 7.44 kg/mt

Area: 4.48 cm^2

Las columnas del cobertizo se calculan como sigue:

Longitud: 1.55 y 3.9 mts.

Carga: 1,998 kg.

Acero: A-36.

$K=1.2$

a) $k(l/r)=99$.

Esfuerzo permitido: 923.1 kg/cm^2

Esfuerzo real: $2,000/4.13 = 484 \text{ kg/cm}^2$

Un canal M.T.G. perfil 4RT14, cal. 14, de $4" \times 2"$, $A=4.13 \text{ cm}^2$,

peso= 3.24 kg/mt ., espesor= 1.9 mm .

b) $k(l/r)=205$

Esf. perm.: 249.9 kg/cm^2 Esf. real : $2000 / 10.04 = 199 \text{ kg/cm}^2$

Un canal M.T.G. perfil 6RT10, cal. 10, de $6" \times 2 1/2"$, $A=$

10.04 cm^2 , peso= 7.88 kg/mt ., espesor= 3.42 mm .

4.2.6. Cálculo de la grúa.

Definiendo un límite de carga de 5 toneladas para las necesidades del taller, primeramente se debe encontrar el momento flexionante considerando que es producido por una carga concentrada en el centro del claro de 7.5 mts:

$$M = Pl/4 = 5,000 \times 730/4 = 912,500 \text{ kg}\cdot\text{cm.}$$

$$S = M/f = 912,500/1,520 = 600.3 \text{ cm}^3$$

Una viga IPR de 12" x 6 1/2" con un área de 58.83 cm², un peso de 46.2 kg/mt., un módulo de sección de 645 cm³ y una inercia de 9,923 cm⁴. Haciendo un análisis para la deflexión, se tiene:

$$D \text{ perm.} = 730 \text{ cm}/360 = 2.0278 \text{ cm.}$$

$$D \text{ máx.} = Pl^3/48EI = 5000 \text{ kg} \times (730 \text{ cm})^3 / 48 \times 2,038,990 \text{ kg/cm}^2 \times 9,923 \text{ cm}^4 = 2.0028 \text{ cm.}$$

Por lo que la deflexión no excede el valor permitido. El peso de la viga será de 337.3 kg.

El esfuerzo cortante máximo se encuentra en el punto de apoyo de la grúa con el bastidor de canales. Realizando suma de momentos en los apoyos, se puede conocer el valor de las reacciones máximas cuando la grúa se encuentra en los extremos, a 40 cm. de los apoyos:

$$\text{Peso de la grúa: } 5,000 + 337 = 5,337 \text{ kg.}$$

$$\text{Valor de las reacciones: } W/2 = 2,669 \text{ kg.}$$

$$R \times 7.5 - 2,669 \times .4 = 0, \quad R = 146 \text{ kg.}$$

$$R \times 7.5 - 2,669 \times 6.9 = 0, \quad R = 2,523 \text{ kg.}$$

$$\text{Total: } \quad \quad \quad 2,669 \text{ kg.}$$

$$\text{Esfuerzo cortante: } 2,523 \text{ kg} / 58.83 \text{ cm}^2 = 42.9 \text{ kg/cm}^2.$$

Los extremos de la viga que forma la grúa, se apoyan sobre un bastidor de canales que se calcula como vigas apoyadas en sus extremidades de la siguiente forma:

$$\text{Carga sobre cada canal: } 2,523/2 = 1,261.5 \text{ kg.}$$

$$M = 1,261.5 \times 50 \text{ cm} = 57,345 \text{ kg}\cdot\text{cm.}$$

$$S = 57,345/1,520 = 37.7 \text{ cm}^3.$$

Se debe usar canales de 4", CPS, con módulo de sección de 31.1 cm³, un área de 10.06 cm² y un peso de 8.04 kg/mt. El esfuerzo cortante es: $t = 1,261.5/10.06 = 125.4 \text{ kg/cm}^2$

El trabajo de los ejes es únicamente de esfuerzo cortante:

$$125.4 = 3.1416/4 \times D^2 \times 8, \quad D = 1.79 \text{ cm.}$$

esto considerando que cada apoyo tenga 2 ruedas. Para el desliza -

miento de las ruedas, se colocará un riel de calibre 40 para 10,000 lb. por rueda.

Para el deslizamiento del motor transversalmente a lo largo de la viga, se fijará al motoreductor a un canal formado de placas de 1/2" el cual tendrá dos ruedas a cada lado para deslizarse en los patines inferiores de la viga. Cada rueda resistirá 1,250 kg. El esfuerzo cortante será de:

$$t = 5000 / (2 \times 15 \times .50 \times 2.54) = 131.23 \text{ kg/cm}^2$$

$$1,265 = 1,250 / (3.1416 \times D^2 / 2), D = .7931 \text{ cm.}$$

Utilizando el esfuerzo cortante encontrado:

$$131.23 = 1250 / (3.1416 \times D^2 \times 2/4), D = 2.4625 \text{ cm.}$$

El movimiento longitudinal de la grúa es realizado por dos motoreductores que se accionan al mismo tiempo y se conectan a una de las ruedas de cada apoyo. La potencia de cada uno es de .5HP. El diámetro de las ruedas es de .5 mts, y la velocidad adecuada es de 30 mt/min., por lo que:

$$r.p.m. = 30 / (3.1416 \times .15) = 64.$$

El mecanismo de elevación debe tener una velocidad de 4.5 a 5 metros por minuto cuando menos, por lo que, teniendo un motoreductor de 1 HP de 50 r.p.m., el diámetro de la polea debe ser de:

$d = 5 \text{ m} / (3.1416 \times 10 \text{ rpm.}) = 15.92 \text{ cm}$, con una relación 1/5 en la velocidad del cople entre el motor y la polea.

La potencia se calcula como sigue:

tiempo de ascensión: 60 seg.

tonelaje: 5 ton.

potencia: 1 HP = 76 kg-mt/seg.

$$\text{HP} = 5000 \text{ kg} / (76 \times 60 \text{ kg-mt}) = 1.097 \text{ HP.}$$

Considerando pérdidas en la eficiencia por los mecanismos utilizados puede considerarse el uso de un motor de 1.5 HP.

4.2.7. Cálculo de las trabes de la grúa.

Las trabes son vigas continuas que guían el curso de la grúa y deben de calcularse para una carga móvil, por lo que se deben estudiar los momentos máximos. Estos se calculan como sigue:

Peso = 5,000/2 + peso del bastidor, ruedas, etc. = 3,000 kg.

Longitud: 6 mt.

$$M \text{ máx.} = PL/4 = 3,000 \times 600/4 = 450,000 \text{ kg-cm.}$$

$$S = 450,000/1520 = 296.1 \text{ cm}^3.$$

Una viga IPR de 10" x 4" satisface la rigidez requerida, pero para dar mayor seguridad, se utilizara una viga IPR de 10" x 5 3/4", que tiene un módulo de sección de 352 cm³, un área de 39.93 cm², un peso de 31.3 kg/mt y una inercia de 4,424 cm⁴. Haciendo un análisis para la deflexión:

$$d \text{ máx.} = 600/360 = 1.6667 \text{ cm.}$$

$$d \text{ perm.} = 3000 \times (600)^3 / (48 \times 2,038,990 \times 4,424) = 1.6556 \text{ cm.}$$

a partir de esto, se acepta la viga anterior.

4.2.8. Cálculo de las columnas.

Se debe considerar el peso de la armadura, las traveses y la grúa, teniendo:

Peso de la trabe: 107 kg.

Peso de la armadura: 1,998 kg.

Peso de la grúa: 3,000 kg.

Total: 5,105 kg.

Tomando una viga de 8" x 5 1/4", con un área de 32.26 cm², un radio de giro en y de 2.54 cm. y un peso de 25.3 kg/mt. tenemos:

$$K \ 1/r = (1.2) \times (550/2.54) = 225.$$

Esfuerzo admittido: 207.4 kg/cm².

$$\text{Esfuerzo real: } 5,105/32.26 = 160.76 \text{ kg/cm}^2.$$

Como estos elementos trabajan con cargas excéntricas, por causa del diseño, tenemos:

Elemento:	Carga:	Excentricidad:	Centro:
Trabe y grúa:	3,107 kg.	6.395 cm.	10.16 cm.
Armadura:	1,998 kg.	10.52 cm.	10.16 cm.

Teniendo que la inercia en y es de 403.7 cm⁴ y las fórmulas:

$$\text{Esfuerzo} = P/A + \sum P_x e_x \times c/I$$

$$P/A = 5,105/32.26 = 160.76 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Trabe: } 3,107 \times 6.395 \times 10.16/403.7 = 512.93 \text{ (-)}$$

$$\text{Armadura: } 1,998 \times 10.52 \times 10.16/403.7 = 523.99 \text{ (+)}$$

$$\text{Esfuerzo} = 161 + 523 - 513 = 171 \text{ kg/cm}^2.$$

Por lo que la excentricidad de las cargas no sobrepasa el esfuerzo límite de 207.4 kg/cm². El detalle de la unión se muestra en la figura D-3. Esta lleva dos ángulos APS de refuerzo en las orillas, son de 2" x 2" x 3/8" y cuentan con triángulos de refuerzo. El acoplamiento

se realiza con placa de $1/4"$ o $3/8"$.

4.2.9. Cimentación.

Las columnas se deben anclar con varillas corrugadas de $3/4"$, que son cuertadas por el piso de cemento, proporcionando un enlace rígido entre la columna y la zapata.

El peso de cada columna de acero es de 135 kg. y suponiendo un peso de 2,000 kg. de la zapata, se tienen 7,324 kg. de peso total. A este valor se le agrega un 10% por peso extra de instalaciones, ductos, etc. teniendo 8,056 kg. es decir, 8,000 kg.

La columna es una viga IPR de $8" \times 5 1/4"$ (20.32 cm. x 13.34 cm.). Las dimensiones de las placas de unión son: 30 cm. x 25 cm. x $1/4"$.

Suponiendo una sección cuadrada:

$$a = 30 \text{ cms.}$$

$$w = 1.5 \text{ kg/cm}^2. \text{ (fatiga del terreno).}$$

$$P = 8,000 \text{ kg.}$$

$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2. \text{ (fatiga máxima del concreto utilizado).}$$

$$fc \text{ (compresión)} = 0.25 f'c = 35 \text{ kg/cm}^2.$$

$$fc \text{ (flexión)} = 0.45 f'c = 63 \text{ kg/cm}^2.$$

$$fc \text{ (penetración)} = 0.12 f'c = 16.8 \text{ kg/cm}^2.$$

$$V = 0.02 f'c = 2.8 \text{ kg/cm}^2.$$

$$u = 0.0375 f'c = 5.25 \text{ kg/cm}^2.$$

Área de cimentación:

$$A = 8,000/1.5 = 5,333.3 \text{ cm}^2, \text{ lado} = (5,333)^{1/2} = 73 \text{ cm.}$$

$$\text{Volado de la zapata} = (73-30)/2 = 21.5 \text{ cm.}$$

$$\text{Carga de penetración} = (8,000-300) \times 1.5 = 10,650 \text{ kg.}$$

$$\text{Perímetro que transmite la carga} = 4 \times 30 = 120 \text{ cms.}$$

$$Dr = Q/(4a \times fc) = 10,650/(120 \times 16.8) = 5.20 \text{ cms.}$$

$$\text{Relación } V/w = 3.5/1.5 = 2.34$$

La fórmula que da "d" en función del esfuerzo cortante:

$$d = -(1.75 \times 2.34 + 2) \times 30 / (7 \times 2.34 + 4) + ((1.75 \times 2.34 + 2) \times 30 / (7 \times 2.34 + 4) + (5,333 - 300) / (7 \times 2.34 + 4))^{1/2} = 6.38 \text{ cm.}$$

Peralte por esfuerzo máximo:

Se usará varilla del menor diámetro, $3/8"$, con una área por metro de 7.1 cm^2 . La separación de 10 cm. centro a centro. La fatiga máxima a la que puede hacerse trabajar a esta varilla para que no patine es:

$$fs = 2 \times u \times 1/D = 2 \times 5.25 \times 21.5 / .9525 = 237 \text{ kg/cm}^2.$$

Constantes del cálculo:

$$n = 15.$$

$$k = 0.415.$$

$$j = 0.3519$$

$$K = 10.74$$

Reacción neta en la base del ciumento:

$$r = 1.5 \times (2,000) / (73 \times 73) = .563$$

El momento flexionante vale:

$$M = .3519 \times 0.563 \times 100 \times 21.5^2 / 2 = 11,035.2 \text{ kg.cm.}$$

Aplicando valores a la fórmula:

$$d = M / (A_s f_s j) = 11,035.2 / (7.1 \times 237 \times .3519) = 7.73 \text{ cms.}$$

Peralte por momentos:

$$d = (M / K \times 100)^{1/2} = (11,035.2 / (10.74 \times 100))^{1/2} = 3.21 \text{ cm.}$$

El refuerzo necesario será:

$$A_s = 11,035.2 / (237 \times 0.3519 \times 3.21) = 17.1 \text{ cm}^2.$$

Area de la sección de una varilla de 3/8" es de .71 cm².

Número de varillas en un metro: 17.1 / .71 = 24.1

Separación: 100 / 17.1 = 5.85 cm.

Según especificaciones, la separación mínima debe ser de 1. cm. por lo que se colocarán en dos capas.

Para la cimentación de los rieles, habrá de considerarse el efecto de las cargas vivas y la fosa que hay entre los rieles.

Datos:

Profundidad de la fosa: .7 mt.

Altura del riel: 17.4 cm (60 kg/mt).

Altura de las columnas: .675 mt.

Longitud de la máquina: 20.498 mt.

Separación de las columnas: .4 mt.

Resistencia del suelo: .75 kg/cm²

Resistencia del concreto: 240 kg/cm²

Peso de la máquina (máximo): 420,000 lb= 190,512 kg.

Ancho del riel: 14.5 cms., cal. 110, 30,500 lb/rueda.

Diseño de las columnas:

Número de columnas= 20.4 / .4 = 51 columnas.

Considerando que el peso se concentra en las columnas localizadas decajo del truck, de 3.5 mts aproximadamente, el número de columnas que resiste la cuarta parte del peso es:

$$N = 3.6 / .4 = 9.$$

Peso soportado = $190,512/4 = 47,628 \text{ kgs} = 50 \text{ ton.}$

Peso por columna = $50,000/9 = 5,555.6 \text{ kg.}$

Las condiciones de los apoyos son las siguientes: apoyo inferior en potrado (rotación y translación restringidas), apoyo superior con rotación restringida, translación libre, para lo cual el valor recomendado de K es 1.2.

Considerando por carga de impacto y vibraciones un 50%, se tiene:

Peso soportado = $5,556 \times 1.5 = 8,334 \text{ kg.}$

$K(1/r) = 1.2(67.5/2.21) = 37$

Esf. permitido: $1,368.4 \text{ kg/cm}^2$

Seleccionando una viga IPR de 6" x 4", de 16.13 cm^2 y 12.7 kg/mt. tenemos un esfuerzo de 517 kg/cm^2 , quedando un 62% de seguridad.

El ángulo máximo que forma la rueda con el riel llega a alrededor de los 8° . Eso nos proporciona una componente horizontal del peso ejercido por la máquina:

$W = 50,000 \times \sin 8^\circ/9 = 773 \text{ kg. x columna.}$

Considerando la resistencia a la flexión del concreto de .45 y que la concentración de la fuerza se concentra a 2/3 de la profundidad, aplicando suma de momentos en la superficie de la zapata, se tiene:

$\Sigma M = 773 \times .375 - 240 \times .45 \times (4" \times 2.54 \times d) \times dx/2/3$

$731.52 d^2 = 521.775, \quad d = .8446 \text{ mt.}$

Volumen ocupado por la zapata aprox.:

$V = .4 \times (.3 \times 1 + .8 \times .3/2 + .3 \times .2) = .192 \text{ m}^3$

Peso = 500 kg, tomaremos 1,000 kg.

Peso total: 9,500 kg.

Distancia entre rieles: 1.435 mt.

Base de la columna: placa de 20 cm. x 20 cm. x 1/2".

Calculo de la zapata:

$a = 40 \text{ cm. (secc. cuadrada).}$

Resistencia del concreto: 240 kg/cm^2

fc (compresión): $0.25 \text{ fc} = 60 \text{ kg/cm}^2$

fc (flexión): $0.45 \text{ fc} = 108 \text{ kg/cm}^2$

fc (penetración): $0.12 \text{ fc} = 28.8 \text{ kg/cm}^2$

Area de cimentación = $9,500/1.5 = 6,333 \text{ cm}^2$

lado de la zapata: 79.5 cm.

teniendo solo 40 cm disponibles a lo ancho, se requiere :

dimensión de la zapata: 70.74

Area disponible para la zapata: $.4 \text{ m} \times 1.44 \text{ m} = .576 \text{ m}^2$

Esfuerzo en la base de la zapata: $9,500 \text{ kg} / .576 \times 10,000 \text{ cm}^2 = 1.649 \text{ kg/cm}^2$

Tomando la resistencia del suelo como 1 kg/cm^2 , con un factor de seguridad del 50%, se requiere colocar una loza para soportar las zapatas con un área de: $(9,500 \times 2) \text{ kg} / 1 \text{ kg/cm}^2 = 9,500 \text{ cm}^2$

Teniendo solo disponibles 40 cm a lo largo, se requiere de un ancho de: $9,500/40 = 237.5 \text{ cm}$

Espesor mínimo: $(40+233) \times 2 / 180 = 3.1$

El reglamento exige mínimo 10 cm.

Se utiliza varilla corr. de $3/4"$, a 30 cm. de c. a. c.

Para las zapatas:

Area de cimentación: $5,760 \text{ cm}^2$

Volado de la zapata: $(144-40)/2 = 52 \text{ cm}$.

Carga de penetración: $(9,500-1,600) \times 1.65 = 13,035 \text{ kg}$.

Perímetro que transmite la carga: 160 cm.

$D_r = Q / (4a \times fcp) = 13,035 / (160 \times 16.3) = 4.85 \text{ cm}$.

$d = \sqrt{(1.75 \times 2.34 + 2) \times 40 / (7 \times 2.34 + 2) + ((1.75 \times 2.34 + 2) \times 40 / (7 \times 2.34 + 4)) + (9,500 - 1,600) / (7 \times 2.34 + 4)} = 4.02 \text{ cm}$.

Por refuerzo mínimo: varilla de $3/8"$, con $.71 \text{ cm}^2$ de área.

$f_s = 2 \times 3.35 \times 1.44 \times 100 / .9525 = 1,587.4 \text{ kg/cm}^2$

Reacción neta de la base del cimiento:

$r = 1.649 - 2,000 / (40 \times 144) = 1.3018$

$M = .3519 \times 1.3018 \times 100 \times (52)^2 / 2 = 149,935 \text{ kg.cm}$.

$d = (149,935 / (1.74 \times 100))^{1/2} = 11.32 \text{ cm}$.

Refuerzo necesario: $A_s = 149,935 / (1,587.4 \times .3519 \times 11.32) = 9.3833 \text{ cm}^2$

No. de varillas por metro: $9.3833 / .71 = 13.22$

Separación: $100 / 13.22 = 10.66 \text{ cm}$. en ambos sentidos.

4.2.10 Desagüe de las aguas pluviales.

La superficie a drenar es de 399.6 m^2 . La precipitación en la ciudad es de $.306 \text{ m}^3/\text{min}$.

Precipitación considerada: $0.001 \text{ m}^3/\text{seg}$. Gasto = $0.001 \text{ m}^3 = 1 \text{ lt}$.

por segundo. Gasto total: $399.6 \times 1 = 400 \text{ lps}$.

Velocidad media de desdoblamiento:

$V = (2gh)^{1/2} = (2 \times 9.81 \times 7.2)^{1/2} = 11.89 \text{ m/seg}$.

Utilizando tubo de 4", el caudal es:

$$Q = A \times V = (3.1416 \times (4 \times 2.54)^2 / 4) \times 11.39 = 963.6 = 0.0964 \text{ m}^3 \text{ p.s.}$$

$$Q = 96.4 \text{ l.p.s.}$$

$$\text{Número de bajantes: } 399.6 / 96.4 = 4.147 = 5.$$

4.2.11. Soldadura.

Las uniones y sus características se pueden ver en la figura D-3 y en la siguiente tabla:

Elemento:	Unión:	Sold.:	Esp.mm.:	Diam. elec.:	Long.mm;	Amperaje:
C MTG 12"x7" Placa de 1/8"	A2	HV-F	3.42 3.175	3.25-4	20.2x2	140
Placa de 1/8" C MTG 4"x2"	A1	HV-F	3.175 1.9	2.5	10.16x2	87.5
C MTG 12"x7" Placa de 1/8"	B2	HV-F	3.42 3.175	3.25-4	20.2x2	140
Placa de 1/8" C MTG 6"x2 1/2"	B1	HV-F	3.175 3.42	3.25-4	15.24x2	140
APS 3/4"x3/4"x1/8" APS 2 1/2"x2 1/2"	C1	HV-F	3.175 7.938	3.25-4	6.57x2	140
APS 3/4"x3/4"x1/8" C MTG 12"x7"	C2	HV-F	3.175 3.42	3.25-4	3.35x2	140
APS 2 1/2"x3/16" C MTG 12"x7"	C3	HV-F	7.938 3.42	3.25-4	6 x 2	140
C MTG 6"x2 1/2" C MTG 12"x7"	D1	HH-F	3.42 3.42	3.25-4	17.3x2	140
C MTG 4"x2" Placa de 1/2"	E1	HH-F	1.9 12.7	2.5	10.16x2	87.5
Riel cal. 40 IPR 10"x4"	E2	HH-FCH	3.5 8.6	3.2,4,5	13.34x2	112,140 175
IPR 10"x4" Placa de 1/2"	E3	HH-FCH	3.6 12.7	3.2,4,5	13.34x2	112,140 175
Placa de 1/2" APS 2"x2"x3/8"	E4	HH-FCH	12.7 9.525	3.2,4,5	13.34x2	112,140 175
APS 2"x2"x3/8" IPR 8"x5 1/4"	E5	VV-FCH	9.525 7.8	3.2,4,5	13.34x2	112,140 175
IPR 12"x6 1/2" CPS 4"	F1	HV-FCH	11.8 7.52	3.2,4,5	16.51x2	112,140 175
Riel cal 110 IPR 6"x4"	G1	HV-FCH	11.0 4.9	3.2,4,5	16.16x2 13.34x2	112,140 175
C MTG 12"x7" C MTG 12"x7"	H1	HH-F	3.42 3.42	3.25-4	.15x22x2	140
IPR 8"x5 1/4" Placa de 1"	I1	HH-FCH	7.8 25.4	3.2,4,5	20.3 x2 13.34x2	112,140 175

El acero utilizado es de bajo contenido de carbono, por lo que puede ser soldado por la mayoría de los procedimientos de arco y de gas fácilmente. No necesita precalentamiento en la mayoría de las piezas ya que no son muy gruesas y las condiciones de temperatura no son muy bajas.

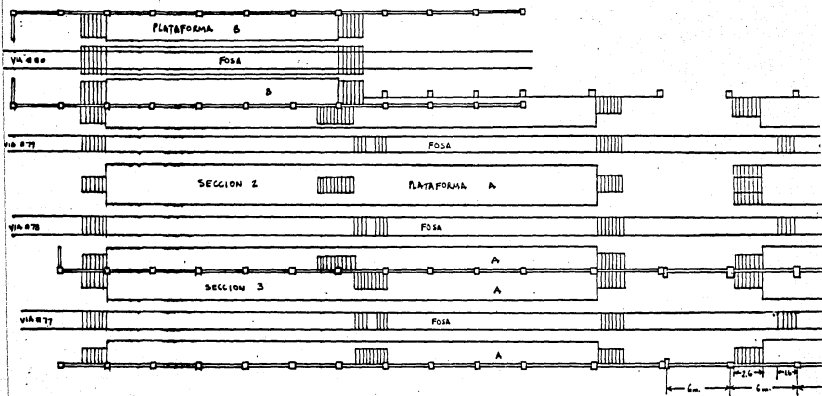
Los tipos de soldadura utilizados son: de filete, simbolizado por la letra F, y de filete con chaflán a 60° , simbolizado por las letras FCH. El chaflán a 60° es utilizado debido a los grandes espesores a soldar, para asegurar que quede bien efectuada la unión. Los términos HV, HH y VV significan: soldadura horizontal, plano vertical; soldadura horizontal, plano horizontal; y soldadura vertical, plano vertical, e indican la posición en que sería realizada la soldadura si se realiza en el mismo lugar de colocación. En realidad, si la soldadura se realiza en un taller antes de anclar la armadura, las uniones se pueden realizar horizontalmente, ya sea en el plano horizontal o vertical, obteniéndose una confiabilidad del 80-100%.

Los electrodos a utilizar son del tipo E6010 o E6011, para toda posición de soldadura en tamaños de electrodo hasta de $5/16''$, (aproximadamente 5 mm.). Para tamaños más grandes debe utilizarse solo horizontalmente. Se caracteriza por penetración profunda y escoria ligera.

El diámetro de los electrodos recomendados está en mm. por lo que se utilizarán electrodos de diámetros lo más aproximadamente posible:

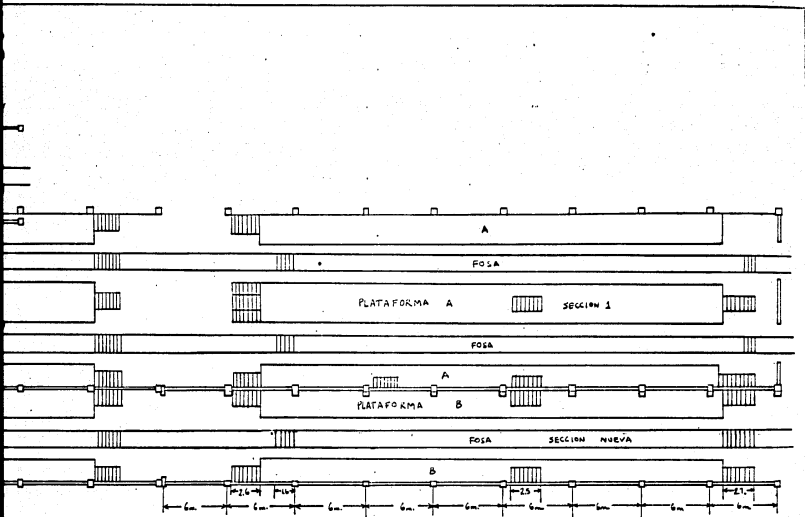
Diámetro del electrodo.		Tipo de electrodo.	Amperaje requerido.
mm.	pulg.		
2.58	3/32"	E6010-11	40 a 80.
3.175	1/8"	E6010-11	75 a 125.
3.969	5/32"	E6010-11	110 a 170.
4.763	3/16"	E6010-11	140 a 215.
5.556	7/32"	E6010-11	170 a 250.
6.35	1/4"	E6010-11	210 a 320.

De esta manera, se utilizarán electrodos de $3/32''$ en lugar de los de 2.5 mm. y a un amperaje de 80 A., electrodos de 3.175 a 125 A. en lugar de los de 3.25 mm., electrodos de $5/32''$ a 170 A. en lugar de los de 4 mm., y electrodos de $3/16''$ o $7/32''$ a 215 o 250 A. en lugar de los de 5 mm.



P L A N T A

L FIG. 0-1.

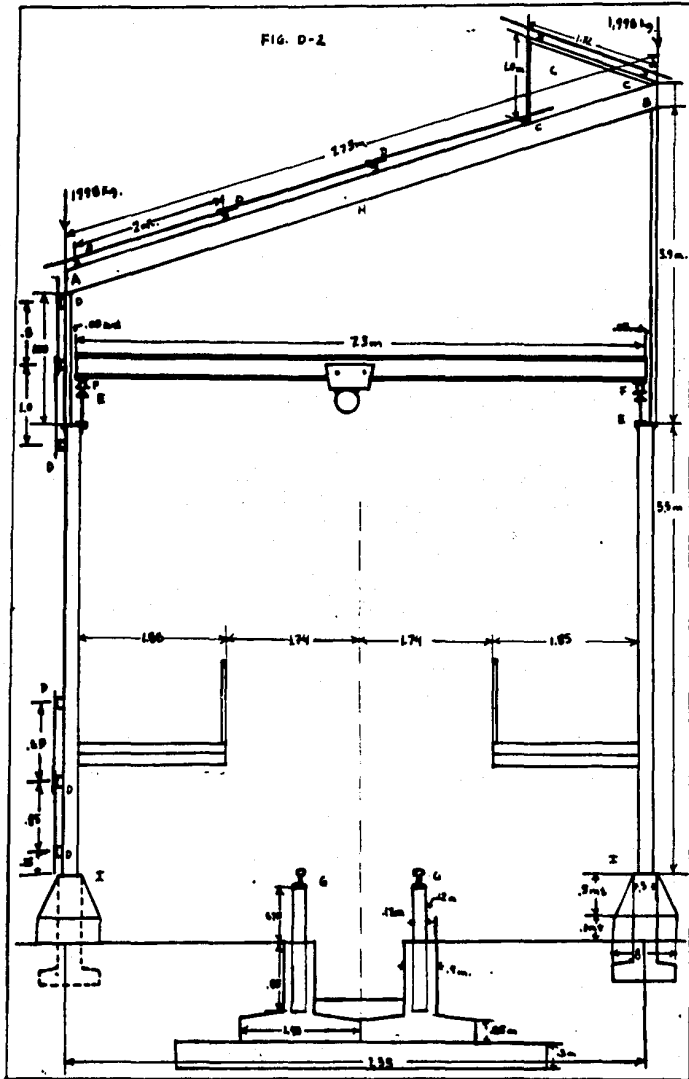


A N T A

FIG. 0-1.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA	
TESIS PROFESIONAL	
TALLER	ESC. 1200
JOSE HUMBERTO DELHUMEAU RIVERA	

FIG. D-2



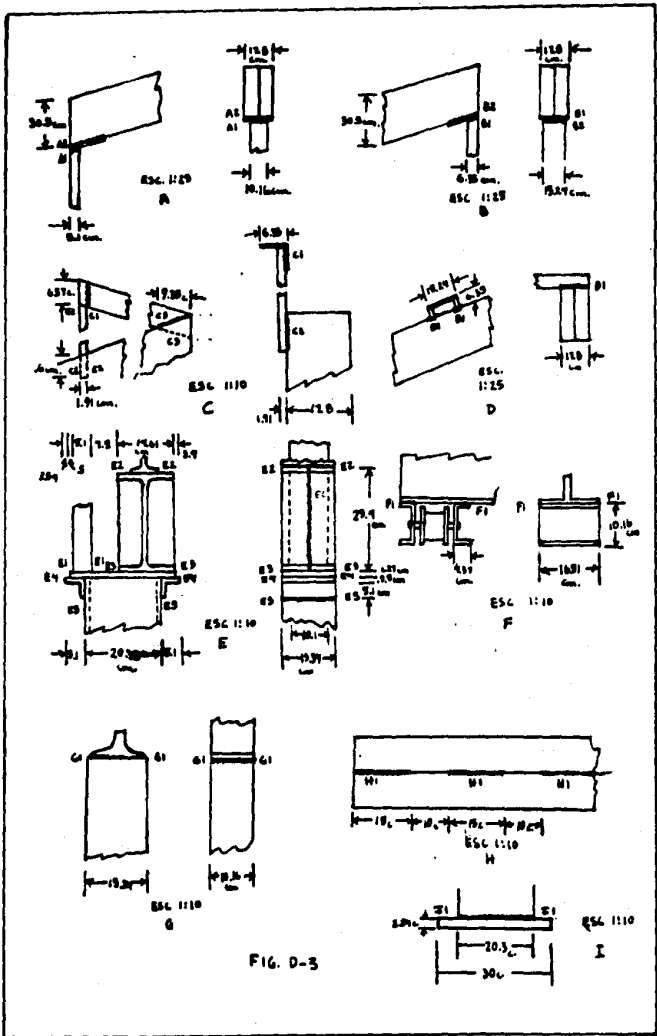


FIG. D-3

4.3. Diseño de la ampliación de la plataforma.

Las plataformas tienen una altura de 2.14 mt. y un ancho de 1.85 mt a 1.88 mt. Por facilidades de diseño, se sujetarán con ángulos de lados iguales que a la vez servirán de refuerzo en las orillas.

Para el diseño se tomarán en cuenta los pesos que actuarán sobre la plataforma. El volumen del concreto, tomando un ancho de 1.85 cm. y un espesor de 10 cm. es de:

a) Cobertizo nuevo: longitud 6 mt. $V = 1.11 \text{ mt}^3$

b) Plataforma ampliada: longitud 4 mt. $V = .74 \text{ mt}^3$

Lo que da un peso de 2,664 kg. y 1,776 kg. respectivamente, tomando en cuenta una densidad de 2,400 kg/mt³. Considerando un peso máximo de 5 a 6 personas, se toman 500 kg. más otros 1,000 kg. extras por equipos y materiales, lo que da un total de 4,164 kg. y 3,276 kg. respectivamente.

caso A:

Cobertizo nuevo.

Considerando una reparación de las columnas de 2 mt., cada sección de plataforma se debe apoyar en 6 columnas. Se pueden aprovechar las columnas del cobertizo:

Peso por columna = $4,164 \text{ kg.}/6 = 694 \text{ kg./col.}$

Peso col. armad. = $5,186 + 694 = 5,880 \text{ kg.}$

Esfuerzo = $5,880 \text{ kg.}/32.26 \text{ cm}^2 = 182.27 \text{ kg./cm}^2$

Esfuerzo admitido = 207.4 kg./cm^2

A partir de esto, se puede ver que si soporta la carga extra, con un momento flexionante mínimo. Entonces, se requerirán de cinco columnas por sección de plataforma, siendo un total de: $9 \times 5 = 45 \text{ col.} \times 2$ da un total de 90 columnas.

$K=1.$

$L=2.14-.1 = 2.04 \text{ mt.}, r = 1.22 \text{ cm.}$

$Kl/r = 204/1.22 = 167.$

Esfuerzo admitido: 376.5 kg/cm^2

Esfuerzo real: $694/2.74 = 253.3 \text{ kg/cm}^2$

Correspondiente a un ángulo de lados iguales APS de $1 \frac{3}{4}"$ y $1/8"$ de espesor, con un peso de 2.13 kg/St. siendo este el más ligero de los que soportan esta carga.

Si se quieren utilizar dos ángulos formando caja, se debe utilizar del tipo APS de $1" \times 1/4"$, con un peso de 2.22 kg/mt.

Para sostener las lozas de concreto también se utilizarán ángulos, con una separación de 2 mt. entre columnas, el momento flexionante máximo es:

$$M=5,880/6 \times (200/4) = 49,000 \text{ kg.cm.}$$

$$S=49,000/1,520=32.34 \text{ cm}^2$$

Se debe utilizar un ángulo de 4" y 1/2" de espesor, con un módulo de sección de 32.3 y un peso de 19.05 kg/mt.

Para el diseño de la loza, se tiene lo siguiente:

$$s = 1.85 \text{ mt.}$$

$$l = 6 \text{ mt.}$$

$$w = 200 \text{ kg/mt}^2$$

Espesor del apoyo: 10 cm.

$$f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_y = 2,300 \text{ kg/cm}^2$$

Factor de seguridad: 1.5, carga muerta, 1.8 C.V.

Claros de cálculo:

El espesor mínimo vale: 9 cm.

$$t_{\min} = (600+185) \times 2/180 = 8.72 \text{ cm., quedando 9 o 10 cm.}$$

Momentos flexionantes:

$$\text{Carga} = 6,000/(6 \times 1.85) = 540.5 \text{ kg/mt}^2 = .054 \text{ kg/cm}^2$$

$$m = s/l = 1.85/6 = .3083.$$

En tabl. de coeficientes de coeficientes de Grashof y Rankine se obtiene $k_s = .941$, $k_l = .059$.

$$w_s = k_s \times w = 508.6 \text{ kg/m}$$

$$w_l = k_l \times w = 31.89 \text{ kg/m}$$

$$M_s = w_s S^2/8 = 508.6(1.85)^2/8 = 217.6 \text{ kg.mt.}$$

El peralte efectivo viene dado por:

$$d = (M/(\phi b f'c \eta (1-.59\eta)))^{1/2}$$

$$= (21,760/((.9 \times 100 \times 140 \times .18 \times (1-.59 \times .18))))^{1/2} = 3.28 \text{ cm.}$$

considerando la faja interna, de 1 mt.

$$c = .848 - (.719 - (M/((.53 b d^2 f'c)))^{1/2}$$

de donde, $q = .02169$

sustituyendo en la fórmula:

$$p = q(f'c/fy) = .02169(140/2300) = .00132$$

el área de refuerzo será:

$$A_s = p b d = .00132 \times 100 \times 9 = 1.2 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla corr. de 3/8", $A = 1.012 \text{ cm}^2$

Utilizando varilla corr. de 1/2", $A = 1.267 \text{ cm}^2$

Colocándolas a 10 cm. de c.a.c.

Para el claro largo, el momento vale:

$$M = w l L^2/8 = (31.89)(36)/8 = 143.5 \text{ kg.mt.}$$

$$d = (14,350 / (.9 \times 100 \times 140 \times .18 \times .394))^{1/2} = 2.66 \text{ cm}^2$$

$$q = .391$$

$$p = .0238$$

$$A_s = p b d = .0238 \times 100 \times 9 = 21.42 \text{ cm}^2$$

Utilizando varilla corr. de 3/4", a 30 cm. de c.a.c.

Para los lados, se utilizarán varillas corr. de 3/4", en el claro corto a 15 cm. de c.a.c. y a 20 cm. en el claro largo.

Caso B:

Utilizando la misma separación de las columnas de 2 mt. se requieren 4 columnas por sección de plataforma. De la misma forma se pueden aprovechar las columnas de la armadura, por lo que se requerirán $3 \times 5 = 15$ columnas en cada plataforma.

$$\text{Peso} = 3,276/4 = 819 \text{ kg/columna.}$$

$$K = 1.$$

$$l = 204 \text{ cm.}$$

$$Kl/r = 200, \quad r = 1.02$$

$$\text{Esf. adm.} = 262.5 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esf. máx.} = 220.2 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo que se utilizarán ángulos APS de 1 1/4" y 1/4" de esp con un peso de 2.86 kg/m.

Para los ángulos de refuerzo, se utilizarán de acuerdo a

lo siguiente:

Peso soportado: 319 kg.

$$M = 81.9 \times 200 / 4 = 40,950 \text{ kg.cm.}$$

$$S = 40,950 / 1,520 = 26.94 \text{ cm}^2$$

Se utilizará ángulo de APS de 4" y 7/16" esp., con un peso de 16.82 kg/mt.

Para el cálculo de las lozas, el espesor mínimo vale 3 cm.

$$t_{\text{min}} = (400 + 195) \times 2 / 190 = 4.47 \text{ cm.}$$

Momentos flexionantes:

$$\text{Carga} = 4,000 / (4 \times 1.85) = 540.5 \text{ kg/mt}^2$$

$$m = s/l = 1.95/4 = .463$$

Los valores de coeficientes son los mismos, al igual que el peso soportado, por lo que:

Para el claro corto se utilizará varilla corr. de 1/2", a 10 cm. de c.a.c. Para el claro largo se utilizarán varilla de 3/4" a 30 cm. de c.a.c.

Para la plataforma del centro, se tienen 3.2 mt. de ancho, utilizándose 6 columnas por dos lozas, teniendo los siguientes pesos:

$$V = 1.1 \times 3.2 \times 2 = .64 \text{ m}^3$$

Peso por loza: 768 kg.

Peso por columna: 394 kg.

$r = 1.$

$$kl/r = 237, r = .86 \text{ cm.}$$

$$\text{Esf. adm.} = 196.9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esf. real} = 173 \text{ kg/cm}^2$$

Por lo que se debe utilizar ángulo APS de 1" y 1/4", con un peso de 2.22 kg/m. Los refuerzos de varillas son iguales a los del caso B. Se utilizarán un total de $11 \times 3 = 33$ columnas.

La soldadura a efectuarse consta de lo siguiente:

Elemento:	Unión:	Sold.:	Esp.mn.:	Dian. elec.:	Long. mn.	Ampl.:
APS 1 3/4"x1/8"	---	VV-?	3.175		10.16	140
APS 4" x 1/2"	---	VV-?	12.70	3.25-4	x2	
APS 4" x 1/2"	---	VV-?CH	12.70		10.16	112,140
IPR 3" x 5 1/4"	---	VV-?CH	7.80	3.2,4,5	x2	175
APS 1 1/4"x1/4"	---	VV-?CH	6.35		3.175	112,140
APS 1" x 1/4"	---	VV-?CH	6.35	3.2,4,5	x2	175
APS 1 1/4"x 1/4"	---	VV-?CH	6.35		3.175	112,140
IPR 3"x 5 1/4"	---	VV-?CH	7.80	3.2,4,5	x2	175

Las especificaciones de soldadura ya han sido dadas anteriormente.

Cabe mencionar que cada fosa lleva 5 alcantarillas para el drenaje, de acuerdo a la estructura ya existente, con longitud de 25x 4= 100 mt. más longitudes de conexión, 22 mt. dando un total de 122 mt., con tubo de 4".

4.4 Sistema de distribución de aceite.

Para este servicio se considerara un sistema de distribución separado del sistema actual, para evitar afectar al sistema actual.

La fuente de alimentación es un tanque a 7 mt. de altura, junto a la sala de calderas, a 21.7 mt. del taller, por lo que una bomba se encargará de hacer llegar desde este punto un caudal suficiente a la zona de aplicación. El aceite utilizado es el aceite lubricante para motor diesel, base parafínica del medio contenedor, especificación federal No. 9500, con una densidad de 880-935 kg/m³ a 60°F.

Para el análisis del sistema, se considera como un caudal apropiado por salida de 1 l.s.s. El sistema tiene 8 salidas, pero la utilización máxima es de 4 al mismo tiempo (4 lbs.), de una manera muy eventual. Considerando las condiciones más desfavorables tenemos:

Secciones 1 y 2:

Caudal por salida: 1 lbs.

Diámetro de la tubería: 1 1/2".

Area: $3.1416 \times (.0361)^2 / 4 = 0.00114 \text{ m}^2$

$Q = A \times V \Rightarrow V = 0.001 / 0.00114 = .87712 \text{ m/s}$.

$D = 0.0361 \text{ m}$.

Viscosidad del aceite: $1.72 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$.

Considerando un régimen laminar:

$\lambda = 64/\text{Re}$, $\text{Re} = \text{VD}/\nu$

$\text{Re} = (.87712)(.0361) / 1.72 \times 10^{-4} = 194.3$

$\lambda = .3294$

Pérdidas = $h_p = \lambda (L/D) (V^2 / 2g) = (.3294)(25.4 / .0361)(.87712 / 2 \times 9.81) = 8.611 \text{ mt. en pérdidas primarias, y considerando:}$

$L = 10.6 + 4 + 3.4 + 6 + 1.4 = 25.4$

Tot. l de pérdida = 17.222 mt.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

Sección 3:

$$Q = 2 \text{ lps.}$$

$$L = 1.4 + 4 + 5.4 + 1.5 + 39 + 5.6 + 4 + 10 + 20 = 90.0 \text{ mts.}$$

$$\text{Velocidad requerida: } .87712 \text{ m/s.}$$

$$A = (.002 / .87712) = .00228 \text{ m}^2$$

$$D = 3.1416/4 \times (D^2) = .00228, D = 2".$$

$$A = (3.1416/4) \times (.0508)^2 = .00203 \text{ m}^2$$

$$Q = AV, V = .002 / .00203 = .98676 \text{ m/s.}$$

$$D = .0508 \text{ m.}$$

$$Re = (.98676)(.0508) / 1.72 \times 10^{-4} = 291.44$$

$$\lambda = (.2196)(90.9 / .0508) \left((.98676)^2 / 2 \times 9.81 \right) = 19.5 \text{ m.}$$

$$H_p = 19.5 \text{ mt.}$$

$$\text{Pérdida primaria total} = 36.723 \text{ mt.}$$

Perdidas secundarias:

Elen.	Le.	Cantidades.			Tot.	Ferd.
T flujo \Rightarrow	2.4	1	1	1	3	7.2
T flujo \Leftarrow	2.4	0	0	0	0	0
Val. ret. 30°	$\xi = 6$	1	1	1	3	--
Valv. de comp.	$\xi = .1$	0	0	0	0	--
Valv. cierre.	.26	1	1	2	4	1.04
Salida	1.1	1	1	1	3	3.3
Codo 90° suave	.8	5	5	8	18	14.4

$$\text{Perdidas secundarias} = (\sum Le (\lambda) / D + \sum \xi) \times V^2 / 2g$$

$$H_{ps} = (15.52 / .0381 + 12.2) \left((.87712)^2 / 2 \times 9.81 \right) = 27.41$$

$$\text{Perdidas totales} = 64.14 \text{ mt.}$$

Análisis para la distribución:

$$P1/\gamma + V1^2/2g + z1 + H_b - H_p = P2/\gamma + V2^2/2g + z2$$

$$V1 = 0$$

$$P1 = \rho g h + P = (935)(9.81)(2.2) = 20,179 + P.$$

$$V_2 = .87712 \text{ m/s.}$$

$$P_2 = 101,325 \text{ Pa.}$$

$$z_2 = 2.2 \text{ mt.}$$

Sustituyendo en la fórmula tenemos:

$$P = 628,058 \text{ Pa.}$$

Parte 2:

$$L = 4 + 84.2 + 6.9 + 15 + 6 + 5 = 121.1 \text{ mt.}$$

$$Q = (.87712)(3.1416/4)(.0381)^2 \times 2 + (.98676)(3.1416/4)(.0508)^2 \\ = .004 = 4 \text{ lps.}$$

Tiempo máximo:

$$\text{Cap. } 15\% \text{ total} + .15 \times 200 = 30 \text{ lt.} \times 4 = 120 \text{ lts. en :}$$

$$t = 120/4 = 30 \text{ seg.}$$

$$V = .004/.00456 = .87712 \text{ m/s.}$$

Perdidas primarias:

$$K_e = (.87712)(.0762)/1.72 \times 10^{-4} = 388.58.$$

$$k = (64)/388.58 = .1647$$

$$H_p = 10.26 \text{ mt.}$$

Elem.	Cant.	Tot.	Perd.
Valv. ret.	2	.6	---
Valv. cierre	1	.26	.26
Codos 90°	5	.8	4

$$H_{ps} = ((4.26)/.0762 + 12)((.87712)^2 / 2 \times 9.81) = 2.663 \text{ mt.}$$

Perdidas totales: 12.923 mt.

Utilizando la ec. de Berniulli:

$$138,014/9810 + 0 + 7 + H_b - 12.923 = 628,058/9810 + (.87712)^2 / 2 \times 9.81 \\ + 2.2 \Rightarrow H_b = 55.076 \text{ mt.}$$

$$\text{Pot. de la bomba: } P = Q \times \rho \times H_b / 76 = .004 \times 9810 \times 55.076 / 76$$

$$\text{Pot.} = 29.985 = 30 \text{ HP.}$$

4.5 Sistema de distribución de agua.

Para este servicio se considerará un sistema separado del actual y como no se requiere un caudal constante por salida, sino suficiente - mente grande para satisfacer las necesidades (lavado principalmente), utilizando tubería de 1" de diámetro y 1 lps. se tiene:

$$Q = AV, V = .001 \text{ m}^3 / (5.1416 \times (.0254)^2 / 4) = 1.96726 \text{ m/s.}$$

Para este caso, debido a la menor demanda de uso y a una localización menos específica, solo se tendrán 3 salidas con el caudal anterior, por lo que se tendrá un caudal total de 3 lps.

Perdidas primarias:

$$\text{Longitud: } 6 \text{ mt} + 5 + 93.8 + 14.2 + 23.2 + 1.6 + 5 = 155.3 \text{ mt.}$$

Considerando régimen laminar:

$$\lambda = 64 / Re, Re = VD/\nu$$

$$\nu = .0101 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{seg.}$$

$$Re = 1.96726 \text{ m/s} \times .0254 \text{ m} / (.0101 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{seg.}) = 49,474 \text{ (No apl. reg. laminar).}$$

$$\text{Rugosidad} = .15 \text{ mm.}$$

$$\text{Rugosidad relativa (k/D)} = .00015 / .0254 = .00591$$

En diagrama de Moody se encuentra el valor correspondiente de:

$$\lambda = .048, \text{ para } Re < 100,000, \lambda = .316 / Re^{.25} = .02119.$$

Perdidas primarias:

A) Sección 1: $\phi = 1"$.

$$H_p = (.021)(67.6 + 54.6 + 10.15 + 1.5 + 5)(1.96726)^2 / (.0254 \times 2 \times 9.81) = 20.313 \text{ mt.}$$

Elementos de la tubería:

Elem:	Cant.	Pérdida:	Total:
Codo 90° curva suave.	4	.5	3.2
Válvula de cierre abierta.	2	.26	.52

$$H_{ps} = (3.72 \times .0254) \left((1.96726)^2 / (2 \times 9.81) \right) = 23.369 \text{ mt.}$$

B) Sección 2:

$$Q = 2 \text{ lps.}$$

$$V = 1.96726 \text{ m/s.}$$

$$\lambda = .002 / 1.96726 = .00102, A = 5.1416 \times D^2 / 4, D = .03593 \text{ m} = 3.6 \text{ cm.}$$

$$\phi = 1 \frac{3}{8}''.$$

$$k/D = .00015 / .0349 = .00433$$

$$Re = 1.96726 \times .0349 / .0101 \times 10^{-6} = 67,978$$

$$\lambda = .316 / Re^{.25} = .01957$$

$$H_p = (.0196)(23.1 + 19.2)(1.96726)^2 / (.035 \times 2 \times 9.81) = 5.217 \text{ mt.}$$

Elem.	Cant.	Perdidas:	Total:
Codo curva suave	2	.6	1.6
Tes.	2	2.4	4.8
Válvulas de cierre	1	.26	.26

$$H_p = (6.66 / 0.035) \left((1.96726)^2 / 2 \times 9.81 \right) = 37.53 \text{ mt.}$$

Sección 3:

$$v = 3 \text{ lps., } V = 1.97$$

$$A = .003 / 1.97 = .00152 \text{ m}^2/\text{s.}$$

$$D = .04 \text{ m.} = 4.4 \text{ cm.} = 1 \frac{3}{4} \text{ in.}$$

$$L = 5.9 + 15 + 6 + 5 = 31.9 \text{ mt.}$$

$$Re = 1.96726 \times .04445 / (.0101 \times 10^{-3}) = 86,579$$

$$\lambda = .316 / Re^{.25} = .01342$$

$$H_p = (.01342) (31.9) (1.96726)^2 / (.04445 \times 2 \times 9.81) = 2.51 \text{ mt.}$$

Elem.	Cant.	Perdidas:	Total:
Codo curva suave	3	.6	2.4
Válvula de rec. 30°	2	3 = 6	---
Válvula de comp.	1	7 = .1	---

$$H_p = (2.4 / .04445 + 12.1) \left((1.97)^2 / 2 \times 9.81 \right) = 15.1 \text{ mts.}$$

Pérdida total del sistema: 107.53

Utilizando la ec. de Bernoulli:

$$P_1 + \rho gh = 1000 \times .01 \times 7 = 50,670 \text{ Pa.}$$

$$P_2 = 0.$$

$$V_1 = 0, \quad V_2 = 1.96726 \text{ m/s}$$

$$z_1 = .5 \text{ mt., } z_2 = 2 \text{ mt.}$$

$$50,670 / 1010 + 0 + .5 + H_b - 107.53 = 0 + (1.97)^2 / 2 \times 9.81 + 2$$

$$H_b = 102.36 \text{ mt.}$$

Potencia de la bomba:

$$P = 102.36 \times 1010 \times .003 / 75 = 39.64 = 40 \text{ HP}$$

Suponiendo una utilización mínima y servicio constante.

4.6 Sistema de distribución de aire y vapor.

Este sistema se considerará como un sistema separado de la planta actual, contando con los siguientes elementos:

Elem.:	Long.:	Diam. requerido:	Capacidad salida:	Diam.:	Accesorios:
1	33.6	1"	1	3/4"	3 valv. cierre 16 codos 90°
2	9.2	1 3/8"	2	1"	3 tes.
3	3.6	1 3/4"	3	1 1/2"	1 te.
4	60.5	2"	4	1 1/2"	1 codo 90° 1 te.
5	73	2 3/4"	3	2"	1 te. 5 codos 90° 1 valv. cierre

Utilizando tubo de hierro fundido, se tienen los siguientes coeficientes:

$k = .0001$, $1/(\lambda)^{1/4} = -2 \log (k/Dx 3.7)$, considerando flujo turbulento.

Elementos:

Conexión T: $f = .6392$

Valv. cierre, abierta: $f = .4155$

Codo estándar de 90°: $f = .3588$

Pérdidas:

Requiriéndose una presión de salida de 70 lb/pul², y utilizando boquillas de 1/16" para las pistolas de labores, se requiere un flujo por salida de 4.76 pies³/min. Considerando una utilización máxima de 80%.

se tiene:

Caudal de aire: $8 \times 4.76 \times .8 = 22.35$ pies³/min.

Elem.:	q :	Vel.:	λ :	pérdidas:	Pérdida accesorios:
1	22.35	4.6 m/s.	.02823	20.33	.569 mt.
2	11.42	2.3 m/s.	.02533	1.83	.0045 mt.
3	3.57	3.5 m/s.	.025	1.47	.025 mt.
4	11.42	2.7 m/s.	.025	11.06	.015 mt.
5	22.35	3.9 m/s.	.02147	17.39	.097 mt.

Pérdida total= 52.791

Por lo que, tomando la densidad del aire en el cálculo de la potencia adicional es muy pequeño y consultando manuales de compresores, para un caudal de 22.35 pies³/min. y una presión de 70 lb/pul², se obtiene un

compresor de 7.5 a 10 HP.

Para la línea de vapor, se considerará un sistema a presión constante y adiabático. La longitud de la línea es la misma que la del sistema de aire y el número de salidas es de 6. Requiere adic. .5 lt/seg. por salida, se tiene un total de 4 lt/seg:

$$V=4V, \Delta t=.004 \text{ seg. } / 4.131 \text{ m}^3/\text{kg.} =.00097 \text{ kg/seg.}$$

Condiciones de entrada:

Agua a 20 °C:

af: 62.99 kJ/kg.

Vf: .001002 m³/kg

afg: 2465.9 kJ/kg.

Vg: 57.59 m³/kg.

ag: 2,526.1 kJ/kg.

Condiciones de salida:

Presión: 34.47 kPa , 5 lb/pul².

Temp.: 71-75 °C.

af: 313.73 kJ/kg.

Vf: .001025 m³/kg.

afg: 2921.4 kJ/kg.

Vg: 4.131 m³/kg.

ag: 2655.9 kJ/kg.

Para poder calcular la potencia de la caldera, es necesario considerar las pérdidas de calor en la tubería por radiación mediante la fórmula:

$$q=(2\pi\lambda 1(T_1-T_2))/\ln(r_2/r_1) \quad (\text{en Watts})$$

donde λ es la conductividad térmica, y para el tubo vale 52 W/m²°K. T_1 es la temperatura interior del tubo y T_2 es la temperatura exterior (300 °K) r_2 y r_1 son los radios exterior e interior respectivamente.

Se tienen los siguientes datos:

Longitud:	r ₁ :	r ₂ :	T ₁ :	T ₂ :	q:
33.6 mts.	1.67 cm.	1.905 cm.	343 °K	300°K	3,585,439.8 W
9.2 mts.	2.265cm.	2.54 cm.	343 °K	300°K	1,127,964.3 W
3.6 mts.	3.425cm.	3.81 cm.	343 °K	300°K	474,779.1 W
62.9 mts.	3.425cm.	3.81 cm.	343 °K	300°K	7,973,925.7 W
73.0 mts.	4.655cm.	5.08 cm.	343 °K	300°K	11,738,576.0 W

Obteniendo un total de pérdida de 24,905,684.9 W.

Considerando la primera ley de la termodinámica para flujo permanente, se tiene:

$$T+u_1+\rho_1 V_1+Ec_1+Ez_1 = u_2+\rho_2 V_2+Ez_2+Ez_1 + W$$

Considerando que:

$$u_1 + (pV)_1 = h_1$$

$$u_2 + (pV)_2 = h_2$$

$$E_{c1} = E_{c2} = E_{p1} = E_{p2} = 0.$$

reducción de pérdidas por conducción utilizando una capa de aislante térmico en la tubería: 90%

Queda:

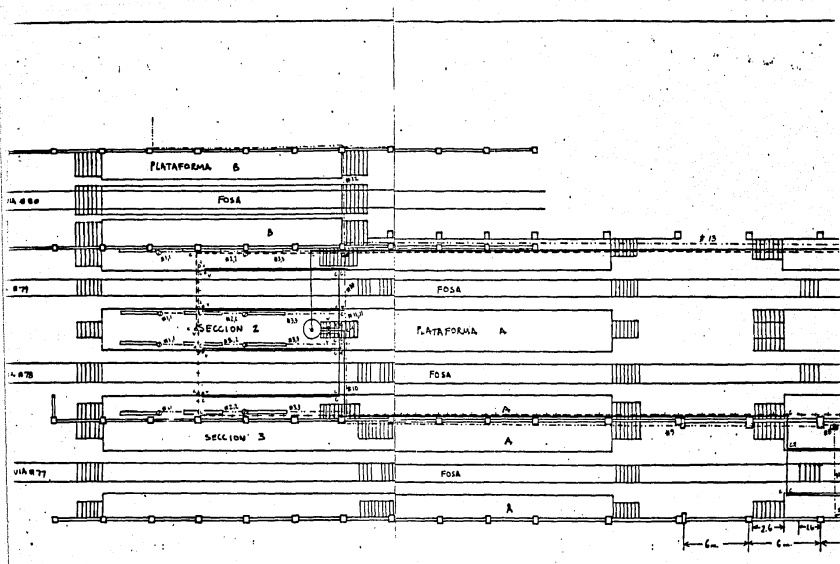
$$-24,905,684.9 \text{ W} + 62,990 \text{ J/kg} (.00097 \text{ kg/s}) = 2,635,300 \text{ kJ/kg} (.00097 \text{ kg/seg.})$$

$$\text{W} = 24,908,130 \text{ watts.} = 24,908.2 \text{ kW} \times (1/3600) = 6.91894 \text{ kW/hr.}$$

$$= 6.91894 \text{ kW/hr} \times 3.601 \times 10^6 \text{ cal/kW/hr} = 24,908,200 \text{ cal.}$$

$$= 24,908.2 \text{ kW} \times 3.413 \text{ Btu/hr/kW} = 85,011.7 \text{ Btu/hr.}$$

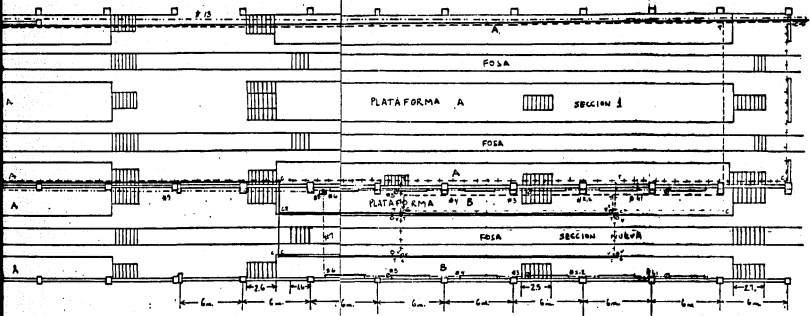
Utilizando una tabla de potencias de calderas, se encuentra que una caldera de 10 HP, con una potencia de salida de 354,750 Btu/hr. satisface esta situación en exceso, pero no es posible utilizar una más pequeña debido a que no existe modelo comercial.



P L A N T A

L FIG D-4

— LINEA DE ANTE.
 - - - LINEA DE AIRE Y VAPOR.
 - - - LINEA DE AGUA.
 - - - LINEA DE AIRE Y VAPOR.



A N T A

FIG. D-5

CS 6920 10" CUBOS SUEDE
 T2 TES.
 V2 VALVULAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA	
TESIS PROFESIONAL	
TALLER	ESC. 1:200
JOSÉ HUMBERTO DELHOMEAU RIVERA	

4.7 Cálculo de la iluminación.

La iluminación requerida para ensamble e inspección de maquinaria, en manual de Iluminación de Westinghouse es de 200 lumen/mt². lo que da un total de 2,000 luxes, que es el nivel de iluminación.

Para efectos del estudio se considerará la simetría vertical de la planta, y que la iluminación para cada máquina es igual, por lo que el área a iluminar se dividirá en 8 partes iguales.

El equipo seleccionado en el mismo manual son luminarios semi-directos de tipo fluorescente de 4 o de 8 pies, montados en superficie.

Índice de cuarto:

$$I_n = 0.8(\text{largo del local} \times \text{ancho del local})^{1/2} / \text{altura del montaje.}$$

$$= 0.8(20 \times 5.62)^{1/2} / 2.1 = 3.2414$$

se utilizará clave C.

Reflectancias:

Considerando los muros color gris medio: 76% = fr.

Factor de utilización:

Altura/bases = 1.

Tomando el máximo: 80% cielo, 50% pared.

$$f_u = .71$$

Factor de mantenimiento:

Considerando un término medio: $f_m = .65$

Flujo luminoso:

$$F = \text{Nivel de iluminación} \times \text{área} / f_u \times f_m = 2000 \times (5.63 \times 20) / (.71 \times .65)$$

$$= 314,626.22$$

Cálculo de las lámparas:

Tipo Alta Emisión, T-12, 96", 112 W, código F96T12/CW/HO, .8 amp, 165 volts, 9000 lúmenes, 12,000 hrs. vida media.

Número de lámparas: $314,626.22 / 9000 = 34.96 = 35$ lámparas.

Número de equipos: $35 / 3 = 11.65 = 12$

Por lo que se colocarán 6 equipos en la parte de arriba y 6 equipos en la parte de abajo, arriba a 2.5 mts, y abajo, al nivel de la plataforma. Las lámparas se colocarán centradas entre cada armadura.

Para el nivel inferior, se tiene:

$$\text{Separación máxima} = 1.4 \times \text{altura} = 1.4 \times 2.1 = 2.94 \text{ mt.}$$

Para la conexión de las lámparas se requerirán dos balastros por equipo, de 110-125 V, con cebador de 800 mA, una balastro alimentará a dos lámparas en serie, y otra a una sola lámpara. (Potencia 245 W.)

Para la iluminación, se puede separar en 16 partes iguales el circuito. Analizando la parte de arriba:

1. Longitud de los conductores entre cada equipo: 6 mt.

Potencia del equipo: $112 \times 3 = 336$ W; Balastro= $245 \times 2 = 490$ W.

Corriente requerida= $490/127 = 3.86$ A.

Potencia del contacto: 3,500 W.

Corriente requerida= $3,500/127 = 27.56$ A

Considerando una temperatura ambiente de 30°C , utilizando conductores de cobre tipo TW, se requieren calibre 14 y 12 respectivamente.

$\% = 4\text{LI}/\text{En } S = 4 \times 6 \times 3.86 / 127 \times 2.081 = .350\%$

$\% = 4\text{LI}/\text{En } S = 4 \times 6 \times 27.56 / 127 \times 3.309 = 1.574\%$

Por lo que las caídas de voltaje son menores de $\frac{3}{8}\%$.

El tubo conduit requerido, para 4 conductores (cal. 12), es de $1/2''$.

2. Longitud= 6 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 2 = 7.7$ A.

Corriente de los contactos: 27.56

Considerando el mismo tipo de conductor, se req. cal 14 y cal. 12

$\% = 4\text{LI}/\text{En } S = 4 \times 6 \times 7.7 / 127 \times 2.081 = .699\%$

$\% = 1.574\%$.

3. Longitud= 6 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 3 = 11.6$ A.

Corriente de los contactos: $27.56 \times 2 = 55.12$ A.

Considerando el mismo tipo de conductor se req. cal. 14 y cal. 6.

$\% = 4\text{LI}/\text{En } S = 4 \times 6 \times 11.6 / 127 \times 2.081 = 1.05\%$

$\% = 4\text{LI}/\text{En } S = 4 \times 6 \times 55.12 / 127 \times 3.303 = .783\%$

4. Long: 6 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 4 = 15.4$ A.

Corriente de los contactos: 55.12 A.

Considerando el mismo tipo de conductor se req. cal. 14 y cal. 6.

$\% = 4 \times 6 \times 15.4 / 127 \times 2.081 = 1.40\%$

$\% = .783\%$

5. Long: 6 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 5 = 19.30$ A.

Corriente de los contactos: $27.56 \times 3 = 82.68$ A.

Considerando el mismo tipo de conductor se req. cal. 12 y cal 2.

$$\sigma_s = 4 \times 6 \times 19.30 / 127 \times 3.309 = 1.10\%$$

$$\sigma_c = 4 \times 6 \times 82.68 / 127 \times 33.632 = .482\%$$

6. Long.=5.2 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 6 = 23.2$ A.

Corriente de los contactos: 82.68 A.

Se requiere cal. 12 y cal. 2.

$$\sigma_s = 4 \times 6 \times 23.2 / 127 \times 3.309 = 1.19\%$$

$$\sigma_c = .482\%$$

7. Long.= 10.6 mt.

Corriente de los equipos: $3.86 \times 12 = 46.3$ A.

Corriente de los contactos: 82.68 A.

Se requiere cal. 8 y cal 2.

$$\sigma_s = 2.65\%, \sigma_c = .482\%$$

8. Para los motorreductores se requiere corriente a 3 fases:

Long.: 1 mt.

Corriente requerida por fase: (para los tres), $I = 4.5 \times 746 / 220 \times 0.8 \times 1.732 = 11.01 \times 1.25 = 13.77$ A.

Se requiere cal. 12

$$\sigma_s = 4 \times 1 \times 13.77 / 127 \times 3.309 = .1311\%, \text{ menor que el } \sigma_c$$

9. Long: $42 + 13.4 = 55.4$ mts.

Corrientes:

Lámparas lado izq.: 15.9 A., 2 cond., cal. 12.

Lámparas lado der.: 15.9 A., 2 cond., cal. 12.

Contactos lado izq.: 82.68 A, 2 cond., cal. 2.

Contactos lado der.: 82.68 A, 2 cond., cal. 2.

Motorreductores: 13.77 A, 3 cond., cal. 12.

$$\sigma_s = 4 \times 55.4 \times 15.9 / 127 \times 3.309 = 8.38\%$$

$$\sigma_c = 4 \times 55.4 \times 82.68 / 127 \times 33.632 = 4.27\%$$

$$\sigma_s = 2\sqrt{3} \text{ LI/En S} = 3.464 \times 55.4 \times 13.77 / 220 \times 3.309 = 3.63\%$$

Cambiando los conductores:

Lámparas: cal. 6., $\sigma_s = 2.086\%$

Contactos: cal. 1/0, $\sigma_s = 2.692\%$

Motorreductores: cal. 8, $\sigma_s = 1.435\%$

10. Long.: 13 mts.

Corriente de equipos: $3.86 \times 6 = 23.2$ A.

Corriente de contactos: 55.12 A

Se requieren conductores de cal 12, y cal. 6.

$$\% = 4 \times 13 \times 23.2 / 127 \times 3.309 = 2.866\%$$

$$\% = 4 \times 13 \times 55.12 / 127 \times 13.303 = 1.696\%$$

11. long.: 3.6 mts.

Corr. equipos: 46.3 A.

Corr. contactos: 27.56 x 4 = 110.24 A.

Se requieren conductores de cal. 8, y cal. 1/0.

$$\% = 4 \times 46.3 \times 3.6 / 127 \times 8.367 = 6.27\%$$

$$\% = 4 \times 110.24 \times 3.6 / 127 \times 67.419 = 1.85\%$$

12. Long.: 27 mts.

Lámparas lado izq.: 46.3 A., 2 cond., cal. 6.

Lámparas lado der.: 46.3 A., 2 cond., cal. 6.

Contactos lado izq.: 110.24 A., 2 cond., cal. 1/0.

Contactos lado der.: 110.24 A., 2 cond., cal. 1/0.

$$\% = 4 \times 31.8 \times 27 / 127 \times 13.303 = 2.033\%$$

$$\% = 4 \times 220.48 \times 27 / 127 \times 53.477 = 2.061\%$$

(Suponiendo una utilización de los contactos del 50%).

13. Long.: 137 mts.

Corriente del compresor, por fase: $10 \times 746 / 220 \times .86 \times 1.732 = 22.77 \times 1.25$

Se requiere cal. 6, (23.46 A., 12 cond.).

$$\% = 3.4641 \times 137 \times 23.46 / 220 \times 13.303 = 4.515\%, \text{ excede de } \Sigma.$$

Utilizando cal. 8:

$$\% = 3.4641 \times 137 \times 23.46 / 220 \times 33.632 = 1.451\%$$

Corriente de la bomba para agua, por fase: $25 \times 746 / 220 \times .86 \times 1.732 =$

$$56.91 \text{ A} \times 1.25 = 71.141 \text{ A.}$$

Se requiere cal. 1/0.

$$\% = 3.4641 \times 137 \times 71.141 / 220 \times 53.477 = 2.87\%$$

Utilizando cal. 3/0, $\% = 1.805\%$

Corriente de la bomba para aceite, por fase: $15 \times 746 / 220 \times .86 \times 1.732 =$

$$34.15 \times 1.25 = 42.68 \text{ A.}$$

Se requiere cal. 2.

$$\% = 3.4641 \times 137 \times 42.68 / 220 \times 33.632 = 2.7375\%$$

Utilizando cal. 1/0, $\% = 1.722\%$

Corriente de los motores de la caldera, por fase:

$$1.25 \times 746 / 220 \times .86 \times 1.732 = 2.846 \times 1.25 = 3.56 \text{ A.}$$

Se req. cal. 14.

$$\% = 3.4641 \times 137 \times 3.56 / 220 \times 2.081 = 3.69\%$$

Utilizando cal. 10, $\% = 1.4585\%$

En total se tienen 13 circuitos, con los siguientes elementos:

Circ.:	Alambres:	Amps.:	Carga:	Potencia:	Longitud:	Conduit:
No. 1	TW-12	13.8	Motor.3	3,904 W.	3x55 mts.	1/2", 1m
No. 2,5	TW-12	55.12	Contact. (2)	7,000 W.	12x2 mts.	1/2", 9.0m. 1/2", 24 m.
	TW-6	110.24	Contact. (2)	7,000 W.	12x2 mts.	1/2", 9.0m. 1", 24 m.
	TW-2	165.36	Contact. (2)	7,000 W.	7x2 mts.	1/2", 9.0m 1 1/4", 14m
No. 3,4	TW-14	5.3	Equipos (2)	672 W.	12x2 mts.	---
	TW-14	10.6	Equipos (2)	672 W.	12x2 mts.	---
	TW-12	15.9	Equipos (2)	672 W.	7x2 mts.	---
No. 6	TW-2	26.5	Compr.	9,325 W.	137 mts.x3	2", 137 m
No. 7	TW-3/0	71.1	B. agua	23,313 W.	137 mts.x3	---
No. 8	TW-1/0	42.7	B. acei.	15,988 W.	137 mts.x3	---
No. 9	TW-10	3.6	Caldera	1,166 W.	137 mts.x3	---
No. 10,11	TW-12	55.12	Contact. (2)	7,000 W.	12x4 mts.	1/2", 9 m 1/2", 48 m.
	TW-6	110.24	Contact. (2)	7,000 W.	10x2 mts.	1/2", 9m. 1", 20 m.
No. 12,13	TW-14	19.16	Equipos (4)	1,344 W.	6x4 mts.	---
	TW-10	20.32	Equipos (4)	1,344 W.	6x4 mts.	---
	TW-8	31.8	Equipos (4)	1,344 W.	10x2 mts.	---
Ramal 1	TW-8	31.8	Equipos (12)	4,032 W.	10.6 mts	1 1/4"
	TW-2	82.68	Contact. (6)	11,250 W.	10.6 mts	---
Ramal 2	TW-12	15.9	Equipos (5)	2,016 W.	4.5 mts	1 1/4"
	TW-2	82.68	Contact. (3)	11,250 W.	4.5 mts.	---
Ramal 3	TW-6	165.6 (/2)	Equipos (72)	8,064 W.	55.4 mts. x2	2", 55.4m
	TW-2	165.36	Contact. (12)	22,500 W.	55.4 mts x2	---
Ramal 4	TW-12	15.9	Equipos (6)	2,016	5.5 mts.	1/2"

Ranal 4	TW-6	55.12	Contact. 7,000 W. (4)	5.5 mts.	1"
Ranal 5	TW-1/0	110.24	Contact. 14,000 W. (2)	3.6 mts.	1 1/2"
	TW-8	31.8	Equipos 4,032 W. (12)	3.6 mts.	---
Ranal 6	TW-12	15.9	Equipos 2,016 W. (6)	5.3 mts.	2"
	TW-8	31.8	Equipos 4,032 W. (12)	3.3 mts.	---
	TW-1/0	110.24	Contact. 14,000 W. (8)	5.3 mts.	---
	TW-6	55.12	Contact. 7,000 W. (4)	5.3 mts.	---
Ranal 7	TW-6	31.8	Equipos. 4,032 W. (12)	27 mts. x 4	2 1/4"
	TW-1/0	110.24	Contact. 14,000 W. (8)	27 mts. x4	---

Los anteriores datos se obtienen suponiendo una utilización máxima de los contactos del 50%, y de lo siguiente:

Circuitos derivados:

- 1.- Motorreductores de la grúa viajera.
- 2.- Contactos de la sección derecha del cobertizo nuevo, arriba y abajo.
- 3.- Lámparas de la sección derecha del cobertizo nuevo, arriba y abajo (A y A).
- 4.- Lámparas de la sección izquierda del cobertizo nuevo, (A y A).
- 5.- Contactos de la sección izquierda del cobertizo nuevo, (A y A).
- 6.- Motor del compresor de aire.
- 7.- Motor de la bomba de agua.
- 8.- Motor de la bomba de aceite.
- 9.- Motores de la caldera.
- 10.- Contactos de la sección izquierda de la parte ampliada, (A y A).
- 11.- Contactos de la sección derecha de la parte ampliada, (A y A).
- 12.- Lámparas de la sección izquierda de la parte ampliada. (A y A).
- 13.- Lámparas de la sección derecha de la parte ampliada, (A y A).

A partir de lo anterior, se puede calcular la potencia requerida para el diseño anterior:

Potencia motores= $(1.5 \times 3 + 10 + 25 + 15 + 1.25) \times 746 / .86 = 48,360 \text{ VA}$

Potencia lámparas= $(6 \times 4 \times 6 \times 112) / .90 = 17,920 \text{ VA}$

Potencia contactos= $(2 \times 3 + 3 \times 4) \times .5 \times 3,750 = 52,500 \text{ VA}$.

Potencia total requerida= 118,780 VA.

El transformador requerido es de 150 KVA, a 13,200 V en el primario, conexión delta y 127/220 Y, en el secundario.

Como elementos auxiliares se requerirán:

28 condulets ordinarios, E17M, de 1/2"

48 condulets ordinarios, TB17M, de 1/2"

17 condulets ordinarios, TB37M, de 1"

4 condulets ordinarios de TB57M, de 1 1/2"

1 condulet ordinario, TB 67M, de 2"

3 condulet ordinario de T77M, 2 1/2"

9 condulet ordinario de LR57M, de 2".

3 condulet ordinarios, TB27M, 1 1/2".

1 condulet ordinario FSCAI K.

13 condulet ordinarios de T27M, 1 1/2"

1 condulet ordinario FSCT2.

Fusibles: 30 Compresor.

100 Bomba de agua.

60 Bomba de aceite.

10 Motores de la caldera.

60 Circuitos de lámparas (4).

100 Circuitos de contactos (4).

Interruptores termomagnéticos:

30 A. Compresor. 3 polos

70 A. Bomba de agua. 3 polos

50 A. Bomba de aceite. 3 polos

15 A. Motores de la caldera, 3 polos

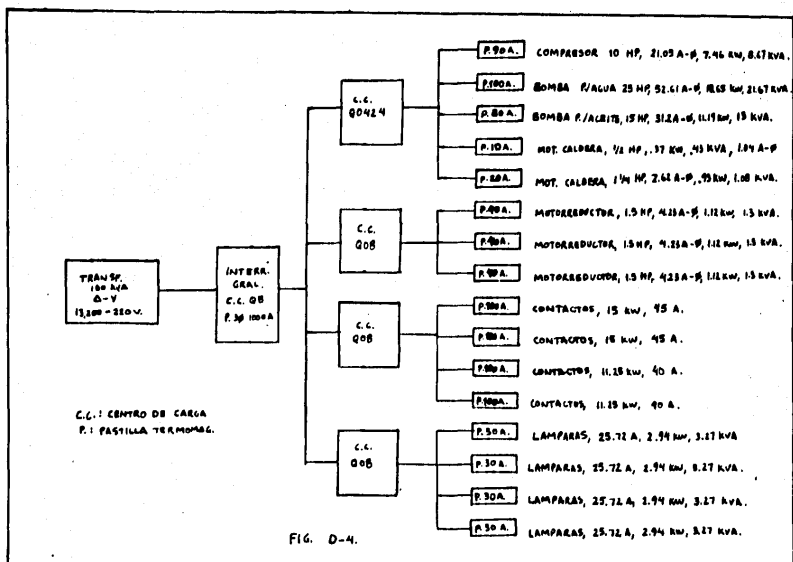
40 A. Circuitos de lámparas. 2 polos.

100 A. Circuitos de contactos. 2 polos.

Centro de carga de 8 circuitos, 100 A.

Tablero de alumbrado de 14 circuitos, 100 A. Monof. y 3 hilos.

Alimentación: 714.1 A, se pueden utilizar 5 cond. 4/0, en tubo 3".



CAPITULO V

PROGRAMACION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y CORRECTIVO

5.1 Análisis sobre el tiempo improductivo.

Dentro de las características propias de esta planta y los servicios que presta se encuentran los siguientes factores que influyen determinadamente en el tiempo de ejecución de una tarea determinada:

- a) Una amplia diversidad de servicios.
- b) Falta de productividad de elementos en las labores de mantenimiento, en lo referente a recursos humanos y materiales.
- c) Demoras por falta de material y refacciones.
- d) Algunas normas de calidad no se ajustan a las necesidades requeridas del mantenimiento.
- e) Existen operaciones que requieren de herramientas, las cuales se encuentran en lugares indefinidos.
- f) Llega a haber mala programación del trabajo y los pedidos.
- g) Sobrecarga de trabajo en supervisores.
- h) Hay áreas de trabajo con condiciones de trabajo inapropiadas, en cuestión de pasillos, iluminación, etc.

La Superintendencia de Fuerza Motriz y Maquinaria y en especial el maestro mecánico deben preocuparse por mantener el espíritu de trabajo en el personal y mantener las condiciones de trabajo a un nivel aceptable de tal manera que permita desarrollar en forma cómoda y segura las actividades específicas de cada trabajador. Un buen ambiente de trabajo permitirá eliminar insatisfacción por parte de los trabajadores, disminución en la calidad del trabajo, accidentes y enfermedades profesionales, obteniéndose un mayor rendimiento en el trabajo del personal.

Algunos aspectos susceptibles de mejora son los siguientes:

- a) Conservación del inmueble: puede observarse falta de conservación en partes de los equipos utilizados, herramientas, pintura de muros, ventanas y estanterías.

b) Nivel de iluminación: algunas áreas resultan bien iluminadas a la luz del día, pero cierta deficiencia dentro de las labores nocturnas, especialmente en áreas de almacenamiento.

c) Orden y limpieza: es necesario despejar algunas áreas, como pasillos obstruidos y los lugares de almacenamiento deben definirse cuidadosamente.

Algunos criterios a considerar son los siguientes:

a) Aislar las operaciones que supongan molestias o peligros (soldado, limpieza con aire o agua a presión, etc).

b) Acabado de paredes y techos que impidan la acumulación de suciedad tales como grasas y humos.

c) El piso no debe ser resbaladizo y debe ser fácil de limpiar.

d) Definir espacios que se utilizarán como pasillos y mantenerlos siempre despejados.

e) Los lugares de almacenamiento deberán definirse correctamente y los materiales y herramientas deberán ser guardados ordenada y cuidadosamente.

f) Disponer de cubos de basura estéticos.

g) Verificar periódicamente la intensidad de la luz y realizar un mantenimiento adecuado en los luminarios.

h) Considerar el ahorro en energía eléctrica y las ventajas en la iluminación al utilizar luz fluorescente.

i) Aprovechar al máximo la luz natural del día.

j) Proporcionar medios para el desahogo de los humos de las locomotoras.

k) Proveer pausas durante las jornadas de trabajo.

l) Colocar materiales y herramientas donde se vayan a necesitar de antemano.

m) El manejo de los materiales y refacciones debe de realizarse mediante los medios adecuados.

n) Proporcionar medios de seguridad industrial.

La ineficiencia observada en cuanto a inventarios se refiere es a causa de las innumerables funciones y responsabilidades que tiene un almacén dentro de una organización, y su eficiencia se puede aumentar considerando lo siguiente:

a) Elaborar reportes adecuados y oportunos de información respecto a los materiales utilizados.

b) Surtir en forma oportuna y adecuada los materiales y refacciones requeridos.

c) Mantener en existencia un inventario de seguridad, considerando cuales son los materiales que son necesarios y suficientes para mantener en correcto funcionamiento la planta en periodos de escasez de material.

5.2 Tipos de mantenimiento.

1) Mantenimiento preventivo:

El trabajo de mantenimiento preventivo se confina a la verificación de dispositivos, ajustes, remplazos rutinarios, lubricación y limpieza necesarios para asegurarse de que la maquinaria e instalaciones estén en condiciones adecuadas y listos para usarse. Este trabajo es predecible, rápidamente adaptable para la planeación y programación adecuada y lista para usarse.

Realiza su tarea a través de inspecciones periódicas planeadas y programadas con miras a evitar fallas en el futuro o minimizar estas.

Cualquier programa de mantenimiento preventivo bien planeado sobrepasa los costos de su implantación con beneficios, debido a que:

- a) Disminuye el tiempo ocioso debido a paros imprevistos.
- b) Disminuye pagos por tiempo extra a trabajadores por reparaciones de mantenimiento correctivo.
- c) Menor número de reparaciones de cada tipo, y menos trabajadores.
- d) Disminuye costos de reparación, al disminuir las fallas y las magnitudes de las mismas.
- e) Alargamiento de la vida útil del equipo.
- f) Lleva a identificar parámetros como: aplicación adecuada, abuso del operador, obsolescencia, etc.

2) Mantenimiento correctivo.

Como es imposible implantar un sistema de mantenimiento preventivo que reduzca a cero las fallas, debido a que no se pueden evitar fallas imprevistas producidas por deficiencias no aparentes y no detectadas en labores de inspección o bien, por negligencia o errores del personal. Cuando esto ocurre, es necesario que intervenga un tipo de mantenimiento de emergencia con miras a corregir esas fallas específicas, llamado "Mantenimiento Correctivo", que no se puede planificar de una manera muy satisfactoria. Es un trabajo no programado, generalmente de

emergencia, necesario para corregir paros imprevistos y también incluye llamadas de emergencia con un programa adecuado de mantenimiento preventivo.

5.3 Programa anual de mantenimiento preventivo.

Este programa exige una programación y planeación estrictas, en las que no debe quedar un imprevisto que implique improvisaciones.

Los conceptos básicos son los siguientes:

- a) Disponer de los datos necesarios sobre el equipo a servir.
- b) Establecer fechas de inspección y reparación.
- c) Medir la eficiencia de los trabajos.
- d) Evaluar el costo de mantenimiento y elaborar presupuestos.

El punto (a) nos implica el conocimiento de la cantidad y características de los equipos sobre los que se desenvuelve el programa en cuanto a los que interesan desde el punto de vista de su mantenimiento. Debe emplearse una ficha individual por máquina y un historial por cada una de fallas, reparaciones, tiempos y costos.

Se deben establecer los ciclos de inspección y definir quién llevará a cabo las reparaciones, recayendo la responsabilidad directamente sobre los supervisores de las cuadrillas de trabajadores.

Los historiales de averías de las máquinas son importantes porque:

- a) Ayudan a la organización.
- b) Fuentes de información para el suministro de repuestos.
- c) Ayudan a seleccionar equipo y herramientas necesarios.
- d) Ayudan a formar y a calificar el personal necesario.

En estas fichas se deben cubrir los siguientes datos:

- a) Fecha.
- b) Operarios a cargo.
- c) Detalle de trabajos realizados.
- d) Horas de paro de la máquina.
- e) Lugar donde se localizó la falla.
- f) Horas hombre invertidas en la reparación, por especialidad.
- g) Importe total de mano de obra y materiales.

El análisis periódico de estos registros permitirá conocer las máquinas que tienen altos costos de mantenimiento, que tienen tiempo ocioso excesivo o que tienen fallas repetitivas. Con estos datos se puede precisar lo que se va a hacer en cuanto a:

- 1.- Revisar la frecuencia del mantenimiento preventivo.
- 2.- Rediseñar la parte débil.
- 3.- Sustituir por mejores materiales.
- 4.- Cambiar métodos de operación.
- 5.- Usar una unidad mejor.
- 6.- Adiestrar o capacitar a los operarios.
- 7.- Cambiar de uso a la máquina.

Inspecciones periódicas:

Mensualmente:

Operario No. 1:

1) Soplar con aire seco motores de tracción, cerciorándose que no estén conmutadores, porta-escobillas o conexiones recalentados, repoliendo carbones defectuosos.

2) Completar niveles a cañuceras de suspensión, sacando telpas para revisarse. Si existir lubricante sucio cambiarse. Si encontrar metal en este, remover cañuceras para inspección. Cerciorarse de que los tapones quedan bien apretados y sellados (Aceite 900, verano).

3) Completar niveles a tolvas de motores de tracción, revisar la tensión del muelle en sus tapas. Si se encuentra grasa se llama al supervisor para determinar si se baja para revisar el engrane y piñón.

4) Lubricar el centro-plato.

5) Ajustar carrera de pistones de cilindros de freno de acuerdo con el instructivo.

Operario No. 2:

1) Cambiar el filtro de miciana y lavar el de malla fina.

2) Cambiar la estopa de los filtros primarios y revisar el secundario, lavándolo o cambiándolo si es necesario.

3) Lavar y soplar exteriormente las baterías, examinar cada celda, tomar la lectura con voltímetro de alta descarga y anotar lectura. Completar agua anivel (dejándose 1/8" aprox. debajo del cuello del bocallonado). Limpiar sus conexiones si es necesario y verificar el apriete de los tornillos de los bornes.

4) Lubricar lo siguiente: coples flexibles que conectan al compresor y al ventilador del motor de tracción, universales de la flecha del ventilador de radiadores, del ventilador del motor de tracción y sus

chumaceras, caja de engranes del ventilador anterior. Atender recomendaciones sobre cambios de aceite del cárter del motor diesel y compresor.

5) Completar los niveles del gobernador del motor diesel y tres de engranes del generador principal.

6) Cambiar filtros de sala de máquinas.

7) Limpiar cajas de conexiones para unidades múltiples cerciorándose de que no estén obstruidos sus drenes, reapretando conexiones.

Operario No 3:

1) Verificar el tiempo del motor diesel.

2) Colocar el cigñal en posición para revisar el motor diesel internamente.

3) Checar cremalleras a seco. Antes realizar lo siguiente:

Lubricar barras de cremalleras, lavar el filtro del gobernador, completar el nivel de aceite, checar la precisión y limpiar el equipo eléctrico, asegurándose de que las escobillas de los reóstatos estén bien sujetas a sus tornillos y rondanas de precisión. Ver ajuste del control de mano. Comprobar la correcta operación del dispositivo de sobrevelocidad y control de combustible.

4) Cambie filtros para aire del turbocargador y repóngase su nivel de lubricante.

Operario No. 4:

1) Soplese con aire seco y límpiase el siguiente equipo eléctrico: Generador principal, generador auxiliar, excitador, motor de la bomba de combustible, motor del extractor de gases, motor del ventilador del freno dinámico, embrague del ventilador de radiadores, motores de los ventiladores de los motores de tracción, grupo motor alternador y motores de cabina, así como pulir contactos e interconexiones del interruptor múltiple de pasos.

2) Límpiase con solvente el interior de los compartimientos de control del motor diesel y verificar estado de los contactores, corrigiendo los defectuosos, puliéndolos y verificando que hagan buen contacto. Lubrique segmentos de engranes y rodillos de la palanca selectora, del regulador y de la inversión.

3) Pula y reapriete tornillos de interconexiones de contactos de potencia y del regulador de voltaje.

Operario No. 4:

- 1) Efectuar limpieza de los paneles de rectificadores de potencia usando aire y toallas de manta seca.
- 2) Hacer limpieza de tarjetas de control con aire seco a baja presión y toallas de manta seca. Reparar las defectuosas.

Operario No. 5:

- 1) Tomar muestra de aceite lubricante, drenar totalmente el lubricante y trapear el cárter del compresor de aire, revisando cartucho y sello, reponiendo detección de aceite lubricante.
- 2) Limpiar y probar válvulas de admisión de descarga y controladas del compresor.
- 3) Revisar filtro H-324, según sea locomotora 501-521 o 501-610.
- 4) Checar velocímetro mecánico en aparato de prueba, dejar a nivel el lubricante y lubricar chumbeo.
- 5) Limpiar y lubricar válvula B-1.
- 6) Limpiar y lubricar el gobernador del compresor de aire.

Operario tubero:

- 1) Destapar y alinear tubos arcuados. Purgar el sedimento y condensación del tanque de combustible.
- 2) Quitar fugas de lubricante, combustible y agua, asegurando tuberías, mangueras y líneas de conducción al drenar.

Operario calderero:

Atender a instrucciones del supervisor.

Operario carintero:

- 1) Aplicar sellos faltantes a extinguidoras, cerciorándose de que no hayan sido descargados o reponerlos.

Ayudante auxiliar:

- 1) Hacer completos de trucks antes de entrar a casa de máquinas (taller).
- 2) Hacer limpieza de motor diesel, charolas del generador principal y compresor, destapando drenes, pisos de compartimientos de radiadores, compartimientos del compresor de aire y sala de máquinas usando trapos húmedos.
- 3) Al terminar inspección y con el motor diesel trabajando en el quinto punto, lavar exteriormente locomotora.

Semestralmente:

Como muchas operaciones se repiten, solo se mencionan las actividades adicionales:

Operario No. 1:

- 1) Desmontar filtros de inercia para limpieza. (Ops. 1,2,3,4,5).

Operario No. 2:

- 1) Cambiar filtros para aire del turbocargador a baño de aceite y poner a nivel el lubricante.
- 2) Comprobar el índice de servicio del filtro.
(Ops. 1,2,3,4,5,6,7,10).

Operario No. 3:

- 1) Cambiar los inyectoros del motor diesel, cerciorándose de que el orificio de la cabeza donde entran este limpio.
- 2) Remover válvula de alivio del sistema de lubricación del motor diesel, lavarla internamente, revisar su asiento y recalibrarla.
(Ops. 1,2,7).

Operario No. 4:

(Ops. 1,2,3,4).

- 1) Limpiar con solvente el interior de los compartimientos de control, pedestal de control, tablero de control, del motor diesel y verificar las condiciones de los contactores, corrigiendo los defectos, puliéndolos y verificando que hagan buen contacto.

Lubricar segmentos de engranes y rodillos de la palanca selectora del regulador y la de inversión, así como los interruptores del freno dinámico e inversores. En los 601-610 verificar condiciones de cables en parrillas de campos excitados respecto a recalentamiento y falsos contactos en sus terminales. Comprobar eléctricamente los diodos y su apriete en el panel rectificador.

Operario 5:

(Operaciones 1,2).

- 1) Limpiar y probar válvulas mecánicas de admisión, de descarga y controladores de compresión de aire.
- 2) Limpiar filtro del respiradero del cárter del compresor de aire.
- 3) Limpiar y recondicionalse el gobernador S-16 del compresor de aire, ajustándose como corresponda.

4) Limpiar válvula automática 260. Si hay, sistema de frenos 260 y 260U.

5) Limpiar filtros metálicos de admisión del compresor de aire y cambiarse los de papel mercurio.

6) En locs. 500-521 y 900 revisar elemento de filtro H.

7) En locs. 601-610 revisar filtro 824 y cambiar c./3 meses.

8) En locs. 651-666, 401-418, 522-546, revisar elementos del filtro 824 y cambiarlo cada 3 meses. Retirar tapa del filtro 818 para limpieza de su depósito. Lavar y soplar filtros.

9) Efectuar pruebas al compresor de aire.

10) En locs. 501-521, limpiar colector de polvo.

11) Efectuar limpieza general del pistón operador del contactor (es) mecánicas DSM, DSE y obturador de ventilador principal, así como mecanismos de válvulas electro-mecánicas DSV1, DSE2.

12) Ajustar a presión reglamentaria el aire del tipo del freno, depósitos principales de las válvulas independientes, aire de control y sistema de señales.

Operario No. 6:

1) Poner grasa a baleros de cajas motoras. En locs. 400, reponer grasa cada 200,300 km.

Operario tubero:

(Ops. 1,2).

1) Lavar intercambiador de aceite lubricante.

2) Destapar y alinear tubos arcieros. Dominios arena.

3) Limpiar cristal de observación de los tanques.

Operario calderero:

1) Lubricar bielas, chapas, mecanismos de puertas, sala de máquinas, cabina y compartimientos, cerciorándose de que su funcionamiento sea correcto. Probar freno de mano.

Operario carpintero:

(Operación 1).

Ayudante auxiliar:

(Operaciones 1,2,3).

Anualmente:

Operario No. 1:

1) Bajar tolvos de motores de tracción para limpieza. Revisar el n de tracción.

2) Colocar tolvos cuidando la correcta colocación de empaques, cañuelas, rondanas de precisión y tornillos bien apretados.

(Ops. 1, 2, 5 y 1).

Operario No. 2:

1) Lavar y prelubricar el sistema de lubricación.

2) Drenar y aplicar carga de lubricante a caja de engranes del ventilador de radiadores y del generador principal.

3) Atender recomendaciones del Depto. Químico sobre cambios de aceite del cárter del motor diesel y compresor.

4) Limpiar orificios de paso de lubricante a la transmisión de engranes.

(Ops. 1, 2, 3, 4, 1 y 2).

Operario No. 3:

1) Descarbonizar conjuntos.

2) Verificar tiempos de inyección y claro de válvulas del motor diesel.

3) Inspeccionar ultrasonicamente las válvulas de escape.

4) Cambiar bombas e inyectoros del motor diesel, verificando que los orificios del inyector estén limpios.

5) Reajuste general del múltiple de admisión y de escape.

6) Retirar válvula piloto termostática para revisión.

7) Retirar turbocomprensor para su descarbonización.

8) Retirar las dos válvulas y los ocho termostatos para chequeos.

9) Retirar y hacer limpieza al COP.

(Ops. 2, 3 y 2).

Operario No. 4:

(Ops. 1, 2, 3 y 1).

Operario No. 5:

1) Ajustar a presiones reglamentarias el aire del freno, dispositivos principales, válvulas independientes del aire de control y sistema de señales.

2) Retirar el filtro del cárter para efectuarle inspección y limpieza.

(Ops. 1,2,3,4,5, y 1 a 12).

Operario No. 6:

1) Reapretar tornillos de anclaje de motor diesel, compresor de aire, caja de engranes del ventilador de radiadores, ventiladores de motores de tracción, interenfriador de aceite lubricante, depósitos de filtros de mallas finas.

2) Lubricar el centro-plato y rozaderas de los trucks.

3) Limpiar el orificio de paso de lubricante a la transmisión de engranes de bombas de agua, lubricante, árbol de levas y tacómetro.

(Ops. 1).

4) Verificar presión de la bomba de agua, de lubricante, compresores, el ciclaje del sistema de enfriamiento, presión de la bomba de presurización.

Operario tubero:

1) Reapretar tubería de agua de retorno.

2) Sondear y lavar interenfriador de aceite lubricante.

3) Lavar tanque de expansión y cedazo del interenfriador.

(Ops. 1,2 y 1,2,3).

Operario calderero:

1) Lubricar aparejo del freno.

2) Lavar el tanque de combustible.

(Ops. 1).

Operario carpintero:

(Operación 1).

Ayudante auxiliar:

(Ops. 1,2,3).

5.4 Programación del mantenimiento.

Para poder lograr una efectiva programación del mantenimiento se requiere primeramente hacer un análisis de las fallas más comunes, las deficiencias en cuanto a mantenimiento preventivo y la proporción de beneficios posibles. (Datos en base a un semestre).

Fallas:	Promedio:	Total:	Esperado:(Mínimo)
M. diesel.	2374/174	13.644	.2454 x 13.644= 3.348
Eléctricas	1143/174	6.536	.2454 x 6.536= 1.616
M. de tracción	225/174	1.299	.2454 x 1.299= .319
Cambio conjuntos	75/174	.4368	.2454 x .437= .107
Unas y trackis	535/174	3.031	.2454 x 3.031= .756
Sist. de aire	225/174	1.310	.2454 x 1.310= .322

Porcentajes de mantenimiento preventivo efectuados:

	IP No. 1:	IP No. 2:
	6.73%	27.1%
	7.73%	12.5%
	9.0%	35.0%
	9	37.5%
	11.1%	20.8%
	<u>6.50%</u>	<u>44.0%</u>
Promedio:	6.2.	22.33% = 14.54%

Por lo que se puede ver existe un faltante de 85.46%. No se puede lograr una efectividad del 100% en cuanto al mantenimiento preventivo, pero se puede esperar una eficacia del 90%, por lo que se puede reducir el porcentaje de fallas en un 75.46%.

Para evaluar el tiempo de servicio, se puede considerar lo siguiente:

Operación:	Operarios:				
	Op. 1.	Op. 2:	Op. 3:	Op. 4:	Op. 5:
1	20x6	40	15	215	25
2	15x6	45	35	30	40
3	15x6	15x8	110	20	15
4	20	35	50	40	20
5	35	30	--	35	25

6	--	70	--	--	30	
7	--	45	--	--	--	
total:	395	385	200	400	155	
IP. No.2:	Op. 1:	Op. 2:	Op. 3:	Op. 4:	Op. 5:	Op. 6:
1	160	45	365	180	110	245
2	--	35	45	--	35	--
3	--	--	--	--	40	--
4	--	--	--	--	50	--
5	--	--	--	--	35	--
6	--	--	--	--	25	--
7	--	--	--	--	30	--
8	--	--	--	--	20	--
9	--	--	--	--	25	--
10	--	--	--	--	25	--
11	--	--	--	--	45	--
12	--	--	--	--	40	--
total:	160	80	410	180	480	245
IP. No.3:	Op. 1:	Op. 2:	Op. 3:	Op. 4:	Op. 5:	Op. 6:
1	240	70	240	--	60	50
2	180	35	30	--	80	65
3	--	--	145	--	--	25
4	--	30	585	--	--	45
5	--	--	50	--	--	--
6	--	--	50	--	--	--
7	--	--	180	--	--	--
8	--	--	200	--	--	--
9	--	--	150	--	--	--
total:	420	135	1630	0	140	185

Los tiempos anteriores corresponden a una evaluación promedio, en el caso de que no haya retrasos, faltantes de material ni se presenten averías o contingencias de ningún tipo. Los tiempos están en minutos y existe la posibilidad de que por contingencias se prolonge en una proporción de hasta el 200% o más, teniendo un promedio del 50%. Los valores anteriores tienen un suplemento del 20% por el tipo de trabajo.

Para la inspección No. 1 se tiene un tiempo de duración de 400 min, equivalente a 6 hrs. 40 min. más un 50% de suplemento: 10 hrs.

Para la inspección No. 2:

- Operario 1: Ops. 1,2,3,4,5 y 1: $555 \text{ min.} \times 1.5 = 830 \text{ min.}$
 Operario 2: Ops. 1,2,3,4,5,6,7 y 1,2: $465 \text{ min.} \times 1.5 = 698 \text{ min.}$
 Operario 3: Ops. 1,2,3 y 1,2: $560 \text{ min.} \times 1.5 = 840 \text{ min.}$
 Operario 4: Ops. 1,2,3,4 y 1: $545 \text{ min.} \times 1.5 = 818 \text{ min.}$
 Operario 5: Ops. 1,2 y 1-12: $545 \text{ min.} \times 1.5 = 818 \text{ min.}$
 Operario 6: Ops. 1: $245 \times 1.5 = 368 \text{ min.}$

Por lo que se tiene un tiempo de duración de $350 \text{ min} = 14 \text{ hrs. } 10 \text{ min.}$

Para la inspección No. 3:

- Operario 1: Ops. 1,2,5 y 1 y 1,2: $863 \text{ min.} \times 1.5 = 1,295 \text{ min.}$
 Operario 2: Ops. 1,2,3,4 y 1,2 y 1,2,4: $455 \text{ min.} \times 1.5 = 683 \text{ min.}$
 Operario 3: Ops. 2,3 y 2 y 1-9: $1810 \text{ min.} \times 1.5 = 2715 \text{ min.}$
 Operario 4: Ops. 1,2,3 y 1: $545 \text{ min.} \times 1.5 = 818 \text{ min.}$
 Operario 5: Ops. 1-5 y 1-12 y 1,2: $745 \text{ min.} \times 1.5 = 1118 \text{ min.}$
 Operario 6: Ops. 1 y 1-4: $430 \text{ min.} \times 1.5 = 645 \text{ min.}$

Por lo que se tiene un tiempo de duración de 2,715 minutos como máximo = 45 hrs. y 15 min.

Para las 174 locomotoras se requiere anualmente:

IP No. 1: 174 locs. \times 400 min. \times 10 insp. = 696,000 minutos anuales, equivalente a 11,600 hrs anuales = 966.67 hrs al mes. = 31 hrs. y 48 min. diarios, que se puede proporcionar con 2 plataformas.

IP No. 2: 174 locs. \times 350 min. \times 1 insp. = 147,900 minutos anuales, equivalente a 2,465 hrs anuales = 6 hrs y 45 min. diarios, que se satisface con una plataforma diaria.

IP No. 3: 174 locs. \times 2,715 min. \times 1 insp. = 472,410 minutos anuales, equivalente a 7,873.5 hrs. anuales = 21 hrs. y 35 min. diarios, que se puede proporcionar con una plataforma:

Tiempo total diario: (promedio) = 60 hrs y 8 min.

Total de plataformas: $60.08/24 = 2.5033$ plataformas = 3 diarias.

De esta manera que una 3 plataformas para realizar mantenimiento correctivo de emergencia. (Ver figs. E-1,2).

Para la IP No. 1, se requieren 174 insp. \times 10 = 1,740 al año, con un tiempo total de 11,600 hrs = 31.781 hrs al día, lo que significa hacer 4.767 inspecciones diarias. Por efectos de las variaciones en tiempo que puede haber, se programarían 2 inspecciones en dos plataformas al

día y una sola en otra plataforma. Para poder completar las 174 inspecciones diarias, 12 días al mes se harán 6 inspecciones en tres plataformas, esto como medida de protección ya que varias locomotoras se encontrarán en reparación general en Espalte, Son.

Para la IP. No. 2, se tiene lo siguiente: se requieren 174 inspecciones en un mes, de manera semestral, por lo que son 174 al año x 350 min. equivale a 2,465 hrs en un mes, equivaliendo a 32 hrs. 10 min. diarios, requiriéndose 3.424 plataformas diarias, o 5.3 insp. diarias (6). Para esto se utilizarán 4 plataformas. Para acomodar con el horario, se pueden realizar 6 inspecciones diarias en seis plataformas, y durante 5 días utilizar solo 5 plataformas y cinco inspecciones al día.

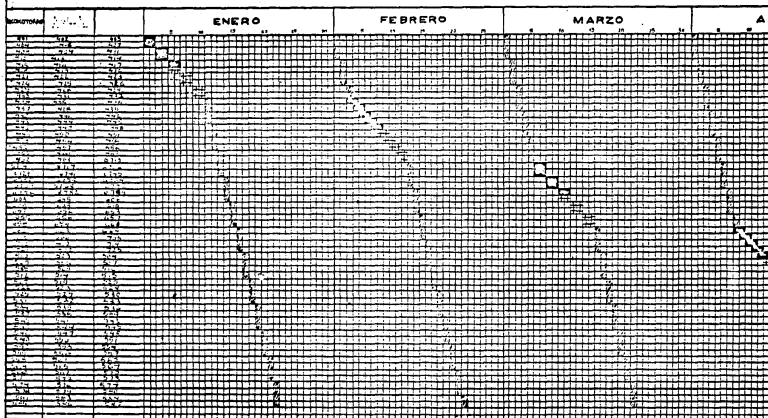
Para la IP. No. 3, se requieren 174 inspecciones anuales, con 2,715 min. de duración (45 hrs. y 15 min.), requiriéndose 3 o 2 días según se trabajen 2 o 3 turnos. Tomando la última alternativa, se requieren 5.3 inspecciones diarias, utilizándose 12 plataformas, quedando 7 días con solo 5 inspecciones.

Para este caso, se tomará un máximo de 6 plataformas para mantenimiento preventivo, dos extras para prolongaciones en las labores de mantenimiento preventivo y las últimas cuatro para mantenimiento correctivo. Las IP No. 1 se realizarán 3 al día por plataforma. Las IP No. 2 se realizarán 1 por plataforma por día, considerando una prolongación se pueden tomar dos días por locomotora, al igual que las operaciones de la IP No. 3. (Ver fig. E-1,2).

SITUACION DE LOCOMOTORAS

INSPECCIONES PERIODICAS N.º 1
 INSPECCIONES PERIODICAS N.º 2
 INSPECCIONES PERIODICAS N.º 3

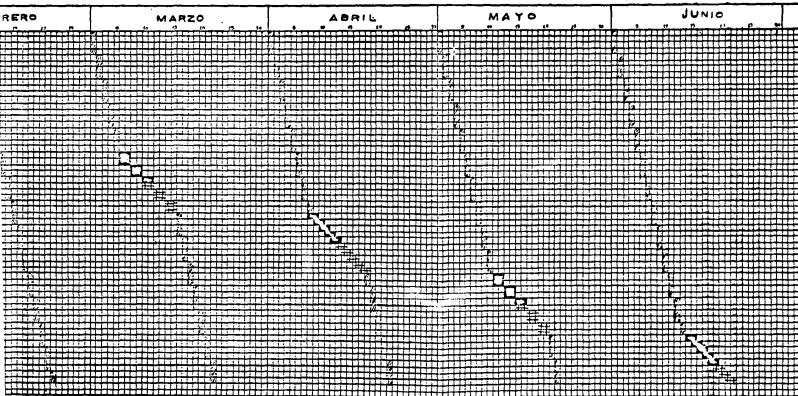
FIG. E-1



SITUACION DE LOCOMOTORAS

INSPECCIONES PERIODICAS m/1 ■
INSPECCIONES PERIODICAS m/2 ■
INSPECCIONES PERIODICAS m/3 ■

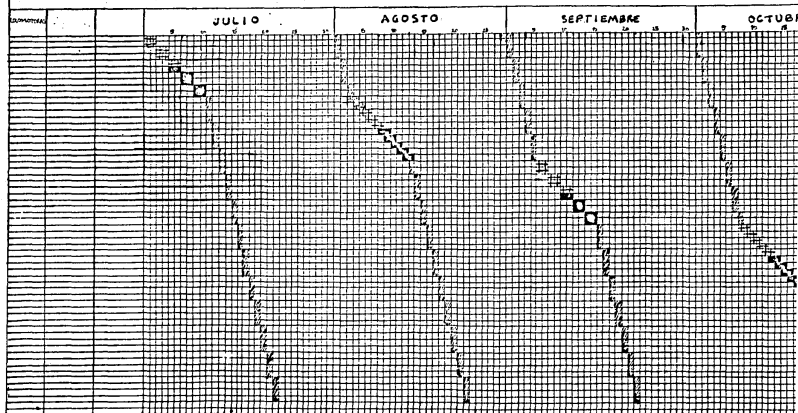
FIG. E-1



SITUACION DE LOCOMOTORAS

INSPECCIONES PERIODICAS ANI ■
INSPECCIONES PERIODICAS MES ■
INSPECCIONES PERIODICAS ANS ■

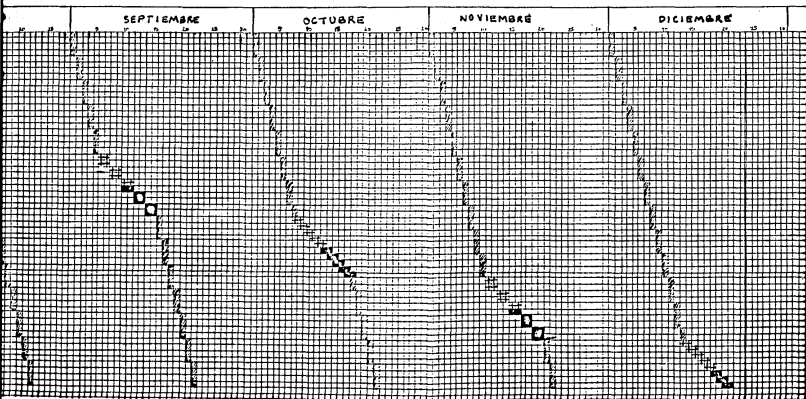
FIG. E-2.



SITUACION DE LOCONOTORAS

INSPECCIONES PERIODICAS 143 ■
INSPECCIONES PERIODICAS 143 ■
INSPECCIONES PERIODICAS 143 ■

FIG. E-2.



5.5 Control de materiales de mantenimiento.

La conducción de las labores de mantenimiento se han visto afectadas por la frecuente falta de materiales, ya que no se puede realizar si faltan estos. Para evitar esto, es necesaria la implantación de un sistema de control de materiales, llevado a cabo por el departamento de Compras en coordinación con la Superintendencia de Fuerza Motriz y Maquinaria y el taller para la determinación de existencias y cantidades mínimas.

Los supervisores de mantenimiento deben obtener todos sus materiales incluyendo fabricaciones relacionadas con trabajos no planeados, informando a el superior sobre estas situaciones. El coordinador de materiales o almacenista desarrollará una actividad de soporte con los supervisores, pero no debe determinar que materiales están faltando, que calidad, cantidad y cuando, sino que esta es una labor propia de los supervisores.

Para llevar esto a cabo, debe existir un sistema de control con los siguientes elementos:

- a) Sistema de tarjetas con la identificación de las partes y el estado de existencias.
- b) Catálogo de proveedores, donde se deben tener las tarjetas archivadas por grupos de fabricantes o por grupos de componentes.
- c) Tarjetas de almacén donde se deben especificar partes, cantidades, costos, existencias referentes a las personas que necesitan dichas partes.

Cuando alguien del personal de mantenimiento solicite alguna pieza, se deberá buscar con el almacenista en el catálogo de partes el número de la parte y descripción de la misma. El reorden deberá realizarse cuando se llegue a un nivel límite de existencias, y se ordenará en cantidades óptimas. Considerando un sistema de orden repetitiva, con demanda independiente, con cantidad fija de reorden:

$$q = (2 D Co / Ch)^{1/2}$$

$$R = DL/365$$

Siendo D la demanda, q la cantidad óptima a pedir, Co el costo de ordenar, Ch el costo de conservar y R el punto óptimo de reorden.

En base a la siguiente table se encontrarán los datos necesarios.

Falla:	Frecuencia:	Elemento:	Cantidad:	Costo:	Q:	R:
M. Diesel	892	Cojinetes	578	1,150,000	152	143
		Bielas	17	2,750,000	26	4
		Pistones.	23	1,556,000	30	6
		Válvulas.	104	732,000	65	26
		Empaques.	323	193,000	114	80
		Corona.	23	1,265,000	30	6
		Crucetas.	21	463,000	29	5
		Baleros.	126	1,035,000	71	31
		Filtros.	348	75,000	118	35
		Inyectores.	2,784	1,235,000	334	687
		Cabeza integral	115	18,400,000	68	28
		Filtro aceite	156	46,000	79	39
		Bombas.	26	1,425,000	32	6
		Soportes.	152	37,000	78	33
		Chumaceras.	73	165,000	54	18
Cambio Conj.	6	Conjuntos	76	20,700,000	62	24
		Filtro	73	65,000	54	18
Sist. de aire	83	Válvulas.	34	193,000	37	8
		Conexiones.	--	--	--	--
Fallas eléctricas 623		Diodos.	--	--	--	--
		Tarjetas.	47	3,450,000	43	12
		Carbones y acc.	395	12,000	139	221
		Regulador.	13	1,725,000	23	3

Lo anterior fue calculado en base a un costo de ordebar promedio de 30,000 la orden, un tiempo de entrega de 90 días, y un costo de almacenamiento de 1,500 por pieza (en base a sueldo de almacenista, gastos administrativos, de energía, etc.).

5.6 Organización y control del trabajo de mantenimiento.

La autorización y control de mantenimiento es una técnica para prever y controlar los costos de mantenimiento del taller.

Los elementos básicos para llevar a cabo este control son:

- a) Planeamiento del trabajo.
- b) Sistema de órdenes de trabajo, para autorización y organización del trabajo.
- c) Sistema de prioridad del trabajo, para controlar la secuencia.
- d) Estimación de tareas y costos.
- e) Relación de tareas con la mano de obra disponible.
- f) Programación detallada, para establecer la secuencia de unas tareas con respecto a otras en un programa general.
- g) Control de horas para controlar costos reales.
- h) Medición del trabajo, para comparar costos con el avance.
- i) Sistemas de reportes, para registrar el cumplimiento del trabajo.
- j) Normas de trabajo, para establecer una base común en los trabajos.

El planeamiento del trabajo es la función principal y es la etapa en la que se establece que es lo que se debe hacer y de la manera más eficiente. Parte de este trabajo debe comprender las fracciones de trabajo de mantenimiento. En esta parte se analizarán todas las solicitudes nuevas además de las programadas, a fin de comparar la carga total de trabajo con la disponibilidad del servicio y asignar prioridades y secuencias de operación.

Con el sistema de órdenes de trabajo, se definen las naturalezas de los trabajos a efectuarse para establecer las cargas de tiempo necesarias y los costos de mano de obra y materiales. El aspecto más importante de esta parte es la existencia de una hoja adecuada para la autorización de los trabajos de mantenimiento. Se debe especificar lo siguiente:

- a) Línea de locomotoras a la que pertenece.
- b) Fecha de expedición de la orden.
- c) Tipo de reparación, especificando las partes afectadas.
- d) Prioridad del trabajo, si es de tipo normal, debe realizarse cuando la carga de trabajo disminuya, pero es importante realizarla para mejorar las condiciones de trabajo del equipo; y si es de tipo urgente, la reparación debe ser realizada el mismo día de la expedición de la orden.
- e) Debe establecerse si es una reparación ya programada.
- f) Observaciones, donde se da información o antecedentes sobre el e-

equipo en cuestión.

- g) Fecha de inicio del trabajo.
- h) Fecha de terminación del trabajo.
- i) Descripción del trabajo efectuado.
- j) Detalle de materiales usados.
- k) Personal que efectuó el trabajo.
- l) Horas hombre requeridas.
- m) Persona que elaboró la solicitud.
- n) Persona que autoriza.
- o) Responsable del trabajo y firma de conformidad.

La prioridad de trabajo se clasifica en lo siguiente:

- a) Extra urgente: precede a cualquier otro trabajo.
- b) Urgente: Se realiza enseguida de la órden anterior.
- c) Normal: Puede esperar a que disminuya la carga de trabajo.
- d) Programado.

La finalidad de la estimación es el establecimiento de normas de trabajo y la reducción de las tareas a sus elementos físicos, para establecer valores a cada elemento. Estas normas son aproximadas y solo sirven para dar una idea de la magnitud del trabajo, que luego serán corroboradas con los datos reales al término del trabajo. Cuando existan variaciones muy grandes, deberá pasarse esta observación a la Superintendencia para que sea tomada en cuenta y poder evaluar la falla para mejorar estimaciones futuras.

Para efectuar la programación, es importante tener un balance adecuado entre la mano de obra disponible (capacidad de trabajo) y la carga real de trabajo. Debido a esto, se debe tener una programación general (Figs. E-1,2) como principio de una programación más detallada. La programación general debe mostrar la naturaleza y magnitud de cada tarea en un tiempo determinado.

La programación general, debe ser muy flexible, en este caso en que está definida en un año, debe ser estudiada y ajustada cada tres o cuatro meses.

En la programación detallada, se debe hacer un estudio más profundo de las necesidades de cada trabajo, y establecer la secuencia de realización de cada uno de ellos en orden de importancia. Todos los trabajos deben ser programados con datos reales y objetivos, en base a las deman-

das reales y capacidades reales. Esta programación también debe ser flexible en la misma proporción que la programación general, ya que en esto radica gran parte de su eficacia, porque de esta manera se podrán observar casos programados, sino los imprevistos también.

Para el control de las horas requeridas se establece un control en el que es importante saber cuanto tiempo se emplea en cada trabajo ordenado para saber si está dentro de lo previsto y que no afecte la secuencia de la programación ya establecida. Para esto, ningún trabajo de mantenimiento será realizado a menos que una hoja con este control lo este apareando. El tiempo empleado en cada trabajo deberá ser reportado en cada área de trabajo, para saber lo que cuesta por el concepto de mano de obra, es decir, las horas hombre empleadas. El costo de horas hombre será el sueldo del trabajador más prestaciones diario, dividido entre el número de horas laboradas.

Otro de los requisitos y que es muy importante para llevar un buen control del trabajo es la medición del trabajo. Una buena medición permitirá hacer comparaciones de los gastos de mano de obra con los resultados esperados. Un método muy utilizado es el de tiempos estándar para cada tipo de actividad. Si algún tipo de elemento no ha sido especificado, se obtendrá por analogía con respecto a otros elementos similares.

El paso final, que nos sirve para llevar un control sobre el cumplimiento y efectividad de los labores de mantenimiento se obtiene a partir de un sistema de reportes. Una manera de reportar es un resumen semanal con datos como horas reales comparadas con las estimadas, por áreas de mantenimiento, o grupos de trabajo. El análisis de este documento revelará zonas problemáticas, como partes en las que se invierte demasiado tiempo, demasiado material o mano de obra.

En cuanto a los estándares de mantenimiento, es importante para llevar a cabo un buen control de los trabajos de mantenimiento implantar métodos y procedimientos estandarizados para todas las tareas y funciones que se llevan a cabo.

Cuando no se tienen este tipo de normas, cada grupo de trabajo acabará por adoptar las propias y se obtendrá como consecuencia un rendimiento muy bajo.

Estos estándares deben prepararse cuidadosamente y su elaboración corresponde a la Superintendencia de Fuerza Motriz y Maquinaria, a través de sus colaboradores, y además, debe cuidar que se sigan fielmente.

5.7 Mantenimiento preventivo de instalaciones.

El buen funcionamiento de una planta industrial depende una buena instalación eléctrica y su mantenimiento. El agua, el polvo, el calor, el frío, la humedad y las vibraciones pueden afectar el funcionamiento y duración de los equipos eléctricos si no son atendidos periódicamente.

Debe mantenerse limpio, ya que la suciedad es una de las principales causas de averías eléctricas, puede dar lugar a la descomposición del aislamiento en partes móviles, produciendo pérdida en velocidad, arcos y finalmente el quemado.

Deben mantenerse secos, debido a la posible oxidación del cobre. Las contras gruesas de óxido deben eliminarse y los elementos corroídos deben reponerse. Los altos grados de humedad suelen causar cortos circuitos, con las consecuencias consiguientes.

Deben de mantenerse heréticos y libres de fricciones. Se debe incluir una revisión constante del ajuste de piezas móviles y otros elementos sujetos por tornillos.

Para realizar un buen mantenimiento del equipo eléctrico, se debe estar familiarizado con cierto número de detalles:

a) La instalación inicial tiene que ser revisada y probada a satisfacción antes de aceptarla.

b) Los aparatos tienen que montarse en lugares accesibles.

c) Equipos seleccionados en base a condiciones de trabajo.

d) Debe contarse con un suministro adecuado de repuestos.

e) Reemplazar los contactos quemados, erosionados y picados.

f) Los contactos deben mantenerse limpios.

g) Mantener apretadas las conexiones.

h) Las bobinas deben trabajar a su voltaje nominal.

i) Reemplazar derivaciones desgastadas.

j) Revisar sobrecalentamientos.

k) Revisar posibles fugas a tierra.

Se debe realizar mantenimiento en los siguientes equipos: motores, interruptores automáticos de alta tensión, líneas aéreas, fusibles, interruptores automáticos de baja tensión, interruptores manuales, cables, pulsadores, contactores, relés de protección y alumbrado.

En cuanto al alumbrado, las lámparas deben ser cambiadas individualmente a medida que se van deteriorando, o se puede proceder a cambiarlas antes de que lleguen al límite de su vida útil promedio.

CAPITULO VI

ANÁLISIS ECONÓMICO

6.1 Selección de Maquinaria.

Una vez conocidas las especificaciones de las máquinas requeridas, se puede proceder a localizar los proveedores para obtener la información económica necesaria para realizar la evaluación de estas máquinas mediante las técnicas de ingeniería económica y determinar cuales proveedores resultan más convenientes.

Las máquinas requeridas y los proveedores consultados son los siguientes:

a) Motorreductores:

- 1) Proveedores eléctricos B y R. S.A., Washington No. 1500.

Potencia: 1 1/2 HP. Costo: \$2,338,633 -35%=\$1,672,043.0
 Marca: ASEA. Voltaje: 220/440
 Velocidad: 17 rpm. Vida útil: 10 años.

- 2) Aparatos eléctricos industriales López, S.A., Washington No. 1356.

Potencia: 1 1/2 HP Costo: \$ 2,101,400 -35%=\$ 1,372,730.0
 Marca: Siemens. Vida útil: 10 años.
 Velocidad: 49 rpm. Voltaje: 220/440.

- 3) DEMSA, av. Alemania No. 1254.

Potencia: 1 1/2 HP. Costo: \$2,366,319 -35%=\$ 1,497,013.0
 Marca: Siemens. Vida útil: 10 años.
 Velocidad: 49 rpm. Voltaje: 220/440.

b) Compresores:

- 1) CBS Maquinaria, S.A., Washington No. 1212.

Potencia: 10 HP.
 Modelo: JL-1012555, unidad básica 555A, marca CBS.
 presión: 100 lb/pul².
 Velocidad: 500 rpm.
 Tanque: 500 lt.
 Costo: \$ 9,700,000 - 25%=\$ 6,698,520.0

Vida útil: 15 años.

- 2) Ingersoll-Rand, S.A., Federalismo sur No. 269-A.

Potencia: 10 HP.

Modelo: 10E, cabeza 71T2, marca Ingersoll-Rand.

Velocidad: 320 rpm.

Tanque: 500 lt.

Costo: \$12,021,077.0 - 20% = \$ 9,936,563.0

Vida útil: 15 años.

- 3) Todo para aire, S.A., Niños Heroes No. 1268.

Potencia: 10 HP.

Modelo: I84014-EL. Marca: ITSA.

Velocidad: 500 rpm.

Tanque: 500 lt.

Costo: \$ 11,219,400 - 15% = \$9,525,117.0

Vida útil: 15 años.

- c) Bombas para agua:

- 1) Bombas Aurora S.A., Corona No. 591.

Potencia: 40 HP.

Voltaje: 220/440

Marca: Jacuzzi.

Vida útil: 15 años.

Modelo: 40DL2, de 3"x2"

Costo: \$9,536,000-15% = \$ 7,515,430.0

Velocidad: 3,450 rpm.

Caudal: 127 gpm.

- 2) Distribuidora de bombas y equipos, S.A., Av. Corona No. 551.

Potencia: 25 HP.

Voltaje: 220/440.

Marca: Aurora Pima.

Vida útil: 12 años.

Modelo: 341.

Costo: \$7,556,697-15% = \$ 6,083,141.0

Velocidad: 3,500 rpm.

Caudal: 127 gpm.

- 3) Crane Deming, S.A., Av. Chapultepec No. 730.

Potencia: 25 HP.

Voltaje: 220/440.

Marca: Crane Deming.

Vida útil: 15 años.

Modelo: 4221- 1 1/2 H

Costo: \$6,106,500-3% = \$ 6,106,500.0

Velocidad: 3,500 rpm.

Caudal: 127 gpm.

- d) Bombas para aceite:

- 1) Crane Deming, S.A., Av. Chapultepec No. 730.

Potencia: 15 HP.

Voltaje: 220/440

Marca: Crane Deming.

Vida útil: 15 años.

Modelo: 4211- 1 1/2 S

Costo: \$4,255,000-3% = \$ 4,255,000.0

Velocidad: 3,500 rpm.

Caudal: 57.5 gpm.

- 2) Distribuidora de bombas y equipos, S.A., Av. Corona No. 551.
 Potencia: 10 HP. Voltaje: 220/440.
 Marca: Aurora Pixa. Vida útil: 10 años.
 Modelo: F-6 TRL, 2 lsp. Costo: \$ 5,420,958.0
 Velocidad: 5,500 rpm. Caudal: 57.5 gpm.
- 3) Fairbanks Morse, S.A., Av. Tolsá No. 551.
 Potencia: 30 HP. Voltaje: 220/440
 Marca: Fairbanks morse. Vida útil: 12 años.
 Modelo: 5460P-4 Costo: \$5,659,225.0
 Velocidad: 1,750 rpm. Caudal: 57.5 gpm.
- o) Calderas:
- 1) Myrggo de occidente, S.A., Av. Vallarta No. 4030.
 Potencia: 10 HP. Vida útil: 50 años.
 Marca: Myrggo Motores: 1/4 y 1 HP. 220/440 V.
 Modelo: CM-2010 Combustible: 13.24 lt/hr. Diesel
 Costo: \$12,255,000.0 155.5 lt/hr. agua.
- 2) Calderas, compresores y equipos, S.A., Calz. Lázaro Cárdenas 2140.
 Potencia: 10 HP. Vida útil: 40 años
 Marca: Luxaut. Motores: 1/4 y 1 HP. 220/440 V.
 Modelo: PTD Combustible: 10 lt/hr. Diesel.
 Costo: \$ 14,000,000.0 147 lt/hr. agua.
- 3) Selmeq, equipos industriales, S.A. de C.V., Saladero No. 1133.
 Potencia: 10 HP. Vida útil: 40 años.
 Marca: Cleaver-Brooks Motores: 1/4 y 1 HP. 220/440 V.
 Modelo: ET-334 Combustible: 11.3 lt/hr. Diesel.
 Costo: \$ 14,560,000.0 150.5 lt/hr. agua.
- f) Transformadores: Norma CFE K 0000-01, aceite mineral, 60 Hz.
- 1) Occidente eléctrica, S.A., 8 de julio No. 1646.
 Potencia: 150.0 KVA Vida útil: 60 años.
 Primario: 13,200 V. 4 derivaciones, 2.5%.
 Secundario: 220 Y/127 V. Temp.: 30°C - 24 hrs.
 Costo: \$ 31,772,000.0 Marca: IEM.
- 2) Prolec, S.A., Chicago No. 120, S.R.
 Potencia: 150 KVA Vida útil: 50 años.
 Primario: 13,200 V. 4 derivaciones, eficiencia: 99 %
 Secundario: 220 Y/127 V. Temp.: 30°C- 24 hrs.
 Costo: \$ 24,466,000.0 Marca: Prolec.

3) Transformadores de Jardín, S.A., Circ. Sta. Edwiges No. 2416.

Potencia: 150 KVA

Primario: 13,200 V.

Secundario: 220 Y/127 V.

Marca: Jardín.

Vida útil: 50 años.

4 deriv., eficiencia: 99.9%

Temp.: 30°C, 24 hrs.

Costo: \$ 17,675,000.0

Para la evaluación del Costo Anual de Operación de los transformadores se pueda considerar que es cero, debido a la elevada eficiencia de estas máquinas, o en caso contrario considerar las pequeñas pérdidas, de alrededor de .1%, y considerando un factor de potencia muy cercano a 1, multiplicar por la potencia, y evaluar el costo en energía.

Para el análisis de selección, se aplicará el método del Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE), para facilitar el análisis debido a la diferencia de vidas útiles de los equipos. Se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- Costo inicial (CI).
- Costo Anual de Operación (CAO).
- Costo anual de mantenimiento (CAM).
- Valor de salvamento (VS).
- Vida útil (VU).

Para el costo anual de mantenimiento, se tomará un costo promedio porcentual equivalente de 5 a 7% del costo inicial de la máquina. El costo anual de operación representa combustibles y energéticos utilizados para la operación de la máquina además del costo que representan los operarios que tenga que utilizarla. El valor de salvamento es el valor de la máquina al término de su vida útil y depende de la carga de trabajo que haya tenido durante su vida útil, variando de un 60 a un 0%. La tasa de interés o tasa mínima atractiva de retorno (TMAR) se tomará aproximadamente la de la inflación, 21%.

Para la evaluación del costo anual de operación se puede considerar que no se requiere de la intervención de una mano de obra específica y constante para la operación de estos equipos. Para el costo de la energía y combustibles, se evaluará de la siguiente forma:

Potencia= $HP \times 746 / 1000$ en kW, con: 1 kW= 845.0

Costo= $HP \times 746 \times \text{horas diarias} \times \text{días al año} / 1000$

Para el transformador:

$$P = \sqrt{3} V_L I_L \text{ pf}$$

Debido a que el costo anual de operación no es una anualidad constante, sino que se ve incrementado en un promedio total anual, por lo que se requerirá la utilización de gradientes, (aprox. un 100% anual).

Cálculo de valores:

a) Motores/ductores:

$$CI (1): (1,672,043)(A/P, 21\%, 10) = \$ 5,594,350.0$$

$$CAO (1): (1.5 \times 746 \times 43 \times 12 \times 300) / 1000 \times (1 + (A/P, 21\%, 10)) = \$ 308,755.0$$

$$CAM (1): (5,594,350)(.05)(1 + (A/P, 21\%, 10)) = \$ 269,551.0$$

$$VS (1): (1,672,043)(.5)(A/P, 21\%, 10) = \$ 1,797,465.0$$

$$CI (2): (1,375,736)(A/P, 21\%, 10) = \$ 2,966,465.0$$

$$CAO (2): 3308,755.0$$

CAH (2): $(2,966,465)(.05)(1+(A/G, 21\%, 10)) = \$ 217,295.0$

VS (2): $(1,579,736)(.5)(A/P, 21\%, 10) = \$ 1,483,232.0$

CI (3): $(1,497,013)(A/P, 21\%, 10) = \$ 3,218,611.0$

CAO (3): 3308,755.0

CAH (3): $(3,218,611)(.05)(1+(A/G, 21\%, 10)) = \$ 255,735.0$

VS (3): $(1,497,013)(.5)(A/P, 21\%, 10) = \$ 1,609,306.0$

b) Compresores:

CI (1): $(6,698,520)(A/P, 21\%, 10) = \$14,401,968.0$

CAO (1): $(10 \times 746 \times 43 \times 12 \times 365) / 1000 \times (1+(A/G, 21\%, 10)) = \$2,050,366.0$

CAH (1): $(14,401,968)(.05)(1+(A/G, 21\%, 10)) = \$1,054,353.0$

VS (1): $(6,698,520)(.4)(A/P, 21\%, 10) = \$ 5,760,797.0$

CI (2): $(8,986,368)(A/P, 21\%, 15) = \$19,320,692.0$

CAO (2): \$2,058,366.0

CAH (2): $(19,320,692)(.05)(1+(A/G, 21\%, 15)) = \$1,415,356.0$

VS (2): $(6,698,520)(.5)(A/P, 21\%, 15) = \$7,200,309.0$

CI (3): $(9,595,117)(A/P, 21\%, 15) = \$20,629,502.0$

CAO (3): \$2,058,366.0

CAH (3): $(20,629,502)(.05)(1+(A/G, 21\%, 15)) = \$1,511,230.0$

VS (3): $(9,595,117)(.5)(A/P, 21\%, 15) = \$10,314,751.0$

c) Bombas para agua:

CI (1): $(7,515,430)(A/P, 21\%, 15) = \$16,158,233.0$

CAO (1): $(40 \times 746 \times 43 \times 12 \times 365) / 1000 \times (A/G, 21\%, 15) + 1 = \$3,234,047.0$

CAH (1): $(16,158,283)(.05)(1+(A/G, 21\%, 15)) = \$1,133,638.0$

VS (1): $(7,515,480)(.4)(A/P, 21\%, 15) = \$6,463,313.0$

CI (2): $(6,083,141)(A/P, 21\%, 12) = \$13,078,767.0$

CAO (2): $(25 \times 746 \times 43 \times 12 \times 365) / 1000 \times (1+(A/G, 21\%, 12)) = \$5,146,237.0$

CAH (2): $(13,078,767)(.05)(1+(A/G, 21\%, 12)) = \$958,086.0$

VS (2): $(6,083,141)(.4)(A/P, 21\%, 12) = \$ 5,251,507.0$

CI (3): $(6,106,500)(A/P, 21\%, 15) = \$13,128,975.0$

CAO (3): \$5,146,279.0

CAH (3): $(13,128,975)(.05)(1+(A/G, 21\%, 15)) = \$ 961,773.0$

VS (3): $(6,106,500)(.4)(A/P, 21\%, 15) = \$5,251,507.0$

d) Bombas para aceite:

CI (1): $(4,255,000)(A/P, 21\%, 15) = \$9,148,250.0$

$$\text{CAO (1): } (15 \times 746 \times 45 \times 12 \times 365) / 1000 \times (1 + (A/G, 21.5\%, 15)) = \$ 33,007,768.0$$

$$\text{CAM (1): } (9,141,250)(.05)(1 + (A/G, 21.5\%, 15)) = \$ 670,132.0$$

$$\text{VS (1): } (4,255,000)(.4)(A/P, 21.5\%, 15) = \$ 5,659,300.0$$

$$\text{CI (2): } (5,420,958)(A/P, 21.5\%, 10) = \$ 11,655,100.0$$

$$\text{CAO (2): } (10 \times 746 \times 45 \times 12 \times 365) / 1000 \times (1 + (A/G, 21.5\%, 10)) = \$ 2,050,366.0$$

$$\text{CAM (2): } (11,655,101)(.05)(1 + (A/G, 21.5\%, 10)) = \$ 353,740.0$$

$$\text{VS (2): } (5,420,958)(.4)(A/P, 21.5\%, 10) = \$ 4,662,072.0$$

$$\text{CI (3): } (5,659,225)(A/P, 21.5\%, 12) = \$ 12,167,347.0$$

$$\text{CAO (3): } (30 \times 746 \times 45 \times 12 \times 365) / 1000 \times (1 + (A/G, 21.5\%, 12)) = \$ 35,175,484.0$$

$$\text{CAM (3): } (12,157,347)(.05)(1 + (A/G, 21.5\%, 12)) = \$ 391,321.0$$

$$\text{VS (3): } (5,659,225)(.4)(A/P, 21.5\%, 12) = \$ 4,865,939.0$$

e) Calceras:

$$\text{CI (1): } (12,255,000)(A/P, 21.5\%, 50) = \$ 26,343,250.0$$

$$\text{CAM (1): } (26,343,250)(.06)(1 + (A/G, 21.5\%, 50)) = \$ 2,316,195.0$$

$$\text{CAO (1): } ((1.75 \times 746 \times 45 \times 12 \times 365) / 1000 + 410 \times 12.24 \times 12 \times 365) \times (1 + (A/G, 21.5\%, 50)) = \$ 32,564,365.0$$

$$\text{VS (1): } (12,255,000)(.35)(A/P, 21.5\%, 50) = \$ 9,221,357.0$$

$$\text{CI (2): } (14,000,000)(A/P, 21.5\%, 40) = \$ 31,100,000.0$$

$$\text{CAO (2): } 3245,873 + 410 \times 10 \times 12 \times 365 \times (A/G, 21.5\%, 40) = \$ 26,670,795.0$$

$$\text{CAM (2): } (31,100,000)(.06)(1 + (A/G, 21.5\%, 40)) = \$ 2,733,907.0$$

$$\text{VS (2): } (14,000,000)(.35)(A/P, 21.5\%, 40) = \$ 10,555,000.0$$

$$\text{CI (3): } (14,560,000)(A/P, 21.5\%, 40) = \$ 31,304,000.0$$

$$\text{CAO (3): } ((245,378) + (410 \times 11.5 \times 12 \times 365)) \times (A/G, 21.5\%, 40) = \$ 30,091,170.0$$

$$\text{CAM (3): } (31,304,000)(.06)(A/G, 21.5\%, 40) = \$ 2,751,340.0$$

$$\text{VS (3): } (14,560,000)(.35)(A/P, 21.5\%, 40) = \$ 10,956,400.0$$

f) Transformadores:

$$\text{CI (1): } (31,772,000)(A/P, 21.5\%, 60) = \$ 63,309,800.0$$

$$\text{CAO (1): } (.001)(120)(24)(365)(21.5)(1 + (A/G, 21.5\%, 60)) = \$ 33,113.0$$

$$\text{CAM (1): } (63,309,800)(.05)(1 + (A/G, 21.5\%, 60)) = \$ 5,004,090.0$$

$$\text{VS (1): } (31,772,000)(.5)(A/P, 21.5\%, 60) = \$ 34,154,900.0$$

$$\text{CI (2): } (24,466,000)(A/P, 21.5\%, 50) = \$ 52,601,000.0$$

$$\text{CAO (2): } \$ 33,113.0$$

$$\text{CAM (2): } (52,601,900)(.05)(1 + (A/G, 21.5\%, 50)) = \$ 3,353,395.0$$

$$\text{VS (2): } (24,466,000)(.5)(A/P, 21.5\%, 50) = \$ 26,300,950.0$$

$$CI (3): (17,675,000)(A/P, 21\%, 50) = \$ 38,001,250.0$$

$$CAO (3): \$ 33,113.0$$

$$CAM (3): (38,001,250)(.05)(1+(A/G, 21\%, 50)) = \$ 2,783,813.0$$

$$VS (3): (17,675,000)(.5)(A/P, 21\%, 50) = \$ 19,000,625.0$$

La evaluación del CAUE se realiza mediante la siguiente fórmula:

$$CAUE = CI + CAO + CAM - VS$$

donde las cantidades están dadas en anualidades.

Las siguientes tablas muestran el proceso de análisis:

Motorreductores.

	1	2	3
CI	3,594,030.0	2,966,463.0	3,210,611.0
CAO	308,755.0	308,755.0	308,755.0
CAM	263,531.0	217,295.0	235,765.0
VS	1,727,465.0	1,403,232.0	1,309,306.0
VU	10	10	10
CAUE	2,369,551.0	2,009,281.0	2,153,325.0

Tabla F-1.

Compresores.

	1	2	3
CI	14,401,368.0	19,320,692.0	20,329,502.0
CAO	2,058,366.0	2,058,366.0	2,058,366.0
CAM	1,054,053.0	1,415,356.0	1,511,230.0
VS	5,760,707.0	7,200,909.0	10,314,751.0
VU	10	15	15
CAUE	11,754,500.0	15,523,505.0	13,884,347.0

Tabla F-2.

Bombas para agua.

	1	2	3
CI	16,158,283.0	13,073,767.0	13,128,975.0
CAO	3,234,047.0	5,146,277.0	5,146,277.0
CAM	1,511,230.0	958,088.0	961,773.0
VS	6,463,313.0	5,251,507.0	5,251,590.0
VU	15	12	15
CAUE	19,440,247.0	13,951,535.0	13,935,437.0

Tabla F-3.

Bombas para aceite.

	1	2	3
CI	9,143,250.0	11,655,131.0	12,167,347.0
CAO	3,387,763.0	2,052,366.0	6,175,434.0
CAM	670,162.0	353,749.0	391,321.0
VS	3,659,300.0	4,662,072.0	4,366,939.0
VU	15	10	12
CAUE	9,246,330.0	8,903,224.0	14,367,213.0

Tabla F-4

Calderas.

	1	2	3
CI	26,340,250.0	31,100,000.0	31,304,000.0
CAO	32,564,363.0	26,670,793.0	30,091,170.0
CAM	2,316,135.0	2,735,907.0	2,751,340.0
VS	9,221,837.0	10,555,000.0	10,956,400.0
VU	50	40	40
CAUE	52,006,921.0	49,969,705.0	53,190,610.0

Tabla F-5.

Transformadores.

	1	2	3
CI	63,309,800.0	52,601,900.0	33,001,250.0
CAO	33,113.0	33,113.0	33,113.0
CAM	5,004,090.0	3,353,395.0	2,733,313.0
VS	34,154,900.0	26,300,950.0	19,000,625.0
VU	60	50	50
CAUE	39,192,103.0	30,187,450.0	21,317,551.0

De los Costos Anuales Uniformes Equivalentes obtenidos anteriormente, se puede seleccionar la maquinaria en base al menor costo:

Motorreductores: Alternativa No. 2, Motor Siemens de Aparatos eléctricos López, S.A., de \$ 1,379,736.0

Compresor: Alternativa No. 1, Compresor CBS de CBS Maquinaria, S.A. de \$ 6,693,520.0

Bomba para agua: Alternativa No. (2 o 3), de Crane Deming, S.A.,
de \$6,106,500.0

Bomba para aceite: Alternativa No. 1, de Crane Deming, S.A., con un
costo de \$ 4,255,000.0

Caldera: Alternativa No. 2, de Calderas, compresores y equipos, S.A.
con un costo de \$ 14,000,000.0

Transformador: Alternativa No. 3, de Transformadores de Jardín, S.A.
con un costo de \$ 17,375,000.0

6.2 Materiales requeridos.

La siguiente tabla muestra los requerimientos de materiales para cada parte de la obra y los costos asociados:

Elementos:	Cantidad:	Peso unit.:	Peso:	Costo unit.:	Costo:
Láminas 2.15 x 1.1	216	33 kg/lam.	---	\$23,305.00	\$5,142,880
GRT cal 10, 6" x 2 1/2"	324 m.	7.03 kg/m.	2,353kg	\$ 1,270.00	\$3,242,310
GRT cal 10, 12" x 7"	69.3m.	27.34 kg/m.	2,105kg	\$ 1,380.00	\$2,904,300
APS 3/4" y 1/8"	10 m.	.38 kg/m.	3.8kg	\$ 1,500.00	\$ 13,200
APS 2 1/2" y 5/16"	17.2 m.	7.44 kg/m.	128kg	\$ 1,600.00	\$ 204,500
4RT14, 4" x 2"	15.2 m.	3.24 kg/m.	49kg	\$ 1,390.00	\$ 53,410
GRT 10, 6" x 2 1/2"	39 m.	7.30 kg/m.	307kg	\$ 1,270.00	\$ 389,590
IPR 12" x 6 1/2"	7.3 m.	46.2 kg/m.	337kg	\$ 1,748.00	\$ 589,076
CPS 4"	1.4 m.	8.04 kg/m.	11kg	\$ 1,500.00	\$ 16,500
Varilla corr. 3/4"	13,574 m.	2.33 kg/m.	31,627kg	\$ 1,210.00	\$38,269,178
IPR 10" x 4"	108 m.	31.3 kg/m.	3,380kg	\$ 1,496.00	\$5,055,480
Placa 1"	2,67m ²	199 kg/m ²	532kg	\$ 1,630.00	\$ 877,293
APS 2" y 3/8"	5.6 m.	6.37 kg/m.	33kg	\$ 1,500.00	\$ 53,500
IPR 8" x 5 1/4"	110 m.	25.3 kg/m.	2,783kg	\$ 1,348.00	\$4,308,084
Tubo 4" galv.	35 m.	---	---	\$49,380.00	\$1,745,800
APS 1 1/2" y 1/8"	183.6 m.	2.13 kg/m.	391kg	\$ 1,500.00	\$ 586,500
APS 1 1/4" y 1/4"	171.4 m.	2.55 kg/m.	490kg	\$ 1,500.00	\$ 735,000
APS 4" x 1/2"	113.6 m.	19.05 kg/m.	2,164kg	\$ 1,600.00	\$3,462,400
APS 4" x 7/16"	62.2 m.	16.32 kg/m.	1,046kg	\$ 1,600.00	\$1,673,600
Total:					\$69,328,802
Electrodos:	Cantidad:	Long. unit.:	Costo unit.:	Costo:	
E 6010 1/8"	12 m.	.3 m.	\$ 3,105.00	\$ 124,200	
E 6010 3/32"	.31 m.	.3 m.	\$ 3,105.00	\$ 9,315	
E 6010 5/32"	5.7 m.	.3 m.	\$ 3,105.00	\$ 58,995	

E6010 7/32"	6 m.	.3 m.	\$ 3,105.00	\$62,100.00
Total:				\$254,510.00

Tubo de fierro (cédula 40):

Diámetro:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
1 1/2"	200.9 m.	\$ 54,773.00	\$ 11,003,396.00
1"	141.9 m.	\$ 37,769.00	\$ 5,359,421.00
3/4"	67.2 m.	\$ 23,325.00	\$ 1,903,440.00
2"	267.9 m.	\$ 71,776.00	\$ 19,228,790.00
Total:			\$ 37,495,547.00

Alambres y cables:

Calibres:	Cantidades:		Costo unitario:	Costo:
	Fases:	Neutros:		
TW-12	401.6 m.	401.6 m.	\$ 453.00	\$ 371,882.00
TW-10	435.0 m.	161.0 m.	\$ 825.00	\$ 491,700.00
TW-8	33.9 m.	33.9 m.	\$ 1,423.00	\$ 110,705.00
TW-6	273.6 m.	273.6 m.	\$ 2,415.00	\$ 1,321,438.00
TW-2	530.9 m.	276.9 m.	\$ 5,972.00	\$ 4,943,622.00
TW-1/0	527.9 m.	253.9 m.	\$ 10,006.00	\$ 7,822,691.00
TW-3/0	411.0 m.	137.0 m.	\$ 15,642.00	\$ 6,571,316.00
TW-4/0	75.0 m.	15.0 m.	\$ 19,576.00	\$ 1,761,340.00
Total:				\$ 25,395,743.00

Material eléctrico:

Tubo conduit:

Diámetro:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
1/2"	123.5 m.	\$ 3,552.00	\$ 438,672.00
1"	49.5 m.	\$ 6,848.00	\$ 338,976.00
1 1/4"	23.1 m.	\$ 8,154.00	\$ 237,231.00
1 1/2"	3.6 m.	\$ 10,272.00	\$ 36,979.00
2"	197.7 m.	\$ 14,535.00	\$ 2,873,370.00
2 1/2"	27.0 m.	\$ 30,751.00	\$ 830,277.00
3"	15.0 m.	\$ 39,013.00	\$ 585,270.00
Total:			\$ 5,341,025.00

Condulets ordinarios con tapa y paquetes:

Tipo:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
EL7M, 1/2"	28	\$ 4,316.00	\$ 120,848.00
TE17M, 1/2"	48	\$ 6,556.00	\$ 314,688.00
TE37M, 1"	17	\$ 10,340.00	\$ 175,780.00
TE57M, 1 1/2"	4	\$ 16,392.00	\$ 67,568.00
TE67M, 2"	1	\$ 24,523.00	\$ 24,523.00
T67M, 2 1/2"	3	\$ 25,567.00	\$ 76,701.00
LR67M, 2"	9	\$ 22,473.00	\$ 202,257.00
TE27M, 1 1/2"	3	\$ 7,565.00	\$ 22,695.00
FSCA1 M	1	\$ 13,104.00	\$ 13,104.00
T27M, 1 1/2"	13	\$ 15,940.00	\$ 207,219.00
FSC12	1	\$ 11,714.00	\$ 11,714.00
Total:			\$ 1,237,097.00

Interruptores y elementos de protección:

Elemento:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
Pastillas termomag.:			
30 Amp. 1 fase	4	\$ 18,700.00	\$ 74,800.00
50 Amp. 1 fase	2	\$ 18,700.00	\$ 37,400.00
100 Amp. 1 fase	2	\$ 32,837.00	\$ 65,674.00
30 Amp. 3 fases	2	\$ 142,350.00	\$ 284,700.00
15 Amp. 3 fases	5	\$ 142,350.00	\$ 711,750.00
50 Amp. 3 fases	1	\$ 249,967.00	\$ 249,967.00
1000 Amp. 3 fases con gabinete Q3.	1	\$ 5,045,000.00	\$ 5,045,000.00
Centros de carga:			
Q03	3	\$ 87,010.00	\$ 261,030.00
Q0424	1	\$ 621,035.00	\$ 621,035.00
Total:			\$ 7,351,356.00

Iluminación:

Elemento:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
Lamp. fluorescentes	144	\$ 28,490.00	\$ 4,102,560.00
Reactancias (245 W).	96	\$ 94,126.00	\$ 9,036,058.00
Gabinete industrial- 3.	48	\$ 77,500.00	\$ 3,720,000.00
Arrancadores.	144	\$ 23,560.00	\$ 3,392,640.00
Total:			\$ 20,251,258.00

Maquinaria:

Máquina:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
Motorreductores	3	\$ 1,379,736.00	\$ 4,139,208.00
Compresor	1	\$ 6,698,520.00	\$ 6,698,520.00
Bomba para agua	1	\$ 6,106,500.00	\$ 6,106,500.00
Bomba para aceite	1	\$ 4,255,000.00	\$ 4,255,000.00
Caldera	1	\$ 14,000,000.00	\$ 14,000,000.00
Transformador	1	\$ 17,675,000.00	\$ 17,675,000.00
Total:			\$ 62,874,228.00

Material de plomería:

Tubo:	Cantidad:	Costo unitario:	Costo:
D 1 1/2"	10	\$ 7,453.00	\$ 74,530.00
D 1"	6	\$ 3,143.00	\$ 18,858.00
D 2"	1	\$ 12,485.00	\$ 12,485.00

Codo curva suave 90° (galv):

D 3/4"	32	\$ 1,214.00	\$ 38,848.00
D 1"	4	\$ 1,716.00	\$ 6,864.00
D 1 1/2"	14	\$ 3,250.00	\$ 45,500.00
D 2"	21	\$ 5,706.00	\$ 119,826.00

Válvula de cierre, baja presión:

D 2"	3	\$ 47,800.00	\$ 239,000.00
D 1 1/2"	3	\$ 36,500.00	\$ 109,500.00
D 1"	2	\$ 30,134.00	\$ 60,268.00
D 3/4"	16	\$ 23,791.00	\$ 380,656.00

Valv. retención 30°, baja presión:

D 2"	3	\$ 54,253.00	\$ 162,759.00
D 1 1/2"	2	\$ 48,567.00	\$ 97,134.00
Total:			\$ 1,366,227.00

Obra civil:

Descripción:	unidad:	precio unit.:	Cant.:	Costo:
Limpieza de terreno	m ²	\$ 123.00	399.6	\$ 49,232.00
Trazo y niv. terreno	m ²	\$ 300.00	399.6	\$ 67,976.00
Excav. c/ maq. 2-4 mt.	m ²	\$ 2,869.00	799.2	\$ 2,308,889.00
Afine a mano de fondo	m ²	\$ 335.00	399.6	\$ 133,914.00

Conform y compactación	m ²	\$ 446.00	399.6	\$ 178,375.00
Reileno y compactación.	m ³	\$ 2,250.00	200.00	\$ 450,371.00
Acarreo en cam. carga direc. n ³		\$ 61,594.00	479.8	\$ 229,550,208.00
Mampostería piedra brava	m ³	\$ 34,198.00	199.8	\$ 6,352,673.00
Nivelac. de mampostería	m	\$ 1,101.00	216.0	\$ 237,926.00
Acabado mampostería.	m ²	\$ 1,618.00	202.5	\$ 328,324.00
Suelo de cemento 15:1 y colocación	m ³	\$ 27,498.00	419.4	\$ 11,285,179.00
Concreto de cimentación 200-19 f'c.	m ³	\$ 106,011.60	272.0	\$ 28,852,113.00
Cimbra en cimentación de madera	m ²	\$ 6,184.00	1,166.4	\$ 7,212,943.00
Cimbra en losas de madera	m ²	\$ 7,064.00	409.7	\$ 2,394,049.00
Concreto para losa con f'c de 200-19, nivel 0	m ³	\$ 106,931.00	89.1	\$ 9,527,362.00
Concreto para losa con f'c de 200-19, s/nivel.	m ³	\$ 110,574.00	52.1	\$ 5,760,050.00
Tubo de concreto simple D 15 cm.	m	\$ 2,993.00	122.0	\$ 365,146.00
Registro forjado con anti-lleta de fierro fundido.	pza.	\$ 44,796.00	2	\$ 89,591.00
Trampa de barro 10 cm. (obstr. olores).	pza.	\$ 2,969.00	11	\$ 32,653.00
Soldadura y coloc en obra herrería estructural.	kg.	\$ 447.00	16,326.5	\$ 7,290,486.00
Pintura de esmalte en tuberías y perfiles metálicos	m	\$ 465.00	1,123.0	\$ 522,758.00
Escalones de concr. de f'c 150- 3 cm.	m	\$ 3,723.00	6 mt	\$ 36,627.00
Mano obra zapatas	m	\$ 1,400.00	216.0	\$ 302,400.00
Mano obra lozas	m ²	\$ 980.00	294.0	\$ 286,120.00
Electricistas (8)	días	\$ 10,255.00	5	\$ 410,200.00
Soldadores (4)	días	\$ 16,110.00	5	\$ 322,200.00
Peones (15)	días	\$ 7,190.00	25	\$ 2,696,250.00
Albañiles (5)	días	\$ 8,350.00	25	\$ 1,043,250.00
Plomeros (6)	días	\$ 9,820.00	15	\$ 1,184,400.00
Total:				\$ 21,565,314.00

6.3 Beneficios obtenidos.

De acuerdo a lo planeado, se pretende efectuar un programa anual de mantenimiento al 100%, en lugar del 14.54% (promedio existente), con una eficiencia del 90% (aproximada) y como consecuencia obteniéndose una reducción del 75.46% del mantenimiento correctivo realizado.

Fallas:	Total:	Promedio:	Esperado mínimo:
M. diesel.	2,374	13.644	3.348, 583
Eléctricas.	1,146	6.586	1.616, 231
M. de tracción.	226	1.299	.519, 56
Cambio de conjuntos.	76	.437	.107, 19
Chasis y trucks.	536	3.081	.756, 132
Sist. de aire.	228	1.310	.322, 56

De esta manera, se requieren (.2454) x 12 = 3 plataformas para realizar labores de mantenimiento correctivo y 6 plataformas para mantenimiento preventivo, quedando tres libres para posibles demoras y contingencias (o incrementos momentáneos de demanda de servicio), ya que no es posible ajustar la utilización de las plataformas de una manera muy rigurosa.

La siguiente tabla muestra la situación de locomotoras:

Locomotoras:	Cantidad:
En servicio.	125 (promedio)
En talleres.	48 (promedio)

La relación de trenes e ingresos se muestra en la siguiente tabla:

Tipo de tren: (línea del pacífico)	Cantidad: anual	Locomotoras promedio.	Total locc.	Ingresos: (Miles de millones)
Carga.	2,547	3	7,641	\$ 86,469,635.00
Mixto.	106	2	212	\$ 27,605,557.00
Pasajeros.	1,539	3	4,767	\$ 10,951,081.00

Habiéndose movilizado 967,000 pasajeros en primera y 879,900 pasajeros en segunda clase; además, 8,356,130 toneladas en trenes de carga.

Los gastos en conservación de equipo (mantenimiento) son del orden de \$32,674,199,000.00 (1987), del cual el 58% corresponde a gastos en locomotoras.

Las probabilidades de utilización de las locomotoras son como sigue:

Tren de carga:

Utilización: 3 locomotoras por tren, promedio.

Cantidad: $2,547/365 = 6.9781$ trenes diarios.

Cantidad de locomotoras diarias: 20.934

Locomotoras disponibles: 125 (promedio)

Probabilidad: $20.934/125 \times 100\% = 16.7\%$

Tren mixto:

Utilización: 2 locomotoras por tren, promedio.

Cantidad: $106/365 = .2904$ trenes diarios.

Cantidad de locomotoras diarias: .581

Locomotoras disponibles: 125

Probabilidad: $.581/125 \times 100\% = .4647\%$

Tren de pasajeros:

Utilización: 3 locomotoras por tren, promedio.

Cantidad: $1,539/365 = 4.3534$ trenes diarios.

Cantidad de locs. diarias: 13.0602

Probabilidad: 10.4482%

De acuerdo a lo anterior y utilizando la esperanza matemática se tiene el ingreso esperado por locomotora:

$$\begin{aligned} E(x) &= (86,469,635,000 \times .1675)/(365 \times 6.9781 \times 3) + (27,605,557,000 \times \\ &\quad .004647)/(365 \times .2904 \times 2) + (10,951,081,000 \times .1045)/(365 \times 3 \times 4.35) \\ &= 1,395,514.56 + 605,131.44 + 240,065.96 \\ &= \$ 2,740,712.00 \text{ diarios por locomotora.} \end{aligned}$$

El gasto en mantenimiento por locomotora es de: $32,674,199,000/(365 \times 48) = 1,864,966.00$ diarios.

De acuerdo a lo estimado se puede reducir las fallas en un 75.46%, lo que reduciría aproximadamente en un $(75.46 \times .6) = 45.28\%$ los gastos de mantenimiento (mínimo), es decir: 844,382 diarios por locomotora, o \$ 14,795,776,000.00, al año.

Disminuyendo el ingreso promedio, al tener (teóricamente) disponibles: $125 + 48 (.7546) = 161.66 = 155$ (seis locs. en mto. preventivo);

$$\begin{aligned} \text{y } E(x) &= (86,469,635,000 \times 20.934/155)/(365 \times 6.9781 \times 3) + (27,605,557, \\ &\quad 000 \times .581/155)/(365 \times 2 \times .2904) + (10,951,081,000 \times 13.0602/ \\ &\quad 155)/(365 \times 3 \times 4.3534) \end{aligned}$$

= 1,528,335.26+ 488,114.24+193,567.49

= \$ 2,210,067.00

Teniendo un ingreso potencial de:

I= (2,210,067)x(155)x365)= \$ 125,034,500,000.00 anuales.

El beneficio viene representado por la disminución en gastos de mantenimiento correctivo, de:

Benef.: 32,674,199,000.00- 14,793,776,000.00= \$ 17,880,420,000.00

El costo por locomotora parada disminuiría de:

Situación anterior:

Costo: (total)= 43 x(2,740,712 + 1,864,966)= \$ 221,072,544.00 diario.

Situación actual:

Costo: (Total): 19 x(2,210,067+ 1,864,966)= \$ 77,425,627.00 diario.

6.4 Costos de operación.

El personal requerido para el funcionamiento eficiente del sistema propuesto es como sigue:

Mantenimiento preventivo: (diario)

Operarios:	Cantidad por plataforma.	No. de plataformas.	turnos	total.
Mecánicos	6	2	3	36
Adicionales	3	2	3	18
Ayudantes	2	2	3	12

Total: 54 operarios y 12 ayudantes.

Días de labor: 365.

Supervisores (2 por turno): 6

Horas hombre requeridas al año:

Operarios:	Horas al día:	No. días.	Total.
Mecánicos (36)	8	365	105,120 hrs.
Adicionales (18)	8	365	52,560 hrs.
Ayudantes (12)	8	365	35,040 hrs.
Superv. (6)	8	365	17,520 hrs.

Costos:

Operarios:	Horas al año:	Costo/ hr.:	Costo:
Mecánicos.	105,120	\$ 10,785.00	\$ 1,135,719,200.00
Adicionales	52,560	\$ 9,490.00	\$ 498,836,440.00
Ayudantes.	35,040	\$ 7,100.00	\$ 251,957,600.00
Superv.	17,520	\$ 15,310.00	\$ 277,151,360.00
Total.			\$ 2,162,624,600.00

Costo estimado de refacciones:

Elemento:	Cantidad:	Costo unit.:	Costo:
Cojinetes.	5,578	\$ 216,000.00	\$ 1,204,848,000.00
Bielas.	25	\$1,760,000.00	\$ 44,000,000.00
Pistones.	23	\$1,336,000.00	\$ 30,728,000.00
Válvulas.adi.	208	\$ 182,000.00	\$ 37,856,000.00
Epaques.	91,740	\$ 23,500.00	\$ 2,155,390,000.00
Corona.	25	\$ 265,000.00	\$ 6,625,000.00
Cruceatas.	21	\$ 127,000.00	\$ 2,667,000.00
Baleros.	1,126	\$ 115,000.00	\$ 129,490,000.00
Filtros.	5,430	\$ 75,000.00	\$ 407,250,000.00
Inyectores.	5,573	\$ 365,000.00	\$ 2,044,245,000.00
Cabina integral	115	\$16,400,000.00	\$ 1,886,000,000.00
Filtros aceite	156	\$ 46,000.00	\$ 7,176,000.00
Bombas	26	\$1,426,000.00	\$ 37,076,000.00
Soportes.	152	\$ 87,000.00	\$ 13,224,000.00
Chunaceras.	73	\$ 165,000.00	\$ 11,999,000.00
Conjuntos.	96	\$20,700,000.00	\$ 1,987,200,000.00
Filtro aire.	173	\$ 65,000.00	\$ 11,245,000.00
Valvulas.	534	\$ 95,000.00	\$ 50,730,000.00
Tarjetas.	47	\$1,450,000.00	\$ 68,150,000.00
Carb. y accesorios	195	\$ 12,000.00	\$ 2,340,000.00
Regulador.	13	\$1,725,000.00	\$ 22,425,000.00
Total:			\$ 10,506,315,000.00

Este valor es aproximado a las posibles demandas y a los costos de los materiales, pudiendose suponer un 30% por extras, dando un total de \$ 13,658,209,500.00.

El costo de mantenimiento correctivo de \$ 18,951,035,000.00 reducido en un 75.46% da un total de \$ 4,650,584,092.00; dando un total de gastos en mantenimiento anuales de:

Preventivo:

Mano de obra y personal: \$ 2,161,624,608.00

Materiales y equipos: \$ 10,506,315,000.00

Correctivo:

Total esperado: \$ 4,650,584,092.00

Total de gastos en mantenimiento: \$ 17,518,523,700.00

Esto da una diferencia en costos de \$ 1,602,511,500.00 con respecto a la situación anterior.

6.5 Rentabilidad del proyecto.

Los costos totales del proyecto son como sigue:

Estructura de acero y materiales:	\$ 69,328,802.00
Electrodos:	\$ 254,610.00
Tubo de fierro:	\$ 37,495,547.00
Alambres y cables:	\$ 25,325,748.00
Tubo conduit:	\$ 5,341,025.00
Conduitos:	\$ 1,237,097.00
Interruptores y elec. de protecc.:	\$ 7,351,556.00
Iluminación:	\$ 20,251,258.00
Maquinaria:	\$ 62,874,228.00
Material de plomería:	\$ 1,366,227.00
Obra civil:	\$ 91,565,314.00
Total:	\$ 322,461,212.00
Impuesto: (15%)	\$ 48,369,182.00
Total:	\$ 370,830,394.00
Gastos imprevistos (5%)	\$ 18,541,520.00
Total:	\$ 389,371,914.00
Honorarios (10% sobre \$370,830,394)	\$ 37,083,039.00
Total:	\$ 426,454,953.00

Restando esta cantidad del ahorro obtenido el primer año, se obtiene: \$ 1,206,056,347.00, por lo que se puede observar que la inversión se puede recuperar el primer año, con una rentabilidad de:

$$r = (1,206,056,347) / (426,454,953) = 2.821$$

Que técnicamente representa un 282.31% sobre la inversión inicial, aventajando a la tasa de interés bancario del año anterior en inversiones de 146%.

CONCLUSIONES

La realización del presente proyecto significaría, como se ha visto anteriormente, un ahorro considerable en los gastos de mantenimiento que se tienen por las siguientes razones:

- 1.- Disminución de pérdidas potenciales por equipo parado.
- 2.- Disminución de gastos en mantenimiento correctivo.
- 3.- Disminución del número de fallas por la aplicación de programas de mantenimiento preventivo.

La reducción de mantenimiento correctivo se lograría en un 75.46%, aplicando programas de mantenimiento preventivo del 100% con una eficiencia aproximada (estimada) del 90%.

Los resultados antes y después del proyecto son como sigue:

Antes:

Gasto anual en mantenimiento:	\$ 11,981,335,000.00
Pérdidas por equipo parado:	\$ 24,008,337,120.00
Total:	\$ 42,959,672,120.00

Después:

Gasto anual en mantenimiento:	\$ 17,313,523,700.00
Costo del proyecto:	\$ 426,454,953.00
Pérdidas por equipo parado:	\$ 1,811,691,757.00
Total:	\$ 19,556,669,710.00

Obteniéndose un ahorro efectivo el primer año de \$ 1,206,056,347.00 y una diferencia en pérdidas potenciales de \$ 22,196,946,000.00.

La rentabilidad efectiva de la inversión obtenida es de 282.81% contra la tasa de interés bancaria de 146% e inflacionaria de 224%.

La aplicación de el proyecto proporcionaría un funcionamiento en mejores condiciones del equipo, alargando la vida útil del mismo, lo que representa un ingreso potencial, debido a la necesidad de adquirir equipo que sustituya al equipo inútil y considerando el costo de cada locomotora de \$ 3,675,000,000.00

También, como se ha demostrado, se reducirían enormemente las pérdidas económicas ocasionadas por el trabajo innecesario que representa el mantenimiento correctivo.

Los ahorros obtenidos con el transcurso de los años deben incrementarse significativamente al haberse pagado el proyecto. Además, si con el transcurso de estos años se aumenta la eficiencia de dichos programas de mantenimiento, los ahorros obtenidos con respecto al estado anterior del taller deben incrementarse todavía más.

Para finalizar, debe aclararse que para lograr una implantación eficiente de este proyecto, se requiere de la participación de todo el personal, incluyendo a la dirección del taller, capacitando al personal requerido, motivándole y asignándole a cada área según especialidad. La organización de los inventarios y su riguroso control son la parte más importante de la cual depende el éxito del presente proyecto.

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- "The Car and Locomotive Cyclopedia"; Ed. Simmons-Boardman publishing Co.; 4a. edición; Omaha, Nebraska, U.S.A., 1980.
- 2.- "Manual del Ingeniero Mecánico", Volúmenes 1, 2 y 3; T. Baumeister, E. Avallone y T. Baumeister III; Ed. Mc Graw Hill; 2a. edición; México; 1986.
- 3.- "Railroad Tract Mechanics & Technology"; Arnold O. Kerr; Ed. Pergamon Press, Princeton University; 1a. edición; New Jersey, U.S.A.; 1980.
- 4.- "Diseño de estructuras de acero"; B. Breckler, F. Y. Lin y J. B. Scalzi; Ed. Limusa-Wiley, S.A.; 1a. edición; México; 1970.
- 5.- "Manual de Bombas"; Igor J. Karassin, William C. Krutzsch, Warren M. Fraser, y Joseph P. Messina; Ed. Mc Graw Hill; México; 1983.
- 6.- "Mecánica de los Fluidos y Máquinas Hidráulicas"; Claudio Matas; Ed. Harla; segunda edición; México; 1984.
- 7.- "Ingeniería termodinámica"; W. David Burghardt; Ed. Harla; segunda edición; México; 1982.
- 8.- "Ingeniería económica"; Anthony Tardio; Ed. Mc Graw Hill; Segunda edición; México; 1982.
- 9.- "Administración de Mantenimiento Industrial"; E. T. Newerough; Ed. Diana; séptima edición; México; 1986.
- 10.- "Manual de mantenimiento industrial", Volumen 11; L. Morrow; Ed. CECOSA; México.
- 11.- Tesis: "Proyecto de Talleres de Reparación de Coches y Carros de los FF. CC. N. de M. en Guadalajara"; Gilberto Gutiérrez Aguirre; Ingeniería Civil; U.A.G.; Guadalajara, Jal.; 1959.
- 12.- "Concreto, diseño plástico, teoría elástica"; Ing. Marco A. Torres H.; Ed. Patria, S.A.; Sexta edición; México; 1982.
- 13.- "Manual del Alumbrado"; Westinghouse; Ed. Dossat; Tercera edición; México; 1983.
- 14.- "Manual de instalaciones eléctricas residenciales e industriales"; Enríquez Harper; Editorial Limusa; Segunda edición; México.
- 15.- "Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1987"; I.N.E.G.I.; S.P.P.; México; 1987.