


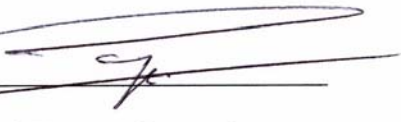
Caracas, Noviembre de 2004

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de la Escuela de Ingeniería Mecánica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por los Bachilleres: Lemoine S. Frederic M. y Mastrolonardo C. J. Giuseppe A., titulado:

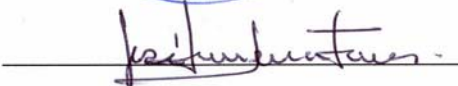
“ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y DESARROLLO DE PLANES DE MANTENIMIENTO PARA UN TELEFÉRICO”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Mecánico.


Prof. Alfonso Quiroga.
Jurado


Prof. Fausto Carpentiero.
Jurado




Prof. José Luis Perera.
Tutor Académico

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y DESARROLLO DE PLANES
DE MANTENIMIENTO PARA UN TELEFÉRICO**

Presentado ante la ilustre

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Por los Brs.: **Lemoine S. Frederic M., Mastrolonardo C. J. Giuseppe A.**

Para Optar al Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Caracas, 2.004

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y DESARROLLO DE PLANES
DE MANTENIMIENTO PARA UN TELEFÉRICO**

TUTOR ACADÉMICO: Prof. José Luís Perera

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. Aristarco León

Presentado ante la ilustre

UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA

Por los Brs.: **Lemoine S. Frederic M., Mastrolonardo C. J. Giuseppe A.**

Para Optar al Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Caracas, 2.004



Lemoine S. Frederic M. y Mastrodonardo C. J. Giuseppe A.

**ACTUALIZACIÓN DE PROCEDIMIENTOS Y DESARROLLO DE PLANES
DE MANTENIMIENTO PARA UN TELEFÉRICO**

Tutor Académico: Prof. José Luís Perera. **Tutor Industrial:** Ing. Aristarco León.

**Tesis. Caracas 2.004, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería
Mecánica. 263 páginas.**

Palabras Claves: Mantenimiento, MCC, AMEF.

RESUMEN

El presente trabajo especial de grado se elaboró con el fin de proporcionar a la empresa Inversora Turística Caracas S.A. operadora del sistema teleférico de Caracas-Hotel Humboldt, planes de mantenimiento desarrollados bajo la aplicación de la metodología del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC). El proyecto tuvo los siguientes alcances: Primero se hizo un estudio de la gestión de mantenimiento de la empresa utilizando la NORMA COVENIN 2500-93, se realizó la codificación de los equipos para conocer la ubicación de cada uno de ellos. Para el desarrollo del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC) se hizo un estudio de la criticidad de los equipos con su respectivo análisis de modos y efectos de fallas, para seleccionar las tareas de mantenimiento. Como último objetivo se dejó planteado paso a paso la metodología para el cálculo de la confiabilidad. Con la implementación de la nueva gestión se mejorará la confiabilidad de los equipos reduciendo paradas forzadas y a su vez, costos de mantenimiento logrando una mejor organización de las rutinas y actividades de mantenimiento a realizar.



AGRADECIMIENTOS

A dios padre todo poderoso, por siempre encaminar mis pasos y alumbrar mi camino.

A mi madre por darme su infinito amor, por estar a mi lado, siempre pendiente de mi presente y mi futuro, por su incondicional afecto, estoy y siempre estaré agradecido.

A mi padre, quien con su gran sabiduría, nobleza y concepto de la vida a sabido aconsejarme en todo momento, su visión es una fuente de inspiración para mí, agradezco contar con el.

A mi abuela por siempre estar pendiente de mí, por los consejos sabios que me da, por prepararme deliciosas comidas siempre que estoy allá.

A mi novia por apoyarme en todo momento, por estar a mi lado de manera incondicional y por encima de todo por aguantarme.

A mi amigo y compañero de tesis, por su apoyo en la realización de este trabajo y por brindarme su amistad.

A mi amigo de toda la vida Pedro, por el apoyo que me ha brindado, por hacerme sentir parte de su familia.

A todos mis amigos de la universidad, por esos momentos que han compartido conmigo.



AGRADECIMIENTOS.



A nuestro tutor académico José Luís Perera, por haber asumido con nosotros el reto de realizar este trabajo especial de grado.

Al profesor Quiroga por habernos aconsejado en todo momento que necesitamos su ayuda.

Al personal del departamento de mantenimiento del teleférico de Caracas por habernos ayudado a realizar este trabajo.

A la Universidad Central de Venezuela, fuente infinita de conocimiento, y a la Escuela de ingeniería mecánica, por haberme formado como profesional.

Frederic Lemoine



AGRADECIMIENTOS

A DIOS.

A mi Familia: padres, hermanas, hermanos, sobrinito “nene”, abuelos y abuelas.

A mis “verdaderos” Amigos.

A mi compañero de tesis y “verdadero” amigo.

Al Profesor José Luís Perera por haber aceptado ser nuestro tutor y habernos ayudado en el desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

Al Profesor Quiroga por habernos ayudado en el desarrollo del Trabajo Especial de Grado.

A todo el personal del sistema teleférico de Caracas.

A la Universidad Central de Venezuela en particular a la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Giuseppe Mastrolonardo



ÍNDICE

RESUMEN.....	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
ABREVIATURAS.....	xvii
INTRODUCCIÓN	xviii
 CAPÍTULO I	
1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1 Objetivo General	2
1.1.2 Objetivos Específicos.....	2
1.2 Alcances	2
1.3 Limitaciones.....	3
 CAPÍTULO II	
2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.1 Nombre.....	4
2.2 Ubicación	4
2.3 Reseña histórica de la empresa	4
2.4 Visión	9
2.5 Mision	10
2.6 Compromiso de la empresa.....	10
2.7 Estructura organizativa de la empresa.....	10
2.8 Descripción de los cargos.....	11
2.8.1 Gerente.....	11



2.8.2	Coordinadores	12
2.8.3	Supervisores	12
2.8.4	Operadores	13
2.8.5	Tornero	13
2.8.6	Mecánicos	13
2.8.7	Ayudantes de Mecánico	14
2.8.8	Técnico del Taller	14
2.8.9	Ayudante de Taller	14
2.8.9.1	Operarios de mantenimiento	15

CAPÍTULO III

3	MARCO TEÓRICO	16
3.1	Mantenimiento	16
3.1.1	Objetivos del Mantenimiento	16
3.1.2	División del mantenimiento:	17
3.1.2.1	Verificación y evaluación del estado efectivo	17
3.1.2.2	Preservación del estado nominal	17
3.1.2.3	Reestablecimiento del estado nominal	17
3.2	Tipos de mantenimiento	18
3.2.1	Mantenimiento predictivo o Basado en la Condición	18
3.2.2	Mantenimiento preventivo o Basado en el Tiempo	18
3.2.2.1	Tipos de mantenimiento preventivo	19
3.2.2.1.1	Mantenimiento preventivo sistemático o periódico	19
3.2.2.1.2	Mantenimiento preventivo por estado	19
3.2.2.1.3	Mantenimiento preventivo por tiempo	19
3.2.3	Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas	20
3.2.4	Mantenimiento Correctivo o A la Rotura	20
3.2.4.1	Tipos de mantenimiento Correctivo	20
3.2.4.1.1	Mantenimiento curativo (de reparación)	20



3.2.4.1.2	Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo)	21
3.2.5	Mantenimiento Mejorativo o Rediseños	21
3.2.6	Mantenimiento para Usuario	21
3.3	Indicadores de gestión de mantenimiento	21
3.3.1	Confiabilidad (C)	21
3.3.1.1	Análisis de la Confiabilidad	22
3.3.2	Mantenibilidad	22
3.3.3	Soportabilidad	23
3.3.4	Disponibilidad	23
3.3.4.1	Tipos de Disponibilidad	24
3.3.4.1.1	Disponibilidad genérica (D)	24
3.3.4.1.2	Disponibilidad inherente o intrínseca (Di)	24
3.3.4.1.3	Disponibilidad alcanzada (Da)	24
3.3.4.1.4	Disponibilidad operacional (Do)	24
3.4	Definiciones	25
3.4.1	Definiciones generales	25
3.4.2	Período de vida de un equipo	26
3.4.3	Curva de la bañera	26
3.4.4	Período de arranque (Tasa decrece)	27
3.4.5	Período de vida útil (Tasa constante)	27
3.4.6	Período de envejecimiento rápido (Tasa aumenta)	28
3.4.7	Clasificación de las Fallas	28
3.4.7.1	Fallas Tempranas	28
3.4.7.2	Fallas adultas	28
3.4.7.3	Fallas tardías	28
3.5	Mantenimiento Productivo Total (MPT)	29
3.5.1	Historia del Mantenimiento Productivo Total (MPT)	29
3.5.2	Metas del Mantenimiento Productivo Total (MPT)	29
3.5.3	Objetivos del Mantenimiento Productivo Total	29



3.5.4	Inconvenientes del Mantenimiento Productivo Total	30
3.5.5	Definiciones generales acerca del MPT	30
3.5.5.1	Sistema de Producción Justo a Tiempo (Just in Time – JIT).....	30
3.5.5.2	Gerencia de Calidad Total.....	31
3.5.5.3	Mantenimiento Autónomo (MA)	32
3.5.5.3.1	Objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo:	32
3.6	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)	32
3.6.1	Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	34
3.6.2	Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	34
3.6.3	Análisis de criticidad.....	35
3.6.4	Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF).....	36
3.6.4.1	Requerimientos del AMEF	36
3.6.4.2	Beneficios del AMEF	37
3.6.4.3	Apoyo del AMEF en el refuerzo del proceso de diseño	37

CAPÍTULO IV

4	DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE	38
4.1	Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable	39
4.1.1	Teleféricos de vaivén	40
4.1.2	Teleféricos de vaivén, no acompañados.....	41
4.1.3	Telesillas de pinza fija.....	41
4.1.4	Instalaciones con vehículos de pinza desembagable	41
4.1.5	Pulsadores de parada	42
4.1.6	Parada automática	43
4.1.7	Tomas de tierra.....	43
4.1.8	Disparo automático de dispositivos de seguridad	43
4.1.9	Sobretensiones	44
4.1.10	Control del viento.....	44
4.1.11	Aparatos de control	44



4.1.12	Comunicaciones	46
4.1.13	En teleféricos bicables	46
4.1.14	Excepciones	47

CAPITULO V

5	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TELEFÉRICO DE CARACAS	48
5.1	Motor de corriente continua	49
5.2	Reductor	50
5.3	Bombas del reductor	51
5.4	Polea motriz	51
5.5	Cable tractor	53
5.6	Torres y poleas	53
5.7	Polea de retorno.....	54
5.8	Equipo tensor	55
5.9	Frenos.....	55
5.9.1	Frenos de servicio	55
5.9.2	Frenos de emergencia.....	56
5.10	Motor de emergencia.....	57
5.11	Motor de auxiliar.....	58
5.12	Cabinas.....	58
5.13	Mordaza.....	60
5.14	Estación Ávila y Maripérez.....	62
5.15	Sistemas de seguridad del teleférico de Caracas.....	63
5.15.1	Sensores de las torres (RPD).....	63
5.15.2	Contador carrera de cable.....	64
5.15.3	Sensores de proximidad (Sistema anticolidión)	65
5.15.4	Equipo de control de fuerza de apriete (Grip Force).....	66
5.15.5	Sistema de verificación de mordaza cerrada.....	67
5.15.6	Sistemas de verificación de alineación de la guaya (Rope location)	67



5.15.7 Control y seguro de embrague +/- 10%	68
5.15.8 Interruptores de parada de emergencia	69
5.15.9 Tenedores	69

CAPÍTULO VI

6 DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO	70
6.1 Evaluación cualitativa	70
6.1.1 Fortalezas	71
6.1.2 Debilidades	72
6.2 Evaluación cuantitativa	72

CAPÍTULO VII

7 APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO MCC.....	78
7.1 Codificación del sistema	80
7.2 Preanálisis del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.....	82
7.2.1 Grupos de trabajo	82
7.2.2 Recolección de información.....	83
7.3 Definición de los sistemas y subsistemas.....	83
7.4 Análisis de la criticidad.....	86
7.5 Análisis de modos y efectos de fallas	90
7.6 Selección de las tareas de mantenimiento.....	96
7.6.1 Selección de las tareas MCC críticas	97
7.6.2 Agrupación de las tareas	98
7.7 Control de mantenimiento preventivo.....	99
7.7.1 Ejecucion de funciones	99
7.8 Mantenimiento correctivo	105

CAPÍTULO VIII

8 DESARROLLO DE MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD	106
--	------------



8.1 Metodología a utilizar	107
8.1 Metodología para el cálculo de la confiabilidad por componentes.....	107
8.2 Tipos de sistemas	110
8.2.1 Sistemas en serie	111
8.2.2 Sistemas en paralelo redundante	111
8.3 Sistemas en paralelo en stanby.....	111
CONCLUSIONES.....	112
RECOMENDACIONES.....	114
BIBLIOGRAFÍA.....	115



ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

Figura 2.1 Organigrama de la empresa.	10
Figura 2.2 Organigrama departamento de operaciones y mantenimiento.	11

CAPÍTULO III

Figura 3.1 Curva típica de evolución de la tasa de fallos	27
--	----

CAPITULO V

Figura 5.1 Esquema de ubicación y distribución de los equipos.	58
Figura 5.2 Motor de corriente continua.	49
Figura 5.3 Reductor.....	50
Figura 5.4 Bombas del reductor.....	51
Figura 5.5.1 Polea motriz.....	52
Figura 5.5.2 Polea motriz.....	52
Figura 5.6 Cable tractor.	53
Figura 5.7 Torres y poleas.....	54
Figura 5.8 Polea de retorno.....	54
Figura 5.9 Equipo tensor.....	55
Figura 5.10.1 Frenos de servicio.....	56
Figura 5.10.2 Frenos de emergencia.....	57
Figura 5.11 Motor de emergencia.....	57
Figura 5.12 Motor auxiliar.....	58
Figura 5.13.1 Cabina.....	59
Figura 5.13.2 Elementos principales de la cabina.....	60
Figura 5.14.1 Mordaza. Vista lateral.....	61
Figura 5.14.2 Mordaza. Vista superior	62
Figura 5.15 Estación Ávila y Maripérez	63



Figura 5.16.1 Sensores de las torres (RPD)	64
Figura 5.16.2 Contador carrera de cable.	64
Figura 5.16.3.1 Sensor de proximidad.	65
Figura 5.16.3.2 Vista en el panel de control de los Sensores de proximidad.	65
Figura 5.16.4.1 Equipo de control de fuerza de apriete (Grip Force)	66
Figura 5.16.4.2 Vista en el panel de control del valor de la fuerza de apriete.	66
Figura 5.16.5 Sistema de verificación de mordaza cerrada	67
Figura 5.16.6 Sistemas de verificación de alineación de la guaya (Rope location).....	68
Figura 5.16.7 Control y seguro de embrague +/- 10%.....	68
Figura 5.16.8 Interruptores de parada de emergencia.....	69
Figura 5.16.9 Tenedores.....	69
 CAPÍTULO VII	
Figura 7.1 Diagrama de bloques. Metodología MCC.....	72
Figura 7.2 Codificación del sistema.....	80
Figura 7.3 Organigrama del teleférico.	80
Figura 7.4 Diagrama de sistemas y subsistemas.	84
Figura 7.5 Tabla lógica de desiciones para la selección de tareas.	96
Figura 7.6 Diagrama de ejecución de funciones.	100
 CAPÍTULO VIII	
Figura 8.1 Software de mantenimiento.	106
Figura 8.2 Diagrama de flujo del sistema.	107



ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO VI

Tabla 6.1 Evaluación del sistema de mantenimiento.	76
--	----

CAPÍTULO VII

Tabla 7.1.1 Codificación del sistema. Estación	81
Tabla 7.1.2 Codificación del sistema. Posición técnica	81
Tabla 7.1.3 Codificación del sistema. Equipo.....	81
Tabla 7.1.4 Codificación del sistema. Código	82
Tabla 7.2 Formato de planilla de sistema.....	85
Tabla 7.3 Formato de planilla de subsistema.	86
Tabla 7.4 Tabla de análisis de criticidad de los equipos.	89
Tabla 7.5 Tabla de efectos de falla.....	91
Tabla 7.6 Tabla de probabilidades de falla.	92
Tabla 7.7 Tabla de factores de riesgo.....	92
Tabla 7.8 Fallas más comunes en el sistema matriz principal	93
Tabla 7.9 AMEF.....	94
Tabla 7.10 Resultados del AMEF.	95
Tabla 7.11 Selección de las tareas MCC críticas.	97
Tabla 7.12 Lista de chequeo de los equipos.....	98
Tabla 7.13 Programa de mantenimiento rutinario.....	99
Tabla 7.14.1 Procedimiento de mantenimiento.....	101
Tabla 7.15 Historia del mantenimiento preventivo.....	103
Tabla 7.16 Registro del mantenimiento preventivo.	104
Tabla 7.17 Defectos y correcciones.	105



ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I

A1.1	Codificación de los equipos	117
A1.1.1	Estación Ávila	117
A1.1.2	Línea del Sistema	119
A1.1.3	Estación Maripérez.....	119
A1.2	Datos técnicos de sistemas y subsistemas	120
A1.2.1	Nombre del sistema: Sistema motriz principal	120
A1.2.2	Nombre del sistema: Sistema de emergencia.....	121
A1.2.3	Nombre del sistema: Sistema de transmisión de potencia	125
A1.3	Fichas de sistemas y subsistemas	128
A1.3.1	Fichas de sistemas	128
A1.3.2	Fichas de subsistemas	131

ANEXO II

A2.1	Análisis de criticidad por equipos	137
A2.2	Causas de fallas más comunes en los subsistemas.....	138
A2.3	Análisis de criticidad de sistemas.....	144
A2.4	Resultados del AMEF de servicios	157

ANEXO III

A3.1	Planillas de selección de tareas	158
A3.1.1	Selección de las tareas MCC críticas	158
A3.1.2	Selección de las tareas MCC medias.....	160
A3.1.3	Selección de las tareas MCC Run To Failure (Operar hasta que ocurra la falla) RTF	167

ANEXO IV

A4.1	Lista de chequeos de los equipos	173
-------------	--	-----



A4.2	Programas de mantenimiento rutinario	200
-------------	--	-----

ANEXO V

A5.1	Defectos y correcciones de los equipos.....	219
-------------	---	-----



ABREVIATURAS

- ITC** = Inversora Turística Caracas.
- MPT** = Mantenimiento Productivo Total.
- JIT** = Just In Time (Justo A Tiempo).
- MCC** = Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.
- AMEF** = Análisis de Modo y Efecto de Fallas.
- RTF** = Run To Failure (Operar Hasta Fallar).
- JIPM** = Japan Institute of Plant Maintenance.
- TMEF** = Tiempo Medio estimado Entre Fallas.
- TMPR** = Tiempo Medio Para Reparar.
- TMFS** = Tiempo Medio Fuera de Servicio.
- TMP** = Tiempo Medio para Mantener (Preventivo + Correctivo)
- TMEM** = Tiempo Medio Entre Mantenimientos.
- MA** = Mantenimiento Autónomo.



INTRODUCCIÓN

Luego de varios años de paralización, gracias a un convenio de privatización que se llevó a cabo en marzo de 1998, se moderniza e instala en el Parque uno de los teleféricos más modernos del mundo.

La Inversora Turística Caracas S.A., operadora del sistema teleférico de Caracas-Hotel Humboldt, abrió hace cuatro años sus servicios, convirtiéndose en una alternativa grata para mirar Caracas desde otro ángulo y gozar de ese pulmón vegetal que es el Ávila. Existen varias alternativas para alcanzar la cumbre del Ávila, pero ninguna como el teleférico. La maquinaria instalada fue cuidadosamente seleccionada con tecnología de punta, de Austria, uno de los países con la tecnología más avanzada en teleféricos.

La Inversora Turística Caracas tiene como plan a corto plazo reactivar el teleférico hasta La Guaira, y mantener el sistema operando las veinticuatro horas del día, por lo cual, se ven en la necesidad de actualizar los procesos de mantenimiento de los equipos del sistema y desarrollar planes para los nuevos sistemas instalados, esto contribuiría a optimizar el proceso y facilitar el mantenimiento del sistema teleférico.

El concepto moderno del mantenimiento es asegurar la máxima disponibilidad de la función de las máquinas, equipos y servicios, necesaria para producir bienes o servicios requeridos con calidad y oportunidad, para ello, haremos uso de la filosofía de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC), conjuntamente con el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF), herramientas que nos permitirán definir las estrategias de mantenimiento de los activos físicos en su contexto de operación para el sistema teleférico de Caracas.



Para la incorporación del plan de mantenimiento se comenzará por presentar el planteamiento del problema, los objetivos que se planean alcanzar (Capítulo I). Luego se conocerá la empresa, estructura organizativa, ubicación y características generales (Capítulo II). A continuación se presentará la teoría necesaria (Marco teórico), para entender las técnicas y filosofía utilizada en este trabajo (Capítulo III). Seguidamente se hará una breve descripción de los sistemas de transporte por cable con sus respectivos sistemas de seguridad necesarios para operar según la legislación de transporte por cable de España, (Capítulo IV). Sigue la explicación del sistema teleférico de Caracas, (Capítulo V), donde se identificará cada uno de sus componentes principales y sistemas de seguridad con los que cuenta y su funcionamiento. Para conocer las fortalezas y debilidades de la gestión de mantenimiento de la empresa se realizara un análisis cualitativo y cuantitativo, se hará uso de la norma Covenin 2500-93, (Capítulo VI). Seguidamente pasaremos a la aplicación del plan de mantenimiento a la empresa, (Capítulo VII), donde se definirán los sistemas, y con el uso de la herramienta de análisis de la criticidad se ubicaran los equipos más problemáticos para enfocarles las tareas y rutinas de mantenimiento. Para un futuro calculo de la confiabilidad, se dejara planteado los métodos de calculo, y se diseñará un software de registro de mantenimiento y fallas de los equipos, (Capítulo VIII). Para concluir se presentaran las recomendaciones y conclusiones del trabajo.



CAPÍTULO I

1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El sistema teleférico de Caracas fue instalado con maquinaria nueva, solo se tienen los manuales del fabricante y no están especificados muchos de los mantenimientos de los equipos, los cuales, con el paso del tiempo los técnicos han ido realizando y aprendiendo por experiencia propia y de manera empírica.

Dicha maquinaria fue traída desde Austria, país en el cual el tiempo de operación de un sistema teleférico es de cuatro a seis meses al año y las horas de operación según los manuales de los fabricantes son de 8 horas/día, mientras que el sistema teleférico de Caracas trabaja durante todo el año de 7:00 a.m. a 1:00 a.m., dando un tiempo de operación aproximado de 18 horas/día, por esta razón el desgaste de los equipos en general es mayor y su mantenimiento no concuerda con los especificados por el fabricante, además ya está en construcción el casino en Ávila, y con esta apertura se estima que el teleférico operará las 24 horas del día. También hay que tomar en cuenta la temperatura ambiente, ya que Caracas tiene un clima tropical y el mantenimiento especificado en los manuales son para países con temperatura ambiente baja como Austria.

Dado que esta maquinaria es fabricada en Austria, los repuestos tienen que ser traídos de allá, por lo cual se necesita un buen plan de mantenimiento preventivo tomando en cuenta el tiempo de importación de una pieza que puede tardar hasta 3 semanas en llegar debido a su tamaño y al traslado del mismo. Una parada del teleférico por falta de una pieza ocasionaría grandes pérdidas económicas a la Inversora Turística Caracas.



Debido a que la empresa desea obtener una actualización y optimización de los procedimientos, reducción de costos operativos relativos al mantenimiento, disminución de los tiempos de parada del sistema, se plantea mejorar la información técnica de la maquinaria y elaborar e implantar planes de sustento para los equipos, bajo la gestión del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General

- Desarrollar un Plan de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad para los equipos principales de la estación Ávila del teleférico de Caracas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Determinar el estado de las instalaciones en función del mantenimiento. El informe constará de un plan de mantenimiento a realizar a corto, mediano y largo plazo para mantener las instalaciones en su estado óptimo.
- Realizar una investigación sobre el plan de mantenimiento recomendado por el fabricante.
- Calcular la confiabilidad de los equipos.
- Analizar la criticidad de los equipos.
- Planificar adecuadamente las rutinas de mantenimiento mediante la utilización del método de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- Establecer una estrategia de respuesta oportuna a las fallas que presenten los equipos.

1.2 Alcances

- Verificar el funcionamiento de los equipos y descripción de las instalaciones con la ayuda de los técnicos operadores del sistema.



-
- Verificar el mantenimiento efectuado a las instalaciones del teleférico por parte de los técnicos operadores.
 - Comprobar el mantenimiento de los equipos según el manual del fabricante y compararlo con el efectuado por los técnicos.
 - Actualizar y optimizar los planes de mantenimiento.
 - Desarrollar los planes horarios, diarios, semanales, bisemanales, mensuales, trimestrales y anuales de mantenimiento de los equipos.
 - Calcular la confiabilidad de los equipos principales de la estación Ávila y desarrollo de los planes basado en la filosofía del Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
 - Crear formatos de uso de herramientas para organizar y agilizar los mantenimientos y disminuir los tiempos de parada.
 - Involucrar a todo el personal para llevar a cabo la gestión y ejecución del mantenimiento.

1.3 Limitaciones

- Falta de data de la falla de los equipos.
- Único sistema teleférico con esta tecnología en Venezuela.
- Falta de traducción de algunos manuales de los equipos.



CAPÍTULO II

2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

2.1 Nombre

 Inversora Turística Caracas S.A.

Operadora del sistema teleférico de Caracas-Hotel Humboldt



2.2 Ubicación

Estación Teleférico de Caracas, final Av. Principal con Boyacá, Urb. Maripérez, Caracas-Venezuela 1050. Teléfono: (0212) 7936050 (Master) Fax: (0212) 7932875

2.3 Reseña histórica de la empresa

Sistema Antiguo: En los años cincuenta se presentó un ambicioso proyecto de construcción, que conformaría un hotel en el cerro el Ávila donde se llegaría a través de un sistema teleférico, tal propuesta fue aceptada por el gobierno nacional del presidente Marcos Pérez Jiménez en su afán de grandes construcciones que marcarán huellas en el tiempo. Para la ejecución de la obra se contrató los servicios de la Compañía alemana Heckel con sede en la Ciudad de Saarbrücken bajo la dirección del Ing. Alemán Ernst Heckel, partiendo desde la estación Maripérez ubicada en la Av. Maripérez frente a la Av. Boyacá conocida también como la cota



mil, hasta la estación El Cojo en Macuto. Constaba de ocho cabinas o funiculares para uso público, y dos adicionales una presidencial de color dorado distinguiéndose claramente el Escudo Nacional y la otra con una ambulancia identificada con el color blanco distinguida con una cruz verde.

Contaba con seis torres con una altura de 35m cada una y el viaje se realizaba en aproximadamente 25 minutos. El tramo Maripérez Ávila se inaugura el 14 de septiembre de 1.955 estando en período de prueba durante cinco (5) meses.

Llegando al sistema en la estación Maripérez los visitantes eran atendidos por las teleguías y con su respectivo boleto, eran organizados en dos filas de 12 personas cada una. El recorrido tenía una duración de 25 minutos trasladando 24 pasajeros por cabina y realizando paradas, una sobre el cortafuego (torre 3) subiendo y a la vez en quebrada Gamboa bajando, permitiendo así el embarque y desembarque en las respectivas estaciones. Se mantenía una distancia de 150m entre las cabinas a lo largo de la guaya.

Diseñada por los Arq. Alejandro Pietri y Alfredo Jahn se construyó en la estación Maripérez una estructura de concreto en forma de concha para la protección física de los funiculares y la maquinaria del teleférico pasando ésta a ser parte del atractivo de las instalaciones, teniendo una longitud de 29,5m por 14,9m de altura.

Ya embarcados en el funicular, el cabinero daba las instrucciones para el correcto y seguro traslado. Su recorrido abarcaba 3.400m, hasta llegar al Pico Ávila con una altura de 2.750m.

Adentrándonos de manera superficial en el funcionamiento técnico del sistema antiguo se hará una breve descripción: El motor principal era eléctrico y



se encontraba dentro del volar en la estación superior a disposición del operador quien lo activaba, realizándose el movimiento de la polea quien a su vez impulsaba el cable tractor y en la estación inferior era tensionado y movido automáticamente. El funicular comenzaba su ascenso siendo previamente enganchado a las guayas tractoras manualmente justo en la zona de embarque, el operador procedía a dar inicio al recorrido. Al momento del desenganche de la cabina de la guaya tractora pasaba a ser un proceso manual donde el ayudante empujaba el funicular pasando por detrás del volar hasta llegar a la zona de desembarque, luego era movido hasta la zona de embarque y automáticamente enganchado nuevamente a las guayas tractoras.

Sistema Actual: A mediados del año 2000, comenzó la construcción del Sistema Teleférico. Esta vez con tecnología austriaca, a través de la compañía internacional Doppelmayr proporcionando todos los equipos y máquinas necesarios para llevar a cabo el sistema, a diferencia de las cabinas que fueron traídas por medio de la Compañía CWA, y la guaya por la empresa Fatzel, ambos traídos de Suiza, dichos equipos fueron trasladados por partes, vía marítima hasta Venezuela; la guaya estaba dividida en dos carretes las cuales se unieron posteriormente al ser incluida al sistema.

Las torres de forma circular (semejante a los postes de electricidad) de acero galvanizado, cuyo diámetro es de 50cm aproximadamente y 16m de altura, fueron montadas por la Empresa Cocsia, manteniendo la misma línea de las torres antiguas, para ello se ayudaron con el sistema antiguo y las cabinas de carga llamadas arañas, principalmente se perforó el suelo, luego se hizo una base de cemento y dentro de la base, en cada lado había un tornillo con la finalidad de sostener la torre. A lo largo del recorrido se puede observar que la torre N° 20 es inclinada y la torre N° 19 es más alta, de 18m, esto se



debe a que el relieve de la montaña varía y se hace necesario mantener una continuidad en la guaya.

Una vez que se levantaron las 23 torres y se trasladaron todos los equipos y materiales necesarios, se procedió a instalar una guaya guía de 28mm, utilizando una de las guayas tractoras del sistema antiguo, la cual se sujetó con un winche, se cortó para luego ser empalmada a la guaya guía y se subió hasta la estación Ávila, al llegar allí la guaya guía se sujetó con un winche y se bajó de las torres viejas manteniéndose estirada en el suelo a lo largo del recorrido, se procedió a derribar las torres viejas y el sistema antiguo, dando paso a la construcción y ubicación de la maquinaria del sistema nuevo tanto de Maripérez como de Ávila, proceso llevado a cabo por Inversiones Folch y técnicos del Doppelmayr.

Una vez finalizada la construcción y montaje de la maquinaria en las estaciones, se procedió a subir la guaya de 5,4cm de diámetro, haciendo un empalme entre la guaya guía y la que existe actualmente, en la estación Ávila se acciona el winche para halar la guaya y a medida que iba pasando por cada torre un grupo de obreros se ubicaba en ella para subir e incluir la guaya en las poleas.

El sistema nuevo funciona desde la Estación Ávila con 2 motores eléctricos ABB que trabajan con 440A (corriente continua), el cual acciona el reductor, disminuyendo la velocidad de operación que proporciona el motor, este a su vez acciona el eje motriz y la polea denominada rueda motriz de avance, de 4,8m de diámetro, moviendo simultáneamente la guaya y por ende la rueda motriz de retorno, de 5,5m de diámetro, ubicada en la Estación Maripérez, dicha polea está sujeta a un carro tensor el cual es medido por un calímetro o tablero que indica la tensión de la guaya. Esto es un proceso mecánico a diferencia del carro tensor, los frenos y las



plataformas ubicados en las zonas de embarque y desembarque (goma negra) que son un proceso hidráulico, es decir que trabajan con aceite hidráulico.

En caso de emergencia, el sistema cuenta con una planta generadora de corriente eléctrica de 440A y 120A. Además un motor auxiliar Diesel, ubicado en la sala de máquinas del Andén Ávila, y un motor de emergencia Diesel ubicado en la parte superior de la estación Ávila.

En la zona de embarque y desembarque, al llegar la cabina a la estación la rueda superior del gancho de la misma pasa por un riel que sube la rueda con la finalidad de hacer un desengranaje de la guaya, moviéndose mecánicamente la mordaza por los cauchos ubicados en la parte superior del sistema, por tal razón el sistema no se detiene para embarcar y desembarcar; seguidamente la rueda más baja del gancho de la cabina pasa por un riel que sube la rueda haciendo que la guaya que une a las palancas de la puerta haga presión para ser abiertas y permita el desembarque de los pasajeros, luego pasa por la zona de embarque y seguidamente por un riel que baja la rueda encargada de la puerta para hacer el cierre automático, este pasa por un sensor de seguridad que verifica si el cierre de las puertas se ha llevado a cabo de manera perfecta, es decir, si la rueda no toca el sensor el sistema continua trabajando, en caso contrario si la rueda llegara a rozar el sensor el sistema automáticamente se detiene, igualmente pasa con la rueda de la palanca de la mordaza, una vez que es bajada la palanca la mordaza se cierra produciéndose el engranaje de la guaya seguidamente pasa por el sensor si la rueda llegará a rozarlo el sistema automáticamente se detendría evitando así que se abra la mordaza en el recorrido. Dicha mordaza ejerce una fuerza de apriete de 5000N; otras de las razones del por qué no hay posibilidad de que se abra la mordaza durante el recorrido es porque lógicamente al estar cerrada se consume menos energía que al estar abierta, es decir, todo objeto busca mantenerse en reposo por gravedad.



Al pasar por las zonas de embarque y desembarque la velocidad disminuye debido a la variación de tamaño entre las poleas internas y externas ubicadas detrás de los cauchos.

Las cabinas tienen una capacidad de 640Kg y 8 pasajeros los cuales viajan solos, observándose en la parte interna un sistema de comunicaciones (botón rojo) para ser utilizado responsablemente en caso de presentarse alguna emergencia, debajo de este un botón blanco para encender las luces, proporcionado por la energía solar a través de una planta ubicada en la parte superior externa (techo) de la cabina. Se cuenta con 87 cabinas de las cuales 74 son cabinas para pasajeros particulares, 10 para pasajeros VIP, 2 son de carga llamadas arañas de color gris y una para emergencia (ambulancia), esta última sólo es utilizada en caso de emergencia, la cual es incluida al sistema por medio de un riel.

Este sistema tiene la capacidad de subir a 1920 personas por hora, si su velocidad es de 4m/s y el tiempo del recorrido es de 15min exactos, no obstante, si la velocidad es aumentada a 6m por segundo el recorrido durará 10min el intervalo de las cabinas sería de 15,16s y la distancia entre cabinas es de 90,95m.

2.4 Visión

Una empresa que otorga óptimos servicios dentro del más espectacular complejo turístico, para constituirse en el símbolo de la ciudad de Caracas para el siglo XXI.



2.5 Misión

Ser una empresa que se convierta por sus exigentes estándares en punto de referencia Internacional para el turismo y la recreación, dentro de un ámbito ecológico.

2.6 Compromiso de la empresa

El éxito y proyección en el tiempo se fundamentan en el compromiso y lealtad del recurso humano, para mantener la misma calidad dentro de la diversidad de negocios que contempla la estructura de inversora Turística Caracas.

2.7 Estructura organizativa de la empresa

La estructura organizativa de la empresa Inversora Turística Caracas se divide como se muestra en el siguiente organigrama:

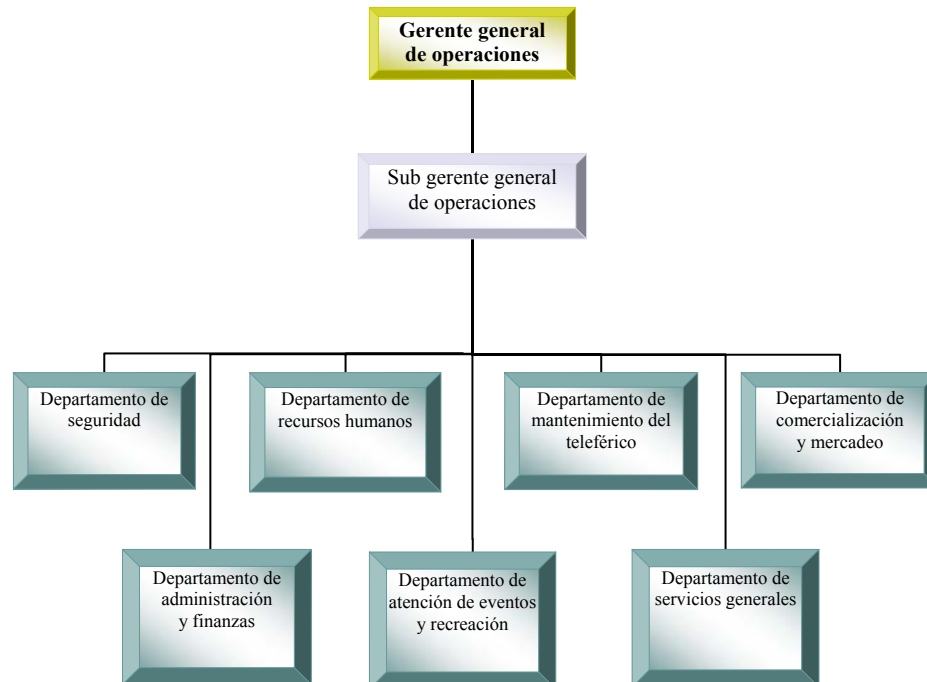


Figura 2.1 Organigrama de la empresa.

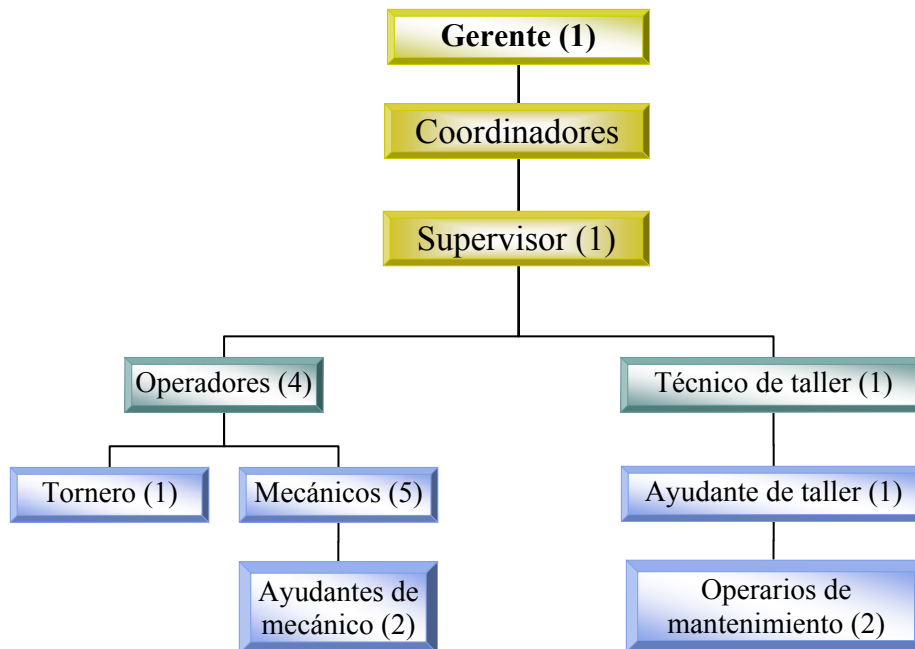


Figura 2.2 Organigrama departamento de operaciones y mantenimiento.

2.8 Descripción de los cargos del departamento de Operaciones y mantenimiento

2.8.1 Gerente

- **Campo de actividad:** Administrativo / Técnico
- **Funciones:** Dirige y coordina una serie de actividades técnicas, paramétricas y administrativas que constituyen la función mantenimiento. El aspecto gerencial de mantenimiento consta de dos partes: una parte técnica que realiza las funciones especificadas sobre las máquinas, y una parte administrativa que abarca las tareas de planificar, normalizar, medir, controlar, entre otros y que por su carácter netamente creativo constituye la parte pensante de la organización.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe conocer a fondo cada equipo/maquinaria inherente al funcionamiento del teleférico, así como un



óptimo nivel de conocimientos de ingeniería para poder resolver cualquier tipo de problema que se presente. Así mismo debe tener un excelente nivel de conocimientos de la parte operativa del sistema.

2.8.2 Coordinadores

- **Campo de actividad:** Administrativo / Técnico
- **Funciones:** Lleva el control administrativo y técnico del departamento.
 - ◆ **En el área administrativa:** Lleva el control de inventarios, control de caja chica, todo lo concerniente a los empleados tal como: horas extras, vacaciones, citas médicas, horarios, entre otros.
 - ◆ **En el área técnica:** Coordina todos los trabajos de mantenimiento y realiza un seguimiento de las actividades del departamento, planificación, desarrollo de nuevos métodos tanto de mantenimiento como operativos; desarrollo del departamento como tal; apoyo en la realización de las actividades planeadas o no; capacitación del personal, entre otros.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe conocer a fondo cada equipo/maquinaria inherente al funcionamiento del teleférico, así como un buen nivel de conocimientos de ingeniería para poder resolver cualquier tipo de problema que se presente. Así mismo debe tener un alto nivel de conocimientos de la parte operativa del sistema

2.8.3 Supervisores

- **Campo de actividad:** Técnico
- **Funciones:** Supervisar las actividades de mantenimiento y trabajos especiales dictados por los coordinadores, vigilar la constante actualización del archivo general operativo del departamento, planeación de actividades junto a los coordinadores, supervisión y apoyo en la realización de actividades.



- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos avanzados de los equipos/maquinarias inherentes al funcionamiento del teleférico, así como también un nivel avanzado de conocimientos de la parte operativa del sistema.

2.8.4 Operadores

- **Campo de actividad:** Técnico / Operativo
- **Funciones:** Asegurar el funcionamiento adecuado del sistema teleférico en horario de operación al público, estar pendiente de cualquier eventualidad que pueda afectar el buen funcionamiento del equipo. En horario de mantenimiento, realizar los trabajos dictados por los coordinadores y supervisores, teniendo a su cargo a mecánicos y ayudantes de mecánico para tal fin.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos medios de los equipos/maquinarias inherentes al funcionamiento del teleférico, así como también un nivel avanzado de conocimientos de la parte operativa del sistema.

2.8.5 Tornero

- **Campo de actividad:** Técnico
- **Funciones:** Fabricar piezas según requerimientos pedidos por Coordinadores, Supervisores y/o Jefe de Taller. Prestar apoyo en actividades de mantenimiento y especiales requeridas por el sistema.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Puede tener conocimientos básicos de los componentes de las cabinas, así como también del sistema como tal.

2.8.6 Mecánicos

- **Campo de actividad:** Técnico
- **Funciones:** Realizar los trabajos dictados por los operadores, tales como revisiones, horarias, diarias, semanales, mensuales, entre otros.



- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos medios de los equipos/maquinarias inherentes al funcionamiento del teleférico, así como también un nivel medio de conocimientos de la parte operativa del sistema.

2.8.7 Ayudantes de Mecánico

- **Campo de actividad:** Técnico
- **Funciones:** En la actualidad realizan las mismas funciones de los mecánicos.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos medios de los equipos / maquinarias inherentes al funcionamiento del teleférico, así como también un nivel medio de conocimientos de la parte operativa del sistema.

2.8.8 Técnico del Taller

- **Campo de actividad:** Administrativo / Técnico
- **Funciones:** Llevar el control administrativo del taller de operaciones, control de inventario total del departamento, tanto en Ávila como en Maripérez, así como también la planificación de mantenimiento de todas las cabinas del sistema, tomando en cuenta las pautas dadas por los coordinadores y supervisores del departamento.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos avanzados de todos los componentes de las cabinas, así como también conocimientos avanzados del sistema como tal, para poder llevar un buen control de inventario.

2.8.9 Ayudante de Taller

- **Campo de actividad:** Técnico
- **Funciones:** Realizar el mantenimiento de cabinas y llevar un control del taller, tanto de Ávila como de Maripérez, según instrucciones del Jefe de



Taller, Coordinadores o Supervisores. Servir de apoyo en la realización de los trabajos de mantenimiento y especiales requeridos por el sistema teleférico.

- **Nivel de conocimiento del sistema:** Debe tener conocimientos amplios de todos los componentes de las cabinas, así como también conocimientos medios del sistema como tal.

2.8.10 Operarios de mantenimiento

- **Campo de actividad:** No especializado
- **Funciones:** Realizan funciones menores como la limpieza y pulituras de las cabinas, así como diversas actividades encomendadas por sus superiores.
- **Nivel de conocimiento del sistema:** No requeridos



CAPÍTULO III

3 MARCO TEÓRICO

3.1 Mantenimiento

Acciones necesarias para que un equipo, sistema de equipos, obra o instalación sea conservado o restaurado de manera que pueda permanecer de acuerdo con una condición especificada.

La palabra mantenimiento posee dos significados:

- i. *La acción técnica de reparar:* El aspecto técnico implica algo esencialmente manual cuya destreza o habilidad se adquiere a través de un proceso práctico o teórico-práctico. La acción de reparar la realiza el técnico sin importar el momento en que la falla ocurra, ni el tiempo que lleve repararla.
- ii. *La acción de organizar:* La acción de organizar significa prever, simplificar y controlar, es el aspecto rentable del mantenimiento. Lo primero que debe asimilarse es la convicción de que la organización de mantenimiento es productiva. En la acción de organizar es importante el momento en que ocurre la falla debido a que se programaría corregirla en horas de no producción o de más baja producción.

3.1.1 Objetivos del Mantenimiento

Asegurar la competitividad de la empresa y a su vez:

- Garantizar la disponibilidad y confiabilidad planeadas de la función deseada.



- Satisfacer todos los requisitos del sistema de calidad de la empresa
- Cumplir todas las normas de seguridad y medio ambiente

3.1.2 División del mantenimiento:

3.1.2.1 Verificación y evaluación del estado efectivo

Una medida para la verificación y evaluación del estado efectivo es:

Inspección: Servicios de Mantenimiento Preventivo, caracterizado por la alta frecuencia (baja periodicidad) y corta duración. Tiene como fin reconocer a tiempo las "medidas de mantenimiento" necesarias, para preparar y efectuar lo siguiente:

1. Medir
2. Controlar
3. Evaluar

3.1.2.2 Preservación del estado nominal

La medida para la preservación del estado nominal es:

Mantenimiento:

1. Limpiar: Eliminar substancias extrañas y auxiliares.
2. Conservar: Realizar las medidas de protección contra las influencias extrañas con el fin de optimizar la durabilidad.
3. Lubricar: Suministro de lubricante a los lugares de rozamiento (aceites, grasas).
4. Completar: Relleno de las substancias auxiliares.
5. Reemplazo: Reemplazo de substancias auxiliares y elementos pequeños.
6. Reajuste: Eliminar diferencias con la ayuda de las instalaciones previstas.

3.1.2.3 Reestablecimiento del estado nominal



La medida para el reestablecimiento del estado nominal es:

Reparación:

1. Reparar: Reparación por trabajado.
2. Reemplazar: Reparación por reemplazo.

3.2 Tipos de mantenimiento

3.2.1 Mantenimiento Predictivo o Basado en la Condición

Servicio que se encarga del seguimiento del desgaste de una o más piezas o componente de equipos prioritarios a través de análisis de síntomas, o estimación hecha por evaluación estadística, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio.

Incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial)

Factores importantes a considerar para este tipo de mantenimiento:

- *Criticidad.*
- *Asistencia técnica.*
- *Disponibilidad de repuestos.*
- *Mantenibilidad de la maquinaria.*
- *Costo de revisión del desperfecto.*
- *Costo de mantenimiento.*
- *Presupuesto.*
- *Situación del equipo dentro del ciclo de vida.*
- *Política de la empresa.*
- *Disponibilidad cualitativa y cuantitativa del personal.*
- *Redundancia del equipo.*

3.2.2 Mantenimiento preventivo o Basado en el Tiempo

Servicios de inspección, control, conservación y restauración del equipo, obra o instalación con intervalos predeterminados cuya finalidad es prevenir, detectar o



corregir defectos, tratando de evitar fallas, independientemente de su estado en ese momento.

El mantenimiento preventivo se divide en dos calidades:

- ◆ *Por predicción:* Aplicación de las técnicas de probabilidades y estadísticas en la determinación de la necesidad de cambio de una pieza o elemento de la máquina.
- ◆ *Por inspección:* Se divide en cuatro áreas básicas, tales como, limpieza, revisión, lubricación y ajuste. Este mantenimiento se realiza a través del contacto directo del técnico con la máquina en busca de la necesidad de mantenimiento correctivo.

3.2.2.1 Tipos de mantenimiento preventivo

3.2.2.1.1 Mantenimiento preventivo sistemático o periódico

Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde a cada equipo después de un período de funcionamiento, es puesto fuera de servicio para que se le realicen mediciones, ajustes y si es necesario, cambio de piezas en función de un programa preestablecido a partir de la experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes.

3.2.2.1.2 Mantenimiento preventivo por estado

Mantenimiento efectuado a partir de la condición de funcionamiento del equipamiento.

3.2.2.1.3 Mantenimiento preventivo por tiempo

Mantenimiento efectuado a partir de un programa preestablecido, definidos en unidades de calendario (día, semana) o en unidades no calendario (horas de Funcionamiento, kilómetros recorridos etc.).



3.2.3 Mantenimiento Detectivo o Búsqueda de Fallas

Consiste en la inspección de las funciones ocultas, a intervalos regulares, para ver si han fallado y reacondicionarlas en caso de falla (falla funcional).

3.2.4 Mantenimiento Correctivo o A la Rotura

Consiste en el reacondicionamiento o sustitución de partes en un equipo una vez que han fallado, es la reparación de la falla (falla funcional), ocurre de urgencia o emergencia.

Este tipo de mantenimiento es indispensable cuando se presentan algunas de las cuatro tipos de fallas:

Falla parcial: Es aquella lo suficientemente grande como para causar la interrupción total de la función requerida.

Falla intermitente: Es aquella que persisten por un cierto lapso dentro del rango de la falla parcial, después de lo cual el equipo recobra su capacidad normal de funcionamiento.

Falla total: Impide totalmente la realización de la función de un equipo a la que está destinado.

Falla catastrófica: Son aquellas fallas totales que ocurren sorpresivamente y que requieren de mucho tiempo y dinero para ser corregidas.

3.2.4.1 Tipos de mantenimiento Correctivo

3.2.4.1.1 Mantenimiento curativo (de reparación)

Se encarga de la reparación propiamente pero eliminando las causas que han producido la falla.



Suelen tener un almacén de piezas de repuestos, sin control, por lo tanto es caro y con un alto riesgo de falla.

Mientras se prioriza la reparación sobre la gestión, no se puede prever, analizar, planificar, controlar, rebajar costos.

3.2.4.1.2 Mantenimiento paliativo o de campo (de arreglo)

El mantenimiento paliativo se encarga de la reposición del funcionamiento, aunque no quede eliminada la fuente que provocó la falla.

3.2.5 Mantenimiento Mejorativo o Rediseños

Consiste en la modificación o cambio de las condiciones originales del equipo o instalación.

Cabe destacar que esto no es tarea de mantenimiento propiamente dicho, sin embargo los realizan.

3.2.6 Mantenimiento para Usuario

Se responsabiliza del primer nivel de mantenimiento a los propios operarios de máquinas.

Es trabajo del departamento de mantenimiento delimitar hasta donde se debe preparar al personal, para que las intervenciones efectuadas por ellos sean eficaces.

3.3 Indicadores de gestión de mantenimiento

3.3.1 Confiabilidad (C)

Es la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.



Los parámetros característicos representativos de la confiabilidad son la tasa de fallas y el tiempo medio entre fallas (TMEF), este último se puede expresar analíticamente en la forma siguiente:

$$TMEF = \frac{\textit{Tiempo Total en Operacion}}{\textit{Número Total de Fallas}} \quad \text{Ec. 3.1}$$

3.3.1.1 Análisis de la Confiabilidad

La ejecución de un análisis de la confiabilidad en un producto o un sistema debe incluir muchos tipos de exámenes para determinar cuan confiable es el producto o sistema que pretende analizarse.

Una vez realizados los análisis, es posible prever los efectos de los cambios y de las correcciones del diseño para mejorar la confiabilidad del producto.

Así, los diversos estudios del producto se relacionan, vinculan y examinan conjuntamente, para poder determinar la confiabilidad del mismo bajo todas las perspectivas posibles, determinando posibles problemas y poder sugerir correcciones, cambios y/o mejoras en productos o elementos.

3.3.2 Mantenibilidad (M)

La mantenibilidad es la “facilidad” que presenta un equipo para ser mantenido en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas.

El parámetro característico de la mantenibilidad es el tiempo medio para reparar y se puede expresar analíticamente en la forma siguiente:

$$TMPR = \frac{\textit{Tiempo Total de reparaciones}}{\textit{Numero Total de reparaciones}} \quad \text{Ec. 3.2}$$



La mantenibilidad es una particularidad del diseño y selección de la máquina. El diseño con miras a la prevención del mantenimiento deberá tener los siguientes requisitos:

- Elementos incorporados de diagnóstico en búsqueda de causas fundamentales de fallas.
- Facilidad para desarmarse y armarse.
- Facilidad y rapidez en las preparaciones y en los cambios.
- Incorporación de sistemas expertos.
- Facilidad de limpieza, inspección, lubricación, ajuste y reemplazo de componentes.
- Operación limpia, sin excesivo esparcimiento de aceite y desperdicios.
- Protección contra el polvo y suciedad en mecanismos sensibles.
- Consumo eficiente de energía, amable con el ambiente y seguro.
- Adaptable a varias ubicaciones de la planta y ambientes.
- A prueba de impericia.
- Alta confiabilidad y precisión.
- Facilidad en el arranque inicial.

3.3.3 Soportabilidad

Es la probabilidad de poder atender una determinada solicitud de mantenimiento en el tiempo de espera prefijado y bajo las condiciones planeadas.

3.3.4 Disponibilidad

La disponibilidad de un equipo o sistema de equipos es la capacidad de cumplir con la función para la cual está destinado en un tiempo dado. Ésta puede ser aumentada disminuyendo el tiempo fuera de servicio.



3.3.4.1 Tipos de Disponibilidad

3.3.4.1.1 Disponibilidad genérica (D)

Proporciona el valor más conservador de disponibilidad, es ideal para la evaluación general de un sistema productivo.

$$D = \frac{TMEF}{TMEF + TMFS} \quad \text{Ec. 3.3}$$

3.3.4.1.2 Disponibilidad inherente o intrínseca (Di)

Evalúa la disponibilidad del equipo, el único factor ajeno al equipo que se toma en cuenta es la capacidad y organización del personal que repara.

$$D_i = \frac{TMEF}{TMEF + TMPR} \quad \text{Ec. 3.4}$$

3.3.4.1.3 Disponibilidad alcanzada (Da)

Evalúa la disponibilidad tomando en cuenta los factores propios de la organización de mantenimiento, siendo la definición que más conviene a la misma.

$$D_a = \frac{TMEF}{TMEF + TMP} \quad \text{Ec. 3.5}$$

3.3.4.1.4 Disponibilidad operacional (Do)

Evalúa la disponibilidad sin tener en cuenta los tiempos debidos a espera operacional.

$$D_o = \frac{TMEM}{TMEM + TMFS} \quad \text{Ec. 3.6}$$



3.4 Definiciones

3.4.1 Definiciones generales

Componente: Ingenio esencial al funcionamiento de una actividad mecánica, eléctrica o de otra naturaleza física que, conjugado a otro(s), crea(n) el potencial de realizar un trabajo.

Defecto: Eventos en los equipos que no impiden su funcionamiento, todavía pueden a corto o largo plazo, provocar su indisponibilidad.

Equipo: Conjunto de componentes interconectados, con los que se realiza materialmente una actividad de instalación.

Falla: Finalización de la habilidad de un equipo, obra o instalación para desempeñar una función requerida.

Reparación mayor: Servicio de mantenimiento de los equipos de gran porte, que interrumpen la producción.

Pieza: Cada una de las partes de un conjunto o de un equipo.

Prioridad de emergencia: Mantenimiento que debe ser hecho inmediatamente después de detectada su necesidad.

Prioridad de urgencia: Mantenimiento que debe ser realizado a la brevedad posible, de preferencia sin pasar las 24 horas, después de detectar su necesidad.



Prioridad normal: Mantenimiento que puede ser postergado por algunos días.

Revisión de garantía: Examen de los componentes de los equipos antes del término de sus garantías, tratando de verificar sus condiciones en relación a las exigencias contractuales.

Servicios de Apoyo: Servicios hechos por el personal de mantenimiento tratando de mejorar las condiciones de seguridad, mejorar las condiciones de trabajo, atender a otros sectores no ligados a la producción.

Sistema operacional: Conjunto de equipos necesarios para realizar una función de una instalación.

Tribología: Estudio de la fricción asociada a la lubricación.

3.4.2 Período de vida de un equipo

Durante el ciclo de vida un equipo pasa por tres períodos bien definidos con fallas determinadas. Estas etapas se pueden observar en la llamada curva de la bañera.

3.4.3 Curva de la bañera (Probabilidad de falla VS Tiempo)

Dado que la tasa de fallos varía respecto al tiempo, su representación típica tiene forma de bañera, debido a que la vida de los dispositivos tiene un comportamiento que viene reflejado por tres etapas diferenciadas:

- Período de arranque (Tasa decrece)
- Período de vida útil (Tasa constante)
- Período de envejecimiento rápido (Tasa aumenta)

En la siguiente figura se puede ver la representación de la curva típica de la evolución de la tasa de fallos.

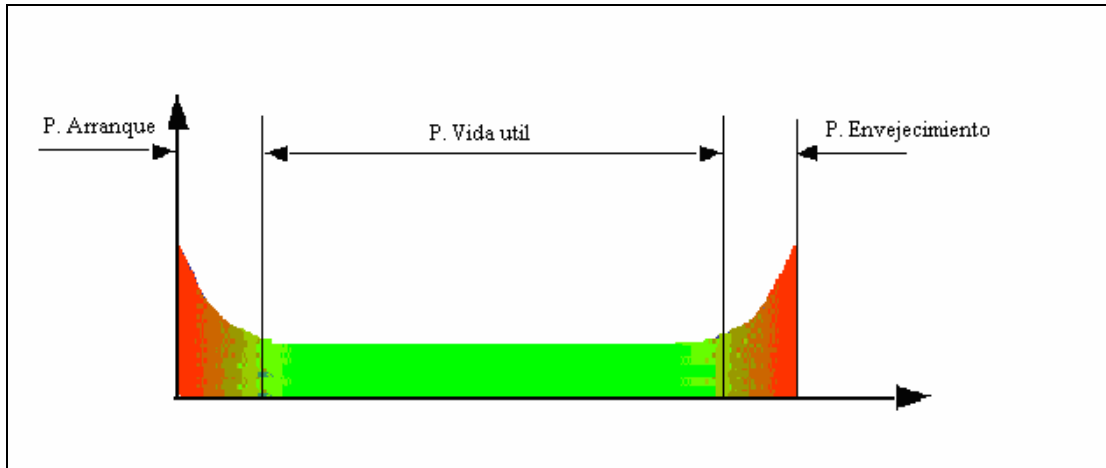


Fig.3.1 Curva típica de evolución de la tasa de fallos

3.4.4 Período de arranque (Tasa decrece)

La primera etapa de fallos iniciales corresponde generalmente a la existencia de dispositivos defectuosos o instalados indebidamente con una tasa de fallos superior a la normal. Esta tasa de fallos elevada va disminuyendo con el tiempo hasta alcanzar un valor casi constante.

3.4.5 Período de vida útil (Tasa constante)

La segunda etapa de fallos normales, es debida principalmente a operaciones con solicitaciones superiores a las proyectadas y se presentan de forma aleatoria e inesperada. El comportamiento de la tasa es constante durante esta etapa y los fallos son consecuencia de las propias condiciones normales de trabajo de los dispositivos o de solicitaciones ocasionales superiores a las normales. Su duración varía de un dispositivo a otro.



3.4.6 Período de envejecimiento rápido (Tasa aumenta)

La tercera etapa de fallos de desgaste, es debida a la superación de la vida prevista del componente cuando empiezan a aparecer fallos de degradación como consecuencia del desgaste. Se caracteriza por un aumento rápido de la tasa de fallos.

Para retardar la aparición de la tercera etapa, puede acudirse a la sustitución inmediata de los componentes del dispositivo o equipo cuando éstos fallen, o a sustituirlos antes de que finalice su vida útil mediante planes de mantenimiento preventivo, para posponer casi indefinidamente la incidencia del desgaste.

3.4.7 Clasificación de las Fallas

3.4.7.1 Fallas Tempranas

Ocurren al principio de la vida útil y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

3.4.7.2 Fallas adultas

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores (suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamientos de una máquina, entre otros.).

3.4.7.3 Fallas tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del bien (envejecimiento de la aislación de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, entre otros.



3.5 Mantenimiento Productivo Total (MPT)

El Mantenimiento Productivo Total está dirigido a la maximización de la efectividad del equipo durante toda la vida del mismo. El MPT involucra a todos los empleados de un departamento de todos los niveles; motiva a las personas para el mantenimiento de la planta a través de grupos pequeños y actividades voluntarias, y comprende elementos básicos como el desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en el mantenimiento básico, habilidades para la solución de problemas y actividades para evitar las interrupciones.

3.5.1 Historia del Mantenimiento Productivo Total (MPT)

Éste nace en los años 70, 20 años después del inicio del Mantenimiento Preventivo. Surgió en Japón gracias a los esfuerzos del Japan Institute of Plant Maintenance (JIPM) como un sistema para el control de equipos en las plantas con un nivel de automatización importante.

3.5.2 Metas del Mantenimiento Productivo Total (MPT)

La meta del MPT es la maximización de la eficiencia global del equipo en los sistemas de producción, eliminando las averías, los defectos y los accidentes con la participación de todos los miembros de la empresa. El personal y la maquinaria deben funcionar de manera estable bajo condiciones de *cero averías y cero defectos*, dando lugar a un proceso en flujo continuo regularizado. Por lo tanto, puede decirse que el MPT promueve la producción libre de defectos, la producción "justo a tiempo" y la automatización controlada de las operaciones.

3.5.3 Objetivos del Mantenimiento Productivo Total

- Evitar averías en los equipos.
- Evitar defectos en la producción.
- Evitar accidentes laborales.



- Mejorar la producción.
- Minimizar los costos.

3.5.4 Inconvenientes del Mantenimiento Productivo Total

- Proceso de implementación lento y costoso.
- Cambio de hábitos productivos.
- Implicación de trabajar juntos todos los escalafones laborales de la empresa.

El resultado final de la incorporación del MPT deberá ser un conjunto de *equipos e instalaciones productivas más eficaces*, una reducción de las inversiones necesarias en ellos y un aumento de la *flexibilidad* del sistema productivo.

3.5.5 Definiciones generales acerca del MPT

3.5.5.1 Sistema de Producción Justo a Tiempo (Just in Time – JIT)

Dicho sistema se orienta a la eliminación de todo tipo de actividades que no agregan valor, así como al logro de un sistema de producción ágil.

Las causas principales que provocan el bajo rendimiento en las empresas son:

- Situación inapropiada de las máquinas y longitud de los trayectos.
- Duración de los cambios de herramientas.
- Fiabilidad insuficiente de los equipos.
- Falta de calidad suficiente.
- Dificultades debidas a los proveedores.

Por lo tanto la práctica del JIT implica la supresión de tales anomalías.

Los conceptos fundamentales en los que se basa el sistema Just in Time y a través de los cuales se desarrolla toda la filosofía de producción son los siguientes:



- La flexibilidad en el trabajo que permite adecuar el número y funciones de los trabajadores a las variaciones de la demanda.
- El fomento de las ideas innovadoras por parte del personal para conseguir mejoras constantes en el proceso de producción.
- El autocontrol de los defectos por parte de los propios procesos productivos para impedir la entrada de unidades defectuosas en los flujos de producción.

El JIT tiene cuatro objetivos esenciales como son:

1. Atacar los problemas fundamentales.
2. Eliminar despilfarros.
3. Buscar la simplicidad.
4. Diseñar sistemas para identificar problemas.

3.5.5.2 Gerencia de Calidad Total

La gestión de calidad total es una manera de mejorar constantemente el rendimiento en todos los niveles operativos, en cada área funcional de una organización, utilizando todos los recursos humanos y de capital disponibles. El mejoramiento está orientado a alcanzar metas amplias, como disminuir los costes, aumentar la calidad, la participación en el mercado, los proyectos y el crecimiento.

La gestión de calidad total es una filosofía así como un conjunto de principios rectores que representa el fundamento de una organización en constante mejoramiento. Ésta consiste en la aplicación de métodos cuantitativos y recursos humanos para mejorar el material y los servicios suministrados a una organización, los procesos dentro de la organización, y la respuesta a las necesidades del consumidor en el presente y en el futuro. Así mismo, integra los métodos de administración fundamentales con los esfuerzos de perfeccionamiento existentes y los recursos técnicos en un enfoque corregido, orientado al mejoramiento continuo.



3.5.5.3 Mantenimiento Autónomo (MA)

Está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento. Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios. Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera.

3.5.5.3.1 Objetivos fundamentales del mantenimiento autónomo:

- Emplear el equipo como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento.
- Desarrollar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo.
- Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo.
- Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador.
- Construir y mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno.
- Mejorar la seguridad en el trabajo.
- Lograr un total sentido de pertenencia y responsabilidad del trabajador.
- Mejora de la moral en el trabajo.

3.6 Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (MCC)

El MCC es uno de los procesos desarrollados durante los años 1960 y 1970 con la finalidad de ayudar a las personas a determinar las políticas para mejorar las



funciones de los activos físicos y manejar las consecuencias de sus fallas. Tuvo su origen en la Industria Aeronáutica.

Se define como la capacidad de un producto de realizar su función de la manera prevista. De otra forma, la confiabilidad se define también como la probabilidad en que un producto realizará su función prevista sin incidentes por un período de tiempo especificado y bajo condiciones indicadas.

El MCC es un procedimiento sistemático y estructurado para determinar los requerimientos de mantenimiento de los activos en su contexto de operación.

Consiste en analizar las funciones de los activos, ver cuales son sus posibles fallas, luego preguntarse por los modos o causas de fallas, estudiar sus efectos y analizar sus consecuencias, siendo esto último lo que permite determinar las estrategias más adecuadas al contexto de operación, tomando en cuenta que se exige no sólo que sean técnicamente factibles, sino económicamente viables.

El MCC hace tanto énfasis en las consecuencias de las fallas como en las características técnicas de las mismas, mediante la integración de una revisión de las fallas operacionales con la evaluación de aspecto de seguridad y amenazas al medio ambiente, esto hace que la seguridad y el medio ambiente sean tenidos en cuenta al momento de tomar decisiones en materia de mantenimiento. Por lo tanto las **consecuencias** en el **MCC** son clasificadas en cuatro categorías:

- Fallas ocultas
- Seguridad y medio ambiente
- Operacionales
- No operacionales



De este modo, debe mantenerse mucha atención en las tareas del Mantenimiento que más incidencia tienen en el funcionamiento y desempeño de las instalaciones, garantizando que la inversión en mantenimiento se utiliza donde más beneficio va a reportar. Las **estrategias de mantenimiento** que se prevén son:

- Predictivo
- Preventivo
- Detectivo
- Correctivo
- Mejorativo

3.6.1 Objetivos del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

El objetivo principal está en reducir el costo de mantenimiento, para enfocarse en las funciones más importantes de los sistemas y evitando o eliminando acciones de mantenimiento que no son estrictamente necesarias.

3.6.2 Ventajas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

- Si el MCC se aplicara a un sistema de mantenimiento preventivo ya existente en las empresas, puede reducir la cantidad de mantenimiento rutinario habitualmente desde un 40% a un 70%.
- Si el MCC se aplicara para desarrollar un nuevo sistema de Mantenimiento Preventivo en la empresa, el resultado será que la carga de trabajo programada sea mucho menor que si el sistema se hubiera desarrollado por métodos convencionales.
- Su lenguaje técnico es común, sencillo y fácil de entender para todos los empleados vinculados al proceso MCC, permitiendo al personal involucrado en las tareas saber qué pueden y qué no pueden esperar de ésta aplicación y quien debe hacer qué, para conseguirlo.



3.6.3 Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad actual. El mejoramiento de la confiabilidad operacional de cualquier instalación o de sus sistemas y componentes, está asociado con cuatro aspectos fundamentales: confiabilidad humana, confiabilidad del proceso, confiabilidad del diseño y la confiabilidad del mantenimiento.

Éste permite establecer que una planta, proceso, sistema o equipo sea más crítico que otro, que criterio se debe utilizar para poder generar una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico del total de los equipos de la empresa, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad. Una vez identificadas estas zonas, es mucho más fácil diseñar una estrategia, para realizar estudios o proyectos que mejoren la confiabilidad operacional, iniciando las aplicaciones en el conjunto de procesos ó elementos que formen parte de la zona de alta criticidad.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, tasa de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se relacionan con una serie de preguntas, que generan puntuación para cada elemento evaluado.

La lista generada, resultado de un trabajo de equipo, permite nivelar y homologar criterios para establecer prioridades, y focalizar el esfuerzo que garantice el éxito maximizando la rentabilidad.



3.6.4 Análisis de modos y efectos de fallas potenciales (AMEF)

Es un proceso sistemático para la identificación de las fallas potenciales del diseño de un producto o de un proceso antes de que éstas ocurran, con el propósito de eliminarlas o de minimizar el riesgo asociado a las mismas.

Por lo tanto, el AMEF puede ser considerado como un método analítico estandarizado para detectar y eliminar problemas de forma sistemática y total, cuyos **objetivos principales** son:

- Reconocer y evaluar los modos de fallas potenciales y las causas asociadas con el diseño y manufactura de un producto.
- Determinar los efectos de las fallas potenciales en el desempeño del sistema.
- Identificar las acciones que podrán eliminar o reducir la oportunidad de que ocurra la falla potencial.
- Analizar la confiabilidad del sistema.
- Documentar el proceso.

3.6.4.1 Requerimientos del AMEF

- Un equipo de personas con el compromiso de mejorar la capacidad de diseño para satisfacer las necesidades del cliente.
- Diagramas esquemáticos y de bloque de cada nivel del sistema, desde subensambles hasta el sistema completo.
- Especificaciones de los componentes, lista de piezas y datos del diseño.
- Especificaciones funcionales de módulos, subensambles, etc.
- Requerimientos de manufactura y detalles de los procesos que se van a utilizar.



3.6.4.2 Beneficios del AMEF

La eliminación de los modos de fallas potenciales tiene principales beneficios en ahorros de los costos de reparaciones, las pruebas repetitivas y el tiempo de paro.

3.6.4.3 Apoyo del AMEF en el refuerzo del proceso de diseño

- Ayuda en la selección de alternativas durante el diseño.
- Incrementa la probabilidad de que los modos de fallas potenciales y sus efectos sobre la operación del sistema sean considerados durante el diseño.
- Proporciona una información adicional para ayudar en la planeación de programas eficientes.
- Desarrolla una lista de modos de fallas potenciales.
- Proporciona un formato documentado abierto para recomendar acciones que reduzcan el riesgo para hacer el seguimiento de ellas.
- Detecta fallas en donde son necesarias características de auto corrección o de leve protección.
- Identifica los modos de fallas conocidos y potenciales que de otra manera podrían pasar desapercibidos.
- Detecta fallas primarias, pero a menudo mínimas, que pueden causar ciertas fallas secundarias.



CAPÍTULO IV

4 DESCRIPCIÓN DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE POR CABLE

Un sistema de transporte por cable está compuesto de varios constituyentes, concebidos, construidos, montados y puestos en servicio para transportar personas en vehículos o remolcados por arrastres, suspendidos de cables o tirados por cables, estando colocados éstos a lo largo del recorrido efectuado.

Las instalaciones comprenden, en todo caso, los funiculares, los teleféricos y los telesquíes.

- Se consideran funiculares a aquellos medios de transporte en los que los vehículos se desplazan sobre ruedas u otros dispositivos de sustentación y mediante tracción de uno o más cables.
- Se consideran teleféricos a aquellos medios de transporte en los que los vehículos son desplazados o movidos en suspensión por uno o más cables, sin que exista camino terrestre de rodadura fijo, comprendiendo las telecabinas y telesillas.
- Se consideran telesquíes a aquellos medios de transporte que, mediante un cable, tiran de los usuarios pertrechados de equipos adecuados.

Una instalación de transporte por cable consta de los siguientes subsistemas principales.

- Cables y pinzas de cables.
- Equipo motor y frenos.
- Dispositivos mecánicos:



- ◆ Dispositivos de tensión de los cables.
- ◆ Dispositivos mecánicos en las estaciones.
- ◆ Dispositivos mecánicos en los soportes de línea.
- Vehículos:
 - ◆ Cabinas, sillas y dispositivos de arrastre.
 - ◆ Elementos de enganche.
 - ◆ Carros.
 - ◆ Sujeción a los cables.
- Dispositivos electrotécnicos:
 - ◆ Dispositivos de mando, control y seguridad.
 - ◆ Instalaciones de comunicación y de información.
 - ◆ Dispositivos de protección contra el rayo.
- Salvamento:
 - ◆ Dispositivos de salvamento fijos.
 - ◆ Dispositivos de salvamento móviles.

4.1 Requisitos de seguridad de las instalaciones de transporte por cable

Las instalaciones del teleférico estarán dotadas de los elementos relacionados con la seguridad procedente en virtud de sus propias características y de las circunstancias de su explotación. En ese sentido, las empresas concesionarias, en cualquier caso, estarán obligadas a instalar no sólo los dispositivos de seguridad exigidos en el presente pliego, sino también cuantos la Administración competente pueda ir considerando como necesarios en el transcurso de su explotación, a la vista de la evolución tecnológica.

Todos los dispositivos de seguridad de los que consta una instalación estarán conectados a un circuito de seguridad, de alimentación constante a baja tensión, que



deberá funcionar incluso en caso de avería de la red de suministro de energía eléctrica de la instalación.

Todo corte de la línea de seguridad, cortocircuito, fuga a tierra y, en general, cualquier anomalía producida en sus hilos conductores o detectada en los aparatos de control y medida, provocará automáticamente la parada de la instalación.

4.1.1 Teleféricos de vaivén

Los teleféricos de vaivén o de movimiento intermitente en circuito cerrado contarán con los siguientes dispositivos:

- Indicadores de situación de los vehículos y de su velocidad, de forma que quede asegurado el sincronismo y su posición correcta.
- Un aparato que controle la correcta ejecución del programa en aquellas instalaciones en las que el movimiento se realice conforme a este sistema. En concreto, si durante el frenado la desaceleración producida automáticamente por el freno de servicio es inferior al 80% de la prevista, deberá entrar en acción el freno de emergencia con el mismo tipo de regulación.
- Un aparato que controle la velocidad de los vehículos antes de entrar en la estación, que tendrá por objeto detenerlos antes de la llegada si su velocidad es excesiva. En el caso de instalaciones automáticas o con mando a distancia, deberán existir dos controles de entrada independientes.
- Un dispositivo automático que accione el freno de seguridad en las instalaciones de vaivén, si la cabina llegase a alcanzar el punto límite de su recorrido, caso en el cual no debe circular en servicio.
- En aquellas instalaciones cuya conducción sea posible desde diferentes lugares, los dispositivos adecuados para que no sea posible reanudar la marcha después de una parada por anomalía, sin previo acuerdo entre los agentes afectados y tras realizar las acciones pertinentes en el puesto de mando desde el que va a conducirse durante el resto del viaje.



4.1.2 Teleféricos de vaivén, no acompañados

En teleféricos de vaivén, no acompañados, deberá tenerse en cuenta, a la vista de las características de la instalación (existencia o no de soportes de línea, zonas ventosas, gálibo, etc.), el peligro ocasionado por el balanceo excesivo de las cabinas, por lo que habrán de establecerse las medidas de seguridad que convengan e instalar, si fuese necesario, un dispositivo automático capaz de detener la instalación.

4.1.3 Telesillas de pinza fija

En las telesillas de pinza fija deberá existir un dispositivo automático que accione el freno de seguridad cuando un viajero no haya desembarcado

4.1.4 Instalaciones con vehículos de pinza desembragable

En las instalaciones provistas de vehículos con pinza desembragable se debe garantizar que ninguna unidad pueda salir a la línea si su pinza no está debidamente acoplada al cable, así como que todas ellas queden liberadas al llegar a la estación de destino. Con este objeto se implantan las siguientes medidas de seguridad:

- Un dispositivo de control geométrico de posición correcta de la pinza y de sus elementos básicos antes de la salida del vehículo.
- Un dispositivo de control del apriete de las pinzas, que puede ser directo, si verifica que no deslizan al aplicar un esfuerzo superior a 0,4 veces el peso del vehículo cargado y a 1,3 veces la componente según el cable, o indirecto, si comprueba que la fuerza del muelle es la suficiente para evitar el deslizamiento, en las circunstancias más desfavorables, con coeficiente de seguridad 2. La retención producida por estos dispositivos debe ser estrictamente la indispensable para la realización del control, a fin de evitar impactos innecesarios y el balanceo de las cabinas que podría producirse si la misma fuese excesiva.



- Existirá un recorrido de seguridad, de longitud suficiente en función de la distancia de frenado, a partir del punto donde debe realizarse el acoplamiento o desacoplamiento de los vehículos, salvo que por otro procedimiento quede garantizado que un vehículo mal acoplado será retenido y consecuentemente podrá ser retirado o aparcado con posterioridad.
- No deberá ser posible el retroceso de los vehículos, una vez desacoplados.
- Las agujas o los transbordadores deberán tener unas características constructivas que hagan imposible la caída de las unidades.
- Estará inequívocamente señalada cuál es la distancia mínima entre vehículos, distancia que deberá ser respetada en cualquier circunstancia.
- El vehículo deberá alcanzar la zona de acoplamiento a una velocidad sensiblemente igual a la del cable.
- Deberá ser imposible la inversión imprevista del sentido del movimiento del cable.
- Existirá un dispositivo que impida que las pinzas se acoplen en las zonas de los empalmes del cable, a no ser que su abertura sea suficiente para permitir un acoplamiento normal en ellas.
- Si los dispositivos citados en los apartados a) y b) anteriores detectasen anomalías, deberá entrar automáticamente en acción el freno de emergencia.

4.1.5 Pulsadores de parada

- En lugares adecuados del puesto de mando y de los andenes de las estaciones se instalarán pulsadores de parada que permitan detener la instalación en caso de emergencia.
- Los vehículos acompañados deberán estar dotados de un dispositivo de parada que pueda ser accionado por el agente en caso necesario.



4.1.6 Parada automática

Deberá producirse automáticamente la parada de una instalación cuando se dé alguna de las siguientes circunstancias:

- Si el cable porta tractor se sale de los rodillos correspondientes.
- Si el cable tractor se sale de los rodillos y no puede volver a su posición normal. El dispositivo empleado deberá tener la máxima insensibilidad a las perturbaciones y excluir de modo absoluto que un cortocircuito provocado por el cable tractor pueda no ser detectado.
- Si el freno del carro entra en funcionamiento.
- Si los contrapesos o los carros de tensión alcanzan una posición extrema peligrosa. En el caso de que la distancia entre ambos elementos sea fija, bastará con que exista final de carrera en uno de ellos.

4.1.7 Tomas de tierra

Los edificios y sus instalaciones, así como los soportes de línea y todos los cables que, por su finalidad, no deban estar aislados dispondrán de toma de tierra, como norma general, mediante hilo de cobre, debiendo cumplirse, en todo caso, la normativa vigente de aplicación. Cuando los soportes de línea disten entre sí menos de 500m, será suficiente disponer tomas de tierra cuya separación no supere los 500m.

En el caso de cables que durante el servicio, ineludiblemente, deben de estar aislados, habrá de preverse una puesta a tierra que pueda conectarse fácilmente cuando la instalación no esté en funcionamiento.

4.1.8 Disparo automático de dispositivos de seguridad

Los relés inherentes a la seguridad entrarán en acción cuando falte la corriente, es decir, estarán permanentemente excitados durante el funcionamiento



normal del conjunto de la instalación. Las autoridades inspectoras podrán admitir relés de acción positiva en determinadas condiciones (redundancia, compensación con otros dispositivos, entre otros.).

4.1.9 Sobre tensiones

Deberá existir protección contra sobre tensiones accidentales (descargas atmosféricas, contactos fortuitos, entre otros.), tanto en el circuito de seguridad como en los de comunicación.

4.1.10 Control del viento

En toda instalación existirá un anemómetro cuyas indicaciones puedan ser captadas, al menos, en una de sus estaciones en funcionamiento, con el fin de conocer en todo momento la velocidad del viento y proceder a la paralización del servicio en caso necesario. En general, el anemómetro se instalará en el punto más azotado por el viento y su escala indicadora tendrá un contacto de posición variable que permita situar la señal de peligro al nivel deseado.

4.1.11 Aparatos de control

Las instalaciones deberán estar dotadas de aquellos aparatos de medición y control que, de acuerdo con sus características, faciliten su adecuada utilización y aseguren su correcto funcionamiento con objeto de garantizar la seguridad de los usuarios, del personal y de terceras personas.

Instalaciones mecánicas

- Equipo motor: la capacidad y el rendimiento del equipo motor de la instalación deberá cumplir los requisitos de los distintos modos y condiciones de funcionamiento.



- Motor de emergencia: la instalación deberá ir equipada de un motor de emergencia cuyo suministro energético deberá ser independiente del motor principal. No obstante, el motor de emergencia no es necesario si el análisis de seguridad demuestra que los usuarios pueden abandonar la instalación, y en particular los vehículos o dispositivos de arrastre, de forma fácil, rápida y segura, incluso a falta de un motor de emergencia.
- **Sistema de frenado:**
 - ◆ En caso de emergencia, la instalación y/o los vehículos deberán poder detenerse en cualquier momento, en las condiciones más desfavorables en lo referente a peso y adherencia a la polea que estén permitidas para su funcionamiento. La distancia de frenado será tan reducida como sea preciso para la seguridad de la instalación.
 - ◆ Los valores de desaceleración deberán ajustarse a límites adecuados, de modo que se garantice la seguridad de las personas y el funcionamiento correcto de los vehículos, cables y demás partes de la instalación.
 - ◆ Todas las instalaciones deberán ir provistas de dos o más sistemas de frenado, cada uno de los cuales deberá poder detener la instalación; los sistemas de frenado deberán estar coordinados de tal modo que puedan sustituir automáticamente al sistema activo cuando la eficacia de éste sea insuficiente. El último sistema de frenado de reserva del cable de tracción deberá actuar directamente sobre la polea de tracción. Estas disposiciones no se aplicarán a los telesquíes.
 - ◆ La instalación deberá estar provista de un dispositivo de parada y de inmovilización que impida que pueda volver a ponerse en funcionamiento de forma inintencionada.



4.1.12 Comunicaciones

- Conexión a la red telefónica nacional
- En una de las estaciones o en sus proximidades deberá instalarse un servicio telefónico conectado con la red nacional. En el caso de que ello no fuera posible, deberá disponerse de una instalación de radiofonía que pueda enlazar con un puesto permanente de escucha debidamente comunicado.
- Conexiones telefónicas entre estaciones
- Las estaciones de las instalaciones de transporte por cable estarán unidas entre sí telefónicamente con circuitos independientes de los de comunicación entre cabinas y estaciones, si esta comunicación existe. Para los casos en que se produzca alguna avería en la línea telefónica, estará previsto otro sistema de comunicación que pueda ponerse en servicio con la suficiente rapidez.

4.1.13 En teleféricos bicables

En los teleféricos bicables deberá existir unión telefónica entre los vehículos y la estación motriz.

Esta prescripción podrá dispensarse en líneas de corta longitud totalmente visibles desde el puesto de mando y, en este caso, el Reglamento de Explotación habrá de prever la suspensión del servicio en casos de mala visibilidad como consecuencia de condiciones meteorológicas adversas.

En caso de transmisión inductiva de palabras o señales, la seguridad de las comunicaciones no podrá quedar comprometida por circunstancias externas. Las informaciones que representen la conformidad a iniciar o reanudar un viaje se transmitirán por el sistema de llamada activa y deberán desaparecer en cuanto deje de cumplirse alguna condición necesaria que afecte a la seguridad del servicio.



4.1.14 Excepciones

En aquellos casos en que no sea obligatoria la conexión entre las unidades y la estación motriz deberá existir la posibilidad de informar a los viajeros si se producen determinadas circunstancias especiales, principalmente, en caso de perturbación en la explotación de la instalación, utilizando para ello unos medios proporcionados a la importancia de la misma, tales como altavoces instalados en los soportes de línea, entre otros.

CAPITULO V

5 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA TELEFÉRICO DE CARACAS

Para una mejor comprensión del funcionamiento del sistema teleférico, a continuación se muestra un esquema de la ubicación y distribución de los equipos principales:

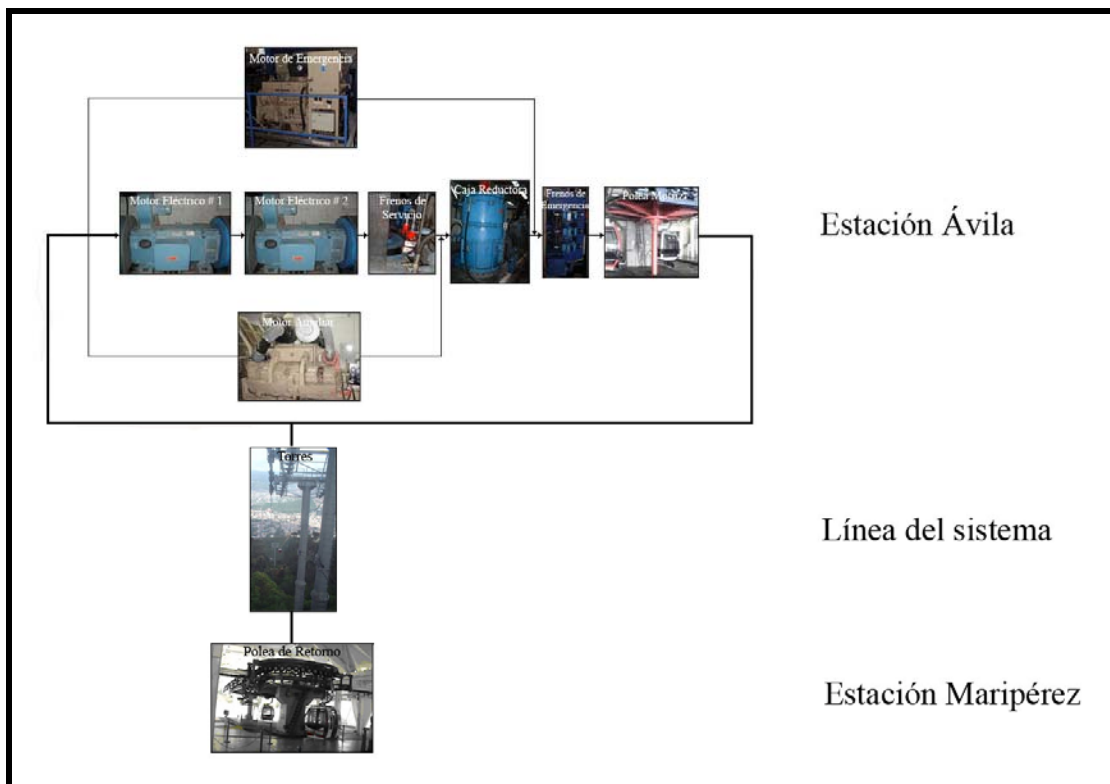


Figura 5.1 Esquema de ubicación y distribución de los equipos.

Descripción general de los equipos principales y su funcionamiento.

5.1 Motor de corriente continua

El sistema es accionado por dos motores de corriente continua, marca ABB, alimentados por un convertidor totalmente controlado en conexión puente de tres fases. Entre los accesorios de las maquinas se encuentran ventiladores superpuestos con filtros. Estos motores tienen una potencia de 600 Kwatt cada uno. La transmisión del par entre las maquinas de corriente continua se efectúa mediante asientos zunchados para soportar las grandes variaciones en la carga y el sentido de giro.



Figura 5.2 Motor de corriente continua.

5.2 Reductor

La potencia de salida de los dos motores eléctricos es transmitida a una caja reductora, la velocidad de accionamiento es de 1000 a 1800 R.P.M., la velocidad de salida es de 15.18 a 27.32 R.P.M. con un momento de giro de salida a la polea motriz de 480000 Nm.

La multiplicadora es de ruedas cónicas de tres regulaciones fabricada como engranaje abridado. Cada escalón contiene ruedas ordenadas en juegos. Dicha multiplicadora esta montada con rodamientos, la parte de las ruedas cónicas esta dotada de un accionamiento de emergencia o auxiliar para la lubricación por proyección, así mismo está equipada de un tanque de aceite, ya que el volumen de aceite del multiplicador es muy pequeño para el caudal de la bomba.



Figura 5.3 Reductor.

5.3 Bombas del reductor

La lubricación del reductor se realiza por medio de tres bombas de aceite marca KRAL. Las bombas 1 y 3 se alternan cada vez que se para el sistema, para mandar aceite a la parte superior del reductor, el aceite sale a una temperatura promedio de 55° C a un intercambiador de calor K1 para salir a una temperatura promedio de 40° C. La bomba 2 entra en funcionamiento cuando la temperatura del aceite llega a 60° C y bombea aceite a la parte inferior del reductor, el aceite va a un intercambiador de calor K2 para salir aproximadamente a 45° C y regresa al sistema.

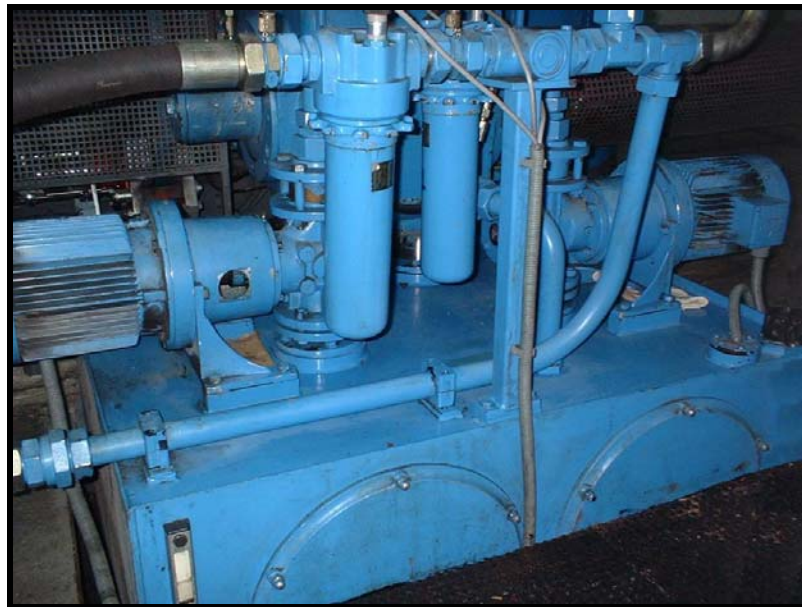


Figura 5.4 Bombas del reductor.

5.4 Polea motriz

El eje del reductor se acopla con la polea motriz a través de dos ruedas de cadena, las cuales están unidas entre si por una cadena de rodillos. Con quitar la cadena se puede desacoplar el volante del reductor.

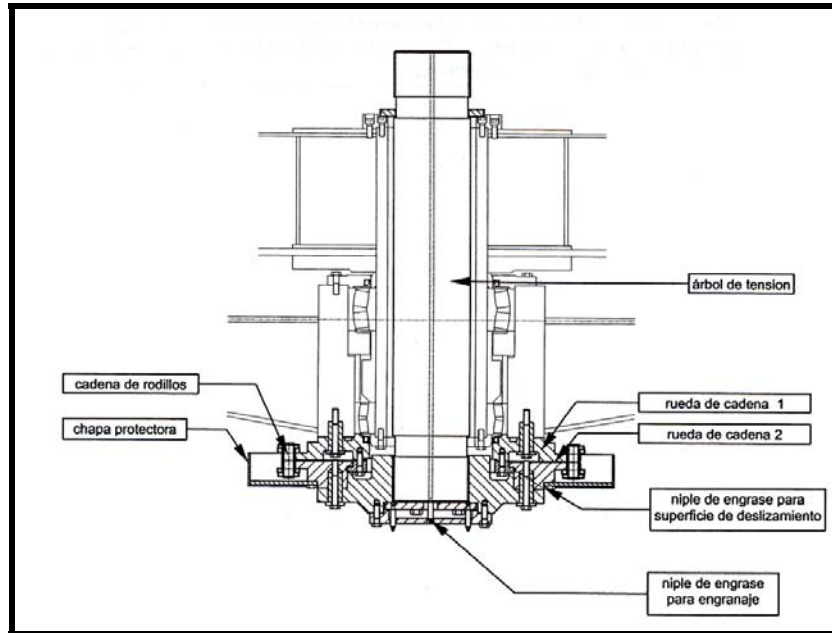


Figura 5.5.1 Polea motriz.

En los acoplamientos indivisibles el par de giro es transmitido al volante desde el árbol de torsión a través de topes de arrastre y casquillos de cizallamiento.

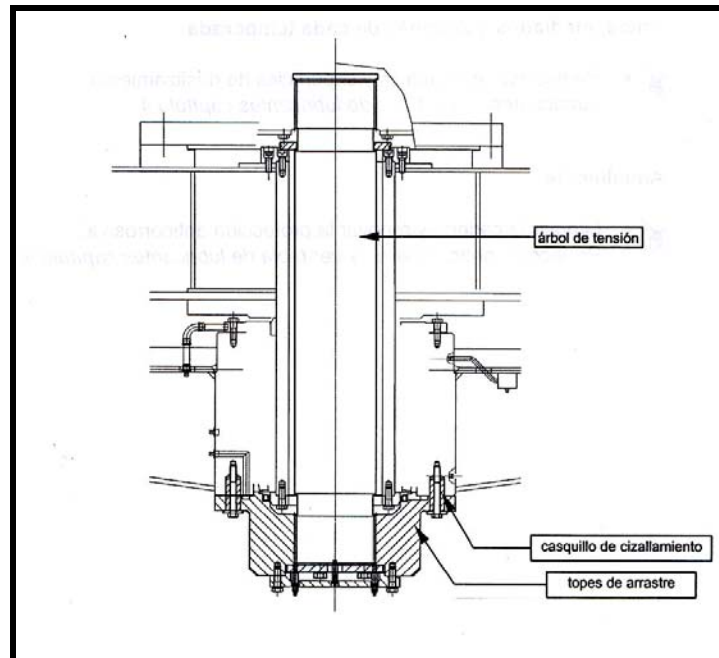


Figura 5.5.2 Polea motriz.

5.5 Cable tractor

El cable tractor está constituido por 7 cordones en espiral formados por 35 alambres cada uno y un alma de acero. Es muletillado para evitar su giro cuando se tracciona. Se observa que el cable tractor además del esfuerzo de tracción y de flexión, está sometido a otros esfuerzos de considerable importancia, como son los golpes continuos producidos por la abertura y cierre de las mordazas de las cabinas.

El alma de acero sufre sensiblemente dicho esfuerzo y es necesario que sea de gran resistencia y posea gran elasticidad.



Figura 5.6 Cable tractor.

5.6 Torres y poleas

La línea del sistema tiene 23 torres cada una con sus conjuntos de poleas correspondientes; se tienen conjuntos de poleas portantes, sujetadoras y alternas.

La sujeción de los conjuntos de poleas se efectúa por medio de tornillos de suspensión por debajo del travesaño de la torre. Las poleas "sin tornillos" compuestas por cojinetes ranurados de bolas de libre mantenimiento, bandajes de goma reemplazables y aros laterales de acero, están unidas al conjunto de poleas por medio de pernos.

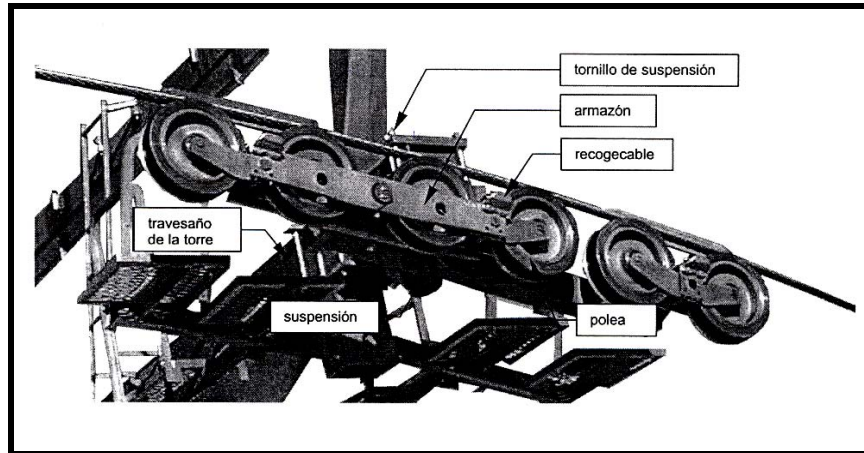


Figura 5.7 Torres y poleas.

5.7 Polea de retorno

En la estación Maripérez se encuentra la polea de retorno, el volante de retorno se apoya en rodamientos para absorber la fuerza de tracción del cable y el peso propio.

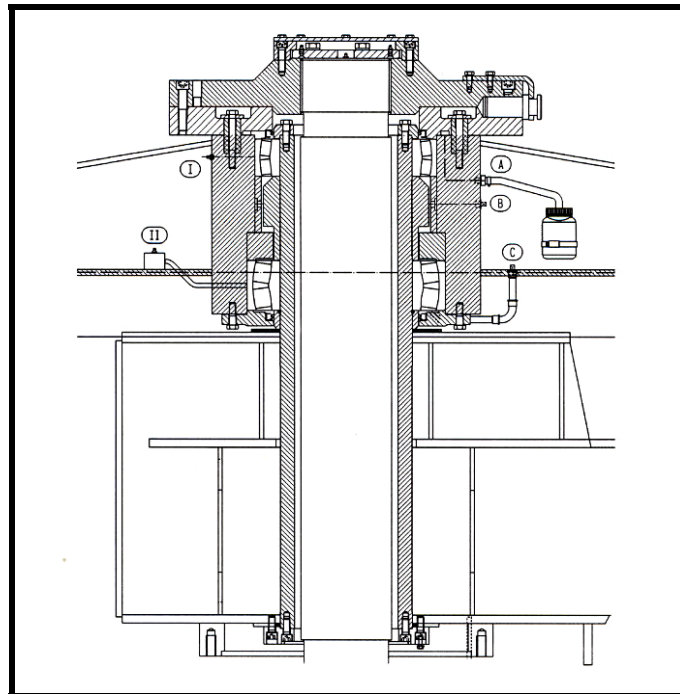


Figura 5.8 Polea de retorno.

5.8 Equipo tensor

El cable del sistema se mantiene tensionado por un sistema de cilindros hidráulicos ubicados en Maripérez, este equipo que reemplaza al contrapeso sirve para mantener constante la fuerza tensora básica del cable tractor. El equipo tensor hidráulico es maniobrado y controlado por medio de interruptores de presión en el sistema hidráulico.



Figura 5.9 Equipo tensor.

5.9 Frenos

5.9.1 Frenos de servicio

Están ubicados en la estación Ávila en la fosa, están formados por dos cuerpos base con sus correspondientes zapatas de freno móviles y el apoyo de freno de desplazamiento axial. Los forros de frenos están sujetos al cuerpo base con 4 pernos de forma flotante. Cuando este se abre, se levanta el forro de freno con el resorte del disco.

La apertura se realiza hidráulicamente a través de un cilindro, estos frenos ejercen fuerza de frenado directamente en el eje de salida de los motores eléctricos, antes de la entrada al reductor.

En el apoyo del freno se encuentran instalados dos interruptores independientes entre si. Estos sirven para el control de las funciones "Freno abierto/cerrado" y "desgaste del forro de freno" Estos interruptores son activados mecánicamente.

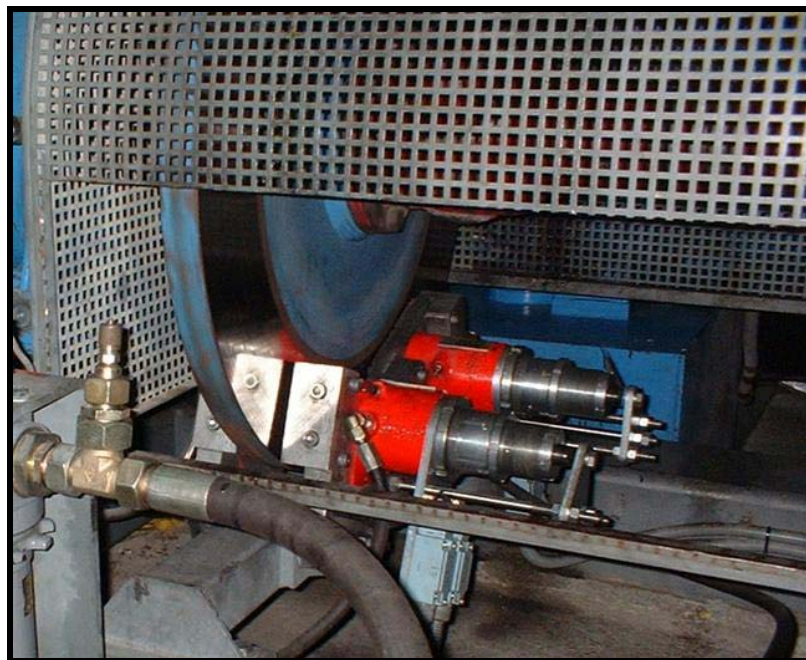


Figura 5.10.1 Frenos de servicio.

5.9.2 Frenos de emergencia.

Se sitúan en la estación Ávila y ejercen su fuerza de frenado directamente en la polea motriz. Está compuesto de un elemento básico y la unidad de zapatas de freno. La fuerza de frenado se produce por tres paquetes de muelles de disco, la apertura se realiza hidráulicamente al igual que los frenos de servicio.

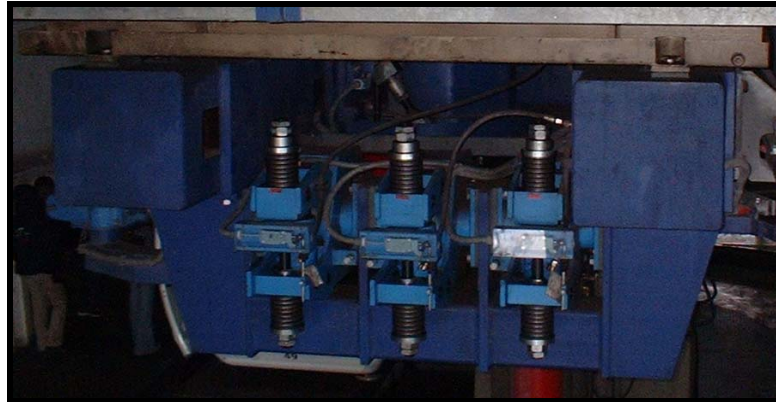


Figura 5.10.2 Frenos de emergencia.

5.10 Motor de emergencia

Es un motor Diesel 6 cilindros marca CUMMINS ubicado en la Estación de Ávila, éste es acoplado directamente al volante de la polea motriz desacoplando primero este del eje del reductor.



Figura 5.11 Motor de emergencia.

5.11 Motor auxiliar

Es un motor Diesel de marca CUMMINS 12 cilindros ubicado en la Fosa, éste se acopla directamente al reductor por medio de un sistema de acoplamiento de la caja reductora. Permite al sistema operar a una velocidad de 4 m/s y solo puede ser encendido desde la estación Ávila.



Figura 5.12 Motor auxiliar.

5.12 Cabinas

El sistema consta de 84 cabinas con una capacidad de 8 personas máximo cada una.

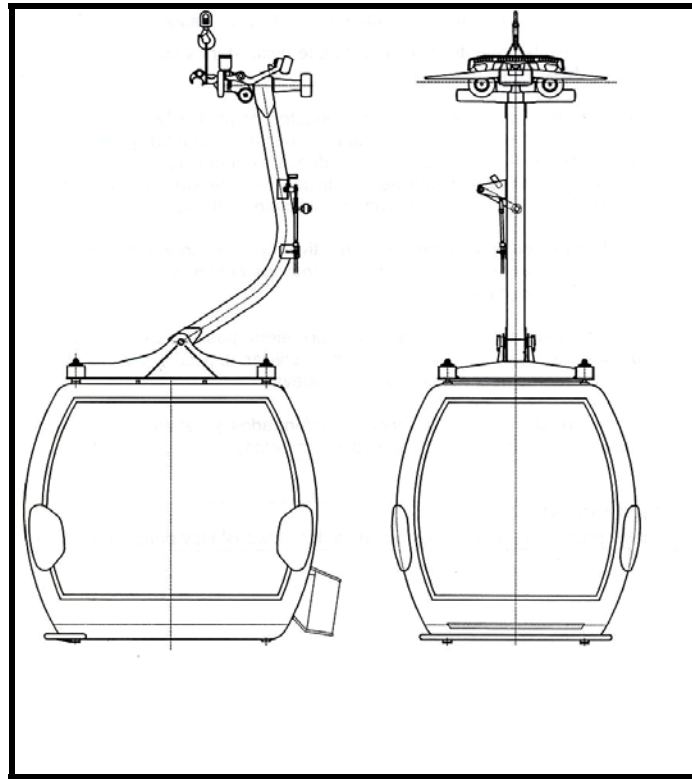


Figura 5.13.1 Cabina.

Cada cabina consta de un dispositivo de suspensión de cuatro puntos que esta compuesto por una barra de suspensión, el caño cuadrado y un armazón de cuatro puntos de construcción de chapa.

La amortiguación asegura una entrada suave de los vehículos con oscilación transversal en la zona de la estación.

La unión a las cabinas se efectúa por cuatro barras de tracción y cuatro elementos de amortiguación.

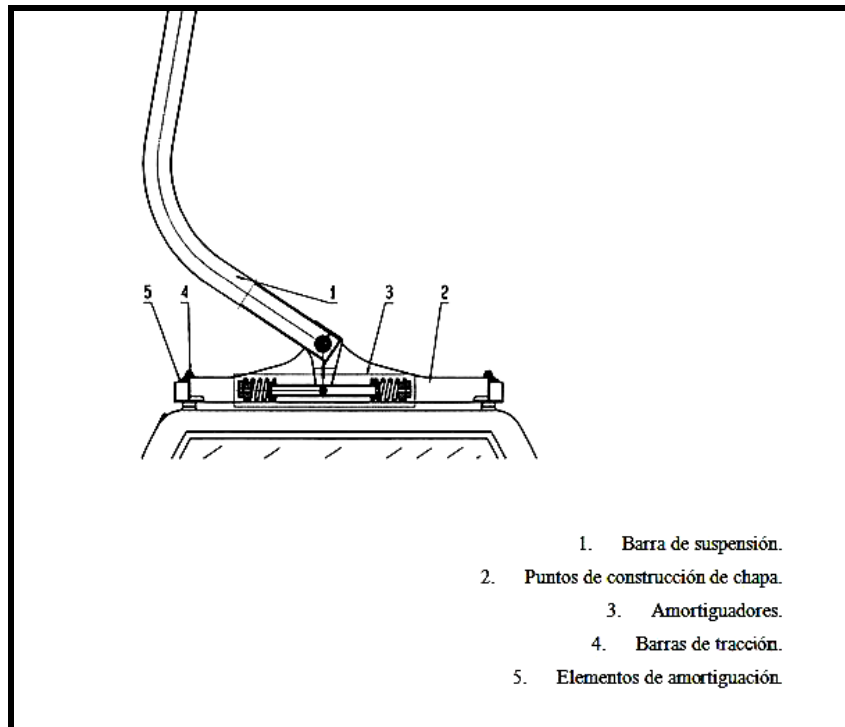


Figura 5.13.2 Elementos principales de la cabina.

5.13 Mordaza

Mordaza por barra de torsión. La fuerza de apriete se produce por cuatro barras de torsión (muelles de barra de torsión). En estas mordazas hay básicamente dos posiciones:

- Mordaza cerrada al cable sobre la línea.
- Mordaza abierta: En la zona de la estación después del desembragar del cable, y en el garaje.

La mordaza de sujeción fija es una pieza forjada con uniones para la fijación de las poleas y el forro de fricción sintético de las ruedas transportadoras.

El eje del dispositivo de suspensión está metido directamente a presión dentro de la mordaza de sujeción y adicionalmente asegurado por un tornillo.

Los muelles de torsión están alojados en el centro de la mordaza de sujeción fija. Los tubos de torsión están unidos articuladamente a la mordaza móvil por medio de un perno y un elemento de presión. En el extremo trasero de la mordaza móvil esta montada la polea de embrague.

Al final del eje del dispositivo de suspensión se encuentra una polea guía, la cual estabiliza la mordaza y el vehículo durante la entrada y la circulación por la estación.

La barra de suspensión del vehículo está alojada en el eje del dispositivo de suspensión y fijada por el tubo distanciador.

Sobre los extremos de los pernos, entre la mordaza fija y móvil, están montadas las lengüetas, las cuales son necesarias para pasar por los conjuntos de las poleas sujetadoras.

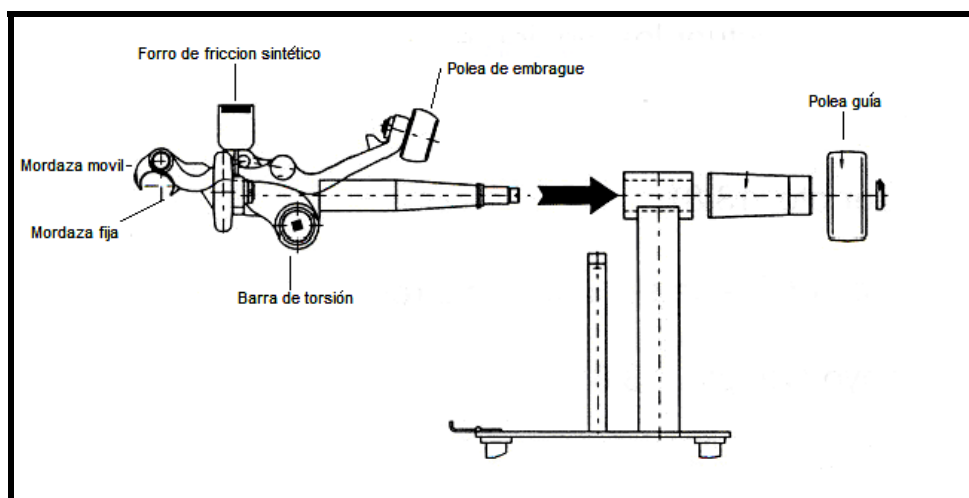


Figura 5.14.1 Mordaza. Vista lateral.

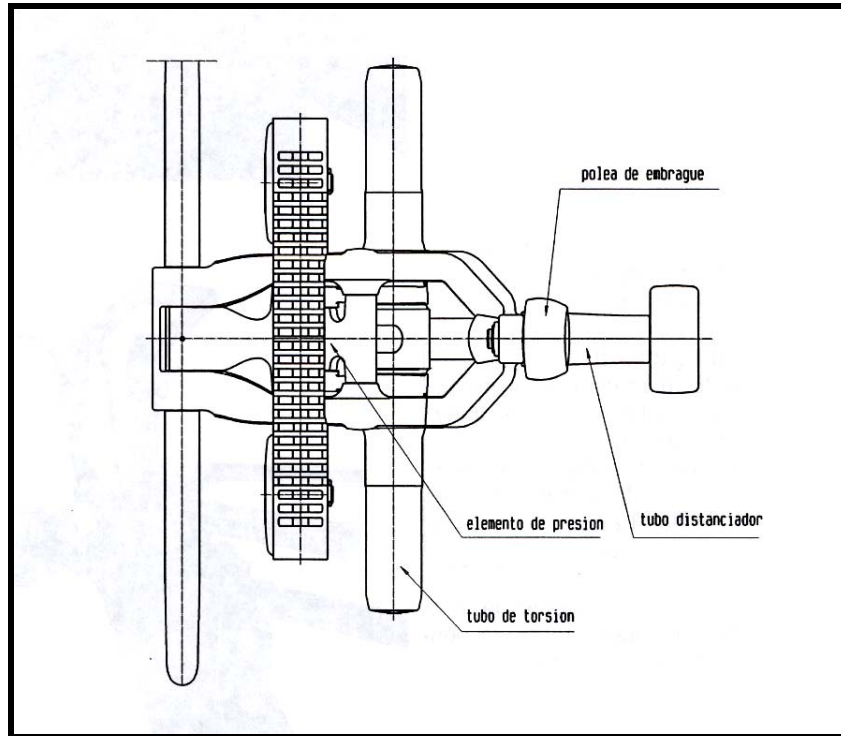


Figura 5.14.2 Mordaza. Vista superior.

5.14 Estación Ávila y Maripérez

Las estaciones son la zona donde se realiza el embarque y desembarque de personas en Ávila y Maripérez, lugar donde se efectúa el embrague y desembrague de las cabinas.

Las cabinas están agarradas al cable tractor por el sistema de mordaza la cual tiene un apriete aproximadamente de 5000 N. La cabina llega a la estación y la polea de embrague entra en un carril y de manera mecánica se produce el desembrague de la mordaza. Una vez suelta la mordaza, la cabina queda sujeta por medio de un par de poleas que entran al carril de rodadura de la estación, y es movida por medio de una hilera de cauchos que empujan a la cabina por el forro de fricción sintético del sistema de mordaza y disminuyen progresivamente de velocidad hasta llegar al área de carga y descarga de personas, luego la velocidad gradualmente aumenta hasta

llegar a la velocidad de la guaya, punto en el cual se produce nuevamente el embrague de la mordaza a la guaya.



Figura 5.15 Estación Ávila y Maripérez.

5.15 Sistemas de seguridad del teleférico de Caracas

5.15.1 Sensores de las torres (RPD)

Están ubicados en cada una de las torres del sistema. Mediante impulsos electromagnéticos intermitentes, realizan una lectura de la guaya.



Figura 5.16.1 Sensores de las torres (RPD).

5.15.2 Contador carrera de cable.

Control del emisor de impulsos. Cada vuelta de la polea produce 5 impulsos los cuales son enviados al panel de control.



Figura 5.16.2 Contador carrera de cable.

5.15.3 Sensores de proximidad (Sistema anticolidión)

El recorrido de la cabina entre el punto de entrada y salida de la estación Ávila y Maripérez esta dividido en 7 zonas, en los extremos de cada una hay contadores de impulsos, 8 en total, estos realizan un conteo del numero de impulsos entre un sensor y otro de cada zona, los cuales deben estar dentro de un rango que depende del numero de cabinas incorporadas al servicio. De no estar el número de impulsos dentro de los rangos permitidos se para el sistema.

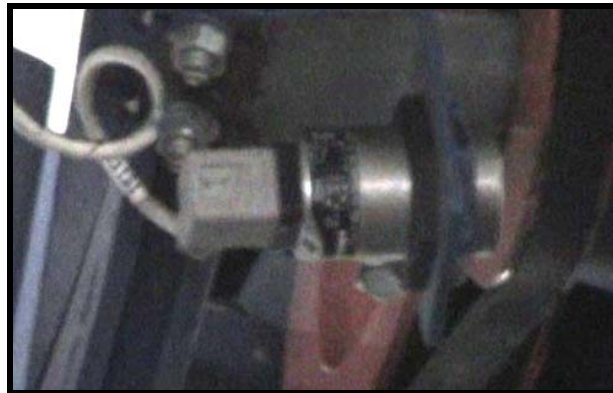


Figura 5.16.3.1 Sensor de proximidad.

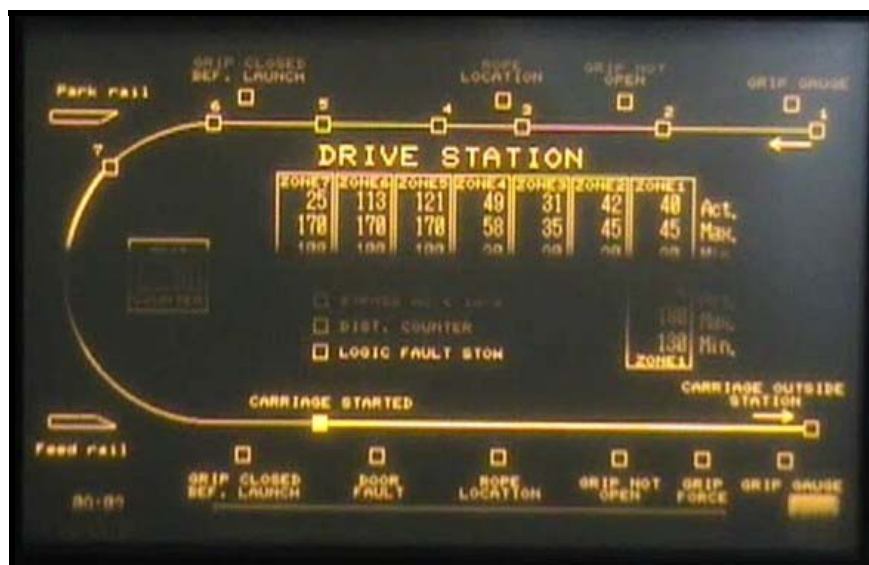


Figura 5.16.3.2 Vista en el panel de control de los Sensores de proximidad.

5.15.4 Equipo de control de fuerza de apriete (Grip Force)

Sistema de medición de la fuerza de apriete de la mordaza a la guaya. En el momento de embrague de la cabina, la polea de embrague rueda por una lamina deformándola, esta deformación es medida por un dispositivo el cual esta a 3mm de la lamina enviando una señal al panel. Si la fuerza de apriete es menor a 3800N el sistema se detiene.



Figura 5.16.4.1 Equipo de control de fuerza de apriete (Grip Force)



Figura 5.16.4.2 Vista en el panel de control del valor de la fuerza de apriete.

5.15.5 Sistema de verificación de mordaza cerrada

Dispositivo ubicado en la entrada y la salida de la estación Ávila y Maripérez. La polea de embrague de la mordaza pasa a aproximadamente a 2cm del seguro, si lo toca, el dispositivo se activa avisando al sistema que la mordaza esta abierta parándolo inmediatamente.

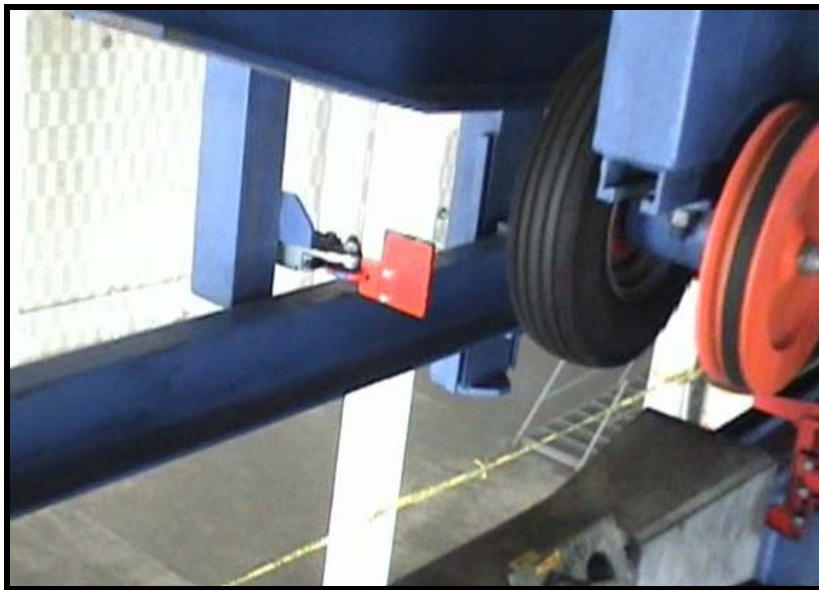


Figura 5.16.5 Sistema de verificación de mordaza cerrada.

5.15.6 Sistemas de verificación de alineación de la guaya (Rope location)

Sistemas encargados de verificar el correcto alineamiento de la guaya en las estaciones. Si los bandajes de las poleas de alineación están gastados, la guaya desciende o se desplaza horizontalmente a un punto que la guaya choca con el interruptor, dando así una alarma en el panel y parando el servicio.



Figura 5.16.6 Sistemas de verificación de alineación de la guaya (Rope location).

5.15.7 Control y seguro de embrague +/- 10%

Éste permite verificar que la mordaza esté cerrada correctamente. En caso contrario, se detiene el sistema.

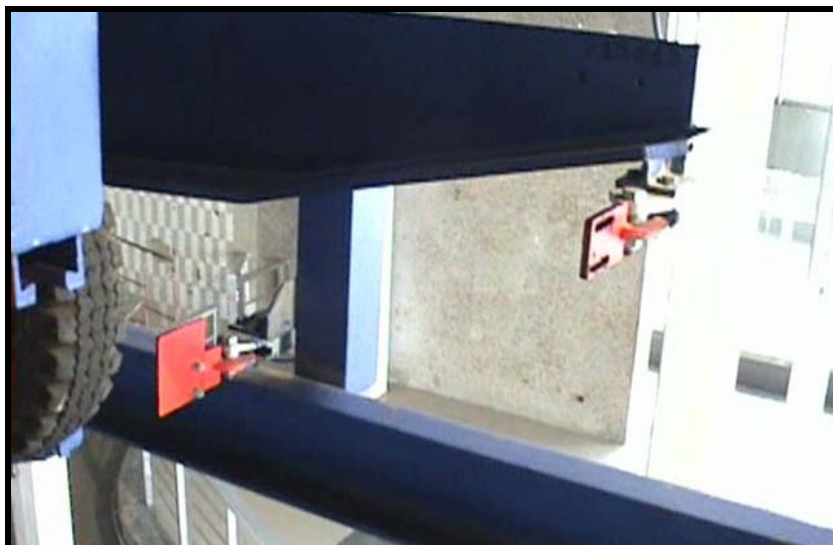


Figura 5.16.7 Control y seguro de embrague +/- 10%

5.15.8 Interruptores de parada de emergencia

Interruptores ubicados a lo largo de toda la estación en Ávila y Maripérez que al ser activados detiene el sistema y no permite que arranque hasta ser desactivados.



Figura 5.16.8 Interruptores de parada de emergencia.

5.15.9 Tenedores

Son dispositivos de seguridad ubicados en las torres y estaciones debajo del paso de la guaya en posiciones estratégicas, de manera tal que si la guaya se descarrila de las poleas cae sobre el soporte rompiendo el tenedor y parando el sistema de inmediato.



Figura 5.16.9 Tenedores.



CAPÍTULO VI

6 DIAGNÓSTICO DEL SISTEMA DE MANTENIMIENTO DE LA EMPRESA

Para lograr el desarrollo de una eficaz gestión de mantenimiento, es necesario realizar una evaluación detallada del sistema de mantenimiento actual existente en la empresa, por esta razón se llevó a cabo un estudio del mismo, realizando un análisis de los aspectos cualitativos de los factores del mantenimiento de la empresa, fundamentada en: Entrevistas al personal obrero, mecánico, ingenieros y gerente de mantenimiento y operaciones. Luego se utilizó la norma COVENIN 2500-93 que contempla un método cuantitativo, para la determinación de la capacidad de gestión de la empresa en lo que respecta al mantenimiento mediante el análisis y calificación de los siguientes factores.

- Organización de la empresa
- Organización de la función de mantenimiento.
- Planificación, programación y control de las actividades de mantenimiento.
- Competencia del personal.

6.1 Evaluación cualitativa

Luego de realizadas las entrevistas necesarias al personal de la empresa y de un estudio y análisis del mantenimiento de la empresa se pudo observar que tiene las siguientes fortalezas y debilidades.



6.1.1 Fortalezas

- **Organización de mantenimiento**

La empresa tiene bien asignadas las funciones y responsabilidades de los diferentes componentes dentro de la organización, disponiendo de formatos de chequeos rutinario y programado sacados en su mayoría de los manuales del fabricante, que mantienen a los operarios en constante vigilancia del sistema.

- **Planificación del mantenimiento**

La empresa tiene manuales de la mayoría de los equipos, en los cuales está bien especificado los mantenimientos a realizar y los repuestos necesarios para llevar a cabo estas labores. Las actividades de mantenimiento programado están debidamente colocadas con una elasticidad adecuada para que no interrumpa el servicio.

- **Personal capacitado**

Personal con bastante conocimiento del sistema, que labora desde la instalación del sistema teleférico, esta debidamente instruido para atacar de manera organizada una falla del sistema.

- **Selección del personal**

La empresa tiene buen conocimiento del personal necesario de mantenimiento, así como las labores que cumple y el nivel de conocimiento para realizar de manera efectiva las labores de mantenimiento.

- **Equipos y herramientas**

El personal de mantenimiento está bien dotado de equipos y herramientas de buena calidad para la realización de sus labores.



6.1.2 Debilidades

- **Aislamiento de los departamentos**

No hay integración de los departamentos en la empresa, por lo que el departamento de mantenimiento esta aislado de los demás.

- **Falta de supervisión de las actividades de mantenimiento**

Las actividades realizadas no llegan correctamente al último nivel supervisorio necesario y carecen de un debido registro de las operaciones de mantenimiento realizadas.

- **Falta de control de las actividades de mantenimiento**

No se tienen registros de los tiempos de parada, así como tampoco un correcto registro de los mantenimientos realizados ni las causas y consecuencias de las fallas.

- **Falta de control de los sistemas**

No hay codificación de los equipos, ni hay registro de fácil acceso de la ubicación de maquinarias del sistema.

- **Desorganización de equipos y herramientas**

No se lleva un adecuado control de las herramientas de la empresa, no se tiene un inventario ni formato de préstamos de las mismas.

6.2 Evaluación cuantitativa

A continuación se presenta la metodología utilizada para el análisis cuantitativo de la gestión de mantenimiento de la empresa, seguido de la ficha de evaluación de la norma COVENIN 2500-93.



La norma contempla una serie de principios básicos ponderados, los cuales son conceptos que reflejan la organización y funcionamiento, sistemas y equipos que deben existir y aplicarse en mayor o menor proporción para lograr los objetivos de mantenimiento.

Seguidamente se nombran una serie de deméritos, que son aspectos parciales referidos a un principio básico, que por omisión o su incidencia negativa origina que la efectividad de este no sea completa, disminuyendo en consecuencia la puntuación total de dicho principio.

Para realizar la evaluación se mantuvo una entrevista con el personal dirigente de mantenimiento, con el objeto de efectuar un análisis de los aspectos cualitativos recogidos en los distintos principios básicos.

Ficha de evaluación

Para obtener un perfil de la empresa la norma COVENIN 2500-93 incluye un formato para llevar el resultado de la evaluación, la ficha consta de las siguientes columnas:

- **Columna A**

Se refiere al área de mantenimiento a evaluar.

- **Columna B**

Se refiere al principio básico a evaluar.

- **Columna C**

Se refiere a la puntuación máxima asignada para cada principio básico según la norma.



- **Columna D ($D_1+D_2+\dots+D_n$)**

Se indica el valor de los deméritos obtenidos por los evaluadores de la empresa en cada principio básico.

- **Columna E**

Se indica la suma total de los deméritos alcanzados en la columna anterior.

- **Columna F**

Se coloca la diferencia entre la puntuación máxima de la columna C y el valor total de los deméritos de la columna E.

- **Puntuación grafica**

En la casilla correspondiente a los totales obtenidos se indica la suma de las puntuaciones obtenidas en la columna F.

El valor obtenido se compara con la puntuación obtenible, (columna C) y se calcula el porcentaje.

Se trazan barras horizontales que parten de la casilla correspondiente a los totales obtenidos en la columna F y se prolongan hasta el porcentaje parcial de cada capítulo obtenido y previamente indicado en la columna G.

A continuación se muestra el perfil de la empresa con la ficha COVENIN 2500-93:



SISTEMA DE MANTENIMIENTO															
FICHA DE EVALUACIÓN															
EMPRESA: Inversora Turística Caracas S.A.					FECHA: 20/10/2004										
					EVALUADORES: Lemoine Frederic; Mastrolonardo Giuseppe										
					INSPECCIÓN NÚMERO: 0001										
A	B	C	D(D1+D2+...+Dn)	E	F	G%									
ÁREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS		TOTAL DEME.	PTS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
I ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	1. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	60	10+15+0	25	35										
	2. AUTORIDAD Y AUTONOMÍA	40	0	0	40										
	3. SISTEMA DE INFORMACIÓN	50	10+5+5+10+10	40	10										
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO	85											
II ORGANIZACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. FUNCIONES Y RESPONSABILIDADES	80		0	80										
	2. AUTORIDAD Y AUTONOMÍA	50		15	35										
	3. SISTEMA DE INFORMACIÓN	70	15+15+10+10+10	60	10										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	125											
III PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO	1. OBJETIVOS Y METAS	70	20+20+15	55	15										
	2. POLÍTICAS PARA PLANIFICACIÓN	70	20+20+5+15	60	10										
	3. CONTROL DE EVALUACIÓN	60		60	0										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	25											
IV MANTENIMIENTO RUTINARIO	1. PLANIFICACIÓN	100	20+10	30	70										
	2. PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	80	10+10+10+10+5	45	35										
	3. CONTROL Y EVALUACIÓN	70		70	0										
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	105											
V MANTENIMIENTO PROGRAMADO	1. PLANIFICACIÓN	100		100	0										
	2. PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	80		80	0										
	3. CONTROL Y EVALUACIÓN	70		70	0										
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	0											
VI MANTENIMIENTO CIRCUNSTANCIAL	1. PLANIFICACIÓN	100		100	0										
	2. PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	80	15+20+15+15	65	15										
	3. CONTROL Y EVALUACIÓN	70		70	70										
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	85											



FICHA DE EVALUACIÓN															
EMPRESA: Inversora Turística Caracas S.A.					FECHA: 20/10/2004										
					EVALUADORES: Lemoine Frederic; Mastrodonardo Giuseppe										
					INSPECCIÓN NÚMERO: 0001										
A	B	C	D(D1+D2+...+Dn)	E	F	G%									
ÁREA	PRINCIPIO BÁSICO	PTS		TOTAL DEME.	PTS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VII MANTENIMIENTO CORRECTIVO	1. PLANIFICACIÓN	100	30+30+20	80	20	■	■								
	2. PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	80	20	20	60	■	■	■	■	■	■	■	■		
	3. CONTROL Y EVALUACIÓN	70		70	0										
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	80			■	■							
VIII MANTENIMIENTO PREVENTIVO	1. DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS	80		80	0										
	2. PLANIFICACIÓN	40	20	20	20	■	■	■	■						
	3. PROGRAMACIÓN E IMPLANTACIÓN	70	15+10+10	35	35	■	■	■	■						
	4. CONTROL Y EVALUACIÓN	60		60	0										
TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	55			■	■								
IX MANTENIMIENTO POR AVERÍA	1. ATENCIÓN A LAS FALLAS	100	20+15+15	50	50	■	■	■	■	■					
	2. SUPERVISIÓN Y EJECUCIÓN	80	10+10+5+5	30	50	■	■	■	■	■	■				
	3. INFORMACIÓN SOBRE LAS AVERÍAS	70	20+20+20	60	10	■									
	TOTAL OBTENIBLE	250	TOTAL OBTENIDO	110			■	■	■						
X PERSONAL DE MANTENIMIENTO	1. CUANTIFICACIÓN DE LAS NECESIDADES DEL PERSONAL	70		0	70	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2. SELECCIÓN Y FORMACIÓN	80	10+10	20	60	■	■	■	■	■	■	■	■		
	3. MOTIVACIÓN E INCENTIVOS	50		50	0										
	TOTAL OBTENIBLE	200	TOTAL OBTENIDO	130			■	■	■	■	■	■	■	■	■
XI APOYO LOGÍSTICO	1. APOYO ADMINISTRATIVO	40	5+5+5+5+5	25	15	■	■	■	■						
	2. APOYO GERENCIAL	40		40	0										
	3. APOYO GENERAL	20	10	10	10	■	■	■	■						
	TOTAL OBTENIBLE	100	TOTAL OBTENIDO	25			■	■	■						
XII RECURSOS	1. EQUIPOS	30	5+5	10	20	■	■	■	■	■	■				
	2. HERRAMIENTAS	30	5+5	10	20	■	■	■	■	■	■				
	3. INSTRUMENTOS	30	5+5	10	20	■	■	■	■	■	■				
	4. MATERIALES	30	3+3+3+3+3+3	18	12	■	■	■	■	■	■	■			
	5. REPUESTOS	30	3+3+3+3	12	18	■	■	■	■	■	■	■			
	TOTAL OBTENIBLE	150	TOTAL OBTENIDO	90			■	■	■	■	■	■	■	■	■

Tabla 6.1 Evaluación del sistema de mantenimiento.



La evaluación cuantitativa de la empresa refleja un perfil de sus fortalezas y debilidades, pudiéndose observar las siguientes fortalezas.

- **Organización de la empresa**
Autoridad y autonomía: 100%
- **Organización de mantenimiento**
Funciones y responsabilidades: 100 %
- **Mantenimiento circunstancial**
Control y evaluación: 100%
- **Personal de mantenimiento**
Cuantificación de las necesidades del personal: 100%

El resto de las áreas reflejan valores variantes desde 0 a 60%. La puntuación porcentual global obtenida fue de 37,97%; siendo 50% el mínimo aceptable se observa la necesidad de implementación de planes para la mejora de su gestión de mantenimiento para garantizar una mayor confiabilidad del sistema teleférico.



CAPÍTULO VII

7 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad asegura que se emprendan las acciones correctas de mantenimiento preventivo y predictivo y elimina las acciones que no poseen impacto alguno en la frecuencia de fallas. Para lograr este objetivo se determinará cual de los sistemas produce un mayor impacto en el servicio cuando este deja de cumplir sus funciones. Primero es necesario conocer los equipos y las funciones que cumplen dentro del sistema. Para facilitar su localización y organización se codificarán los equipos, para luego utilizar el método de análisis de la criticidad. Este análisis permitirá enfocar el estudio y la mayor parte de los recursos asignados a las tareas de mantenimiento, a aquellos sistemas de mayor importancia para el funcionamiento del teleférico, además de establecer de manera prioritaria las ordenes de mantenimiento a crear.

Conocidos los sistemas más críticos, se analizarán las funciones que deben cumplir, las cuales ya han sido establecidas anteriormente, para luego realizar el análisis de los modos y efectos de fallas, con el objetivo de identificar el riesgo de falla de los componentes de los equipos del sistema. Esto nos permitirá catalogar los componentes y establecer tareas de mantenimiento preventivo o predictivo que permitan evitar sus posibles causas de fallas, para finalmente obtener siguiendo una secuencia lógica de decisión, las tareas de mantenimiento.

Conocido el tipo de tarea a ejecutar, se procederá a agrupar por equipos y ordenar por frecuencia las actividades, creando rutinas y obteniendo de esta manera

los programas de mantenimiento.

Para un correcto control de los mantenimientos, se diseñará una secuencia lógica para el orden de ejecución de las funciones, con la finalidad de involucrar a todo el personal y de esta manera lograr que las tareas sean debidamente supervisadas y aprobadas. Para facilitar el registro de las actividades y de las fallas, se diseñará una base de datos manejada por Visual Basic, que permitirá de manera sencilla llevar un control del historial de fallas y de mantenimientos para poder de esta manera contar a futuro con una data de fallas de los equipos.

Secuencia a utilizar para la aplicación de la metodología del MCC:

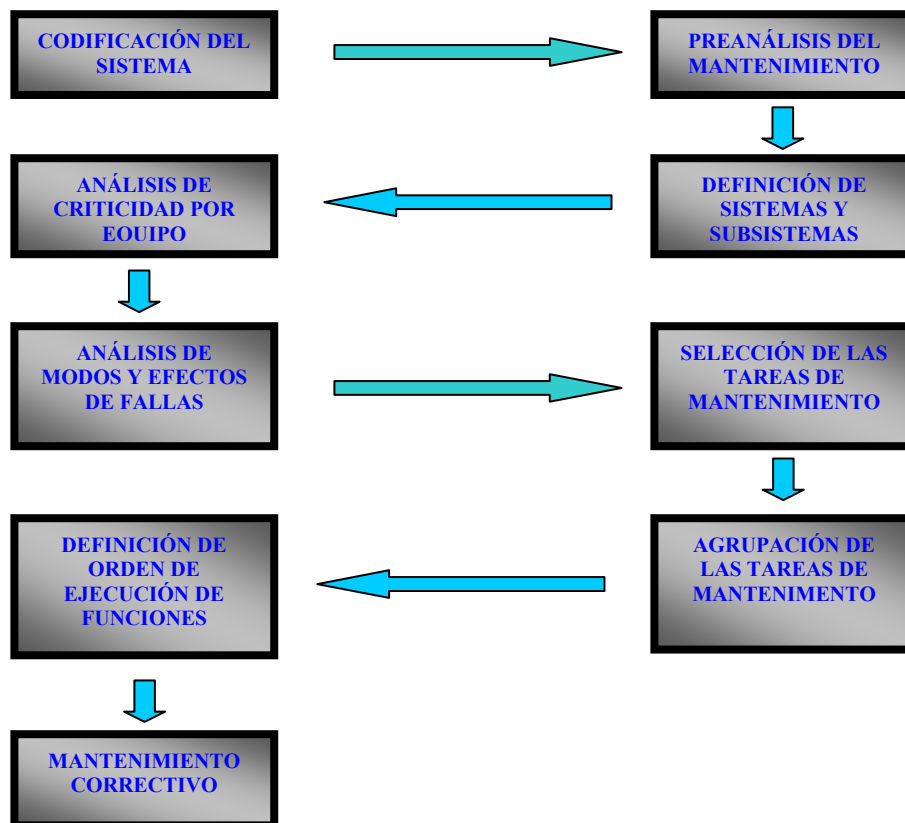


Figura 7.1 Diagrama de bloques, metodología MCC.

7.1 Codificación del sistema

Para conocer y ubicar todos los equipos del sistema de manera más sencilla y facilitar una futura implementación de un software se realizó la codificación de los equipos.

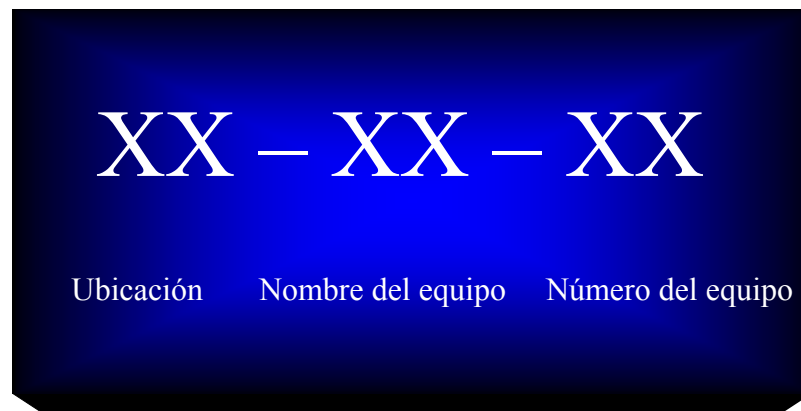


Figura 7.2 Codificación del sistema.

El sistema se dividió en tres estaciones y cada estación en posiciones técnicas, la codificación de ubicación abarca ambas.

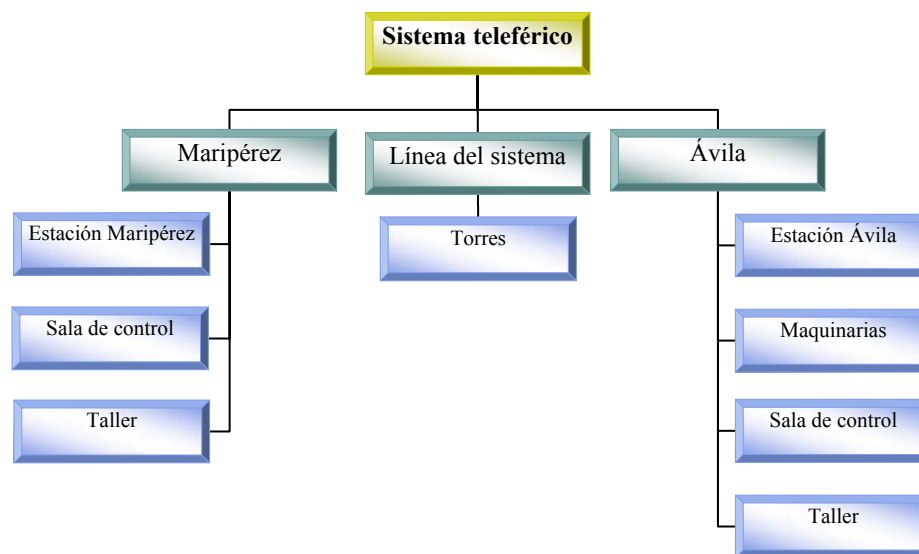


Figura 7.3 Organigrama del teleférico.



El primer dígito de la primera serie nos dice la estación en que estamos ubicados.

Estación	Código
Maripérez	MX - XX - XXX
Línea del sistema	LX - XX - XXX
Ávila	AX - XX - XXX

Tabla 7.1.1 Codificación del sistema. Estación.

El segundo dígito de la primera serie se refiere a la posición técnica.

Posición técnica	Código
Estación	XE - XX - XXX
Planta baja	XP - XX - XXX
Sala de control	XS - XX - XXX
Taller	XD - XX - XXX
Torre	XT - XX - XXX

Tabla 7.1.2 Codificación del sistema. Posición técnica

Los siguientes dos dígitos de la codificación corresponden al equipo del sistema. Para el caso de la *línea del sistema* se agrega un nuevo dígito. Teniendo entonces un subsistema que sería la torre con su número correspondiente.

Equipo	Código
Motor de emergencia	XX - MD - XXX
Bomba de aceite del reductor	XX - BR - XXX
Motor eléctrico	XX - ME - XXX
Motor del reductor	XX - MR - XXX
Polea de torre 1	XX - P01 - XXX

Tabla 7.1.3 Codificación del sistema. Equipo.



Seguidamente tenemos el número del equipo para los casos en los que tenemos más de uno.

Por ejemplo, el código para el Clutche o freno electromagnético número 2 ubicado en Ávila, estación Ávila queda:

Código: AECE002	
A	ÁVILA
E	ESTACIÓN ÁVILA
CE	CLUTCHE ELECTROMAGNÉTICO
002	NÚMERO 2

Tabla 7.1.4 Codificación del sistema. Código.

Ver **Anexo A1.1** Codificación de los equipos

7.2 Preanálisis del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad

El proceso de preanálisis nos dará una base y unas pautas a seguir para empezar todo el plan de mantenimiento en el cual se plantearán los siguientes aspectos:

- *Grupo de trabajo.*
- *Recolección de información.*

7.2.1 Grupo de trabajo

Se formó un grupo de trabajo multidisciplinario conformado por ingenieros, supervisores, operarios y especialistas en otras áreas, para poder definir y clasificar



los objetivos y alcances con el propósito de llevar a cabo la elaboración del plan de mantenimiento.

7.2.2 Recolección de información

La recolección de información se llevó a cabo principalmente con la ayuda de los manuales de los equipos, la información brindada por los operarios y el personal de mantenimiento. Una pequeña parte de la información se obtuvo de unos cuadernos en los cuales se lleva registrado de una manera bastante informal un porcentaje de las fallas y de los mantenimientos realizados.

En este proceso se recolectó la siguiente información necesaria para el inicio del plan de mantenimiento:

- Información de las fallas de servicio
- Planteamiento de los sistema a estudiar
- Programas de mantenimiento actuales
- Frecuencia y causas de fallas mas comunes en servicios
- Descripción de los sistemas

7.3 Definición de los sistemas y subsistemas

Se realizó una selección de los sistemas a estudiar, estos debían ser de gran importancia para el servicio, ser ni demasiado simples ni demasiado complejos y debería tener un nivel significativo de datos de fallas o problemas. También se tomaron en cuenta criterios de seguridad al personal usuario y operario a la hora de seleccionar los sistemas.

El MCC se basa en las funciones y el rendimiento de los sistemas y subsistemas para la generación de estrategias de mantenimiento, teniendo como objetivo principal asegurar que este cumpla con su función. Luego de la selección de

los sistemas se definen las funciones, entradas y salidas de los sistemas, también se establecen los subsistemas y los componentes que los componen.

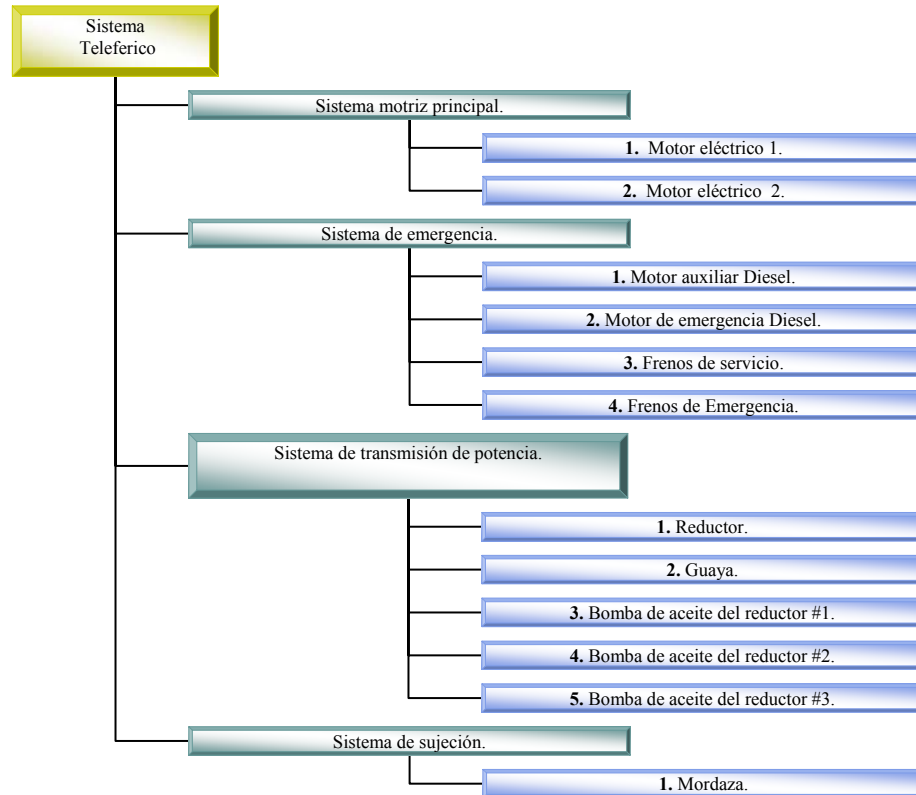


Figura 7.4 Diagrama de sistemas y subsistemas.

Para cada uno de los sistemas y subsistemas se crearon los siguientes formatos para localizar de manera rápida la función que cumplen sus subsistemas y componentes identificables respectivamente con algunas de sus características principales:



Para los formatos de los sistemas tenemos la siguiente tabla:

Nombre del sistema: Sistema motriz principal.
Función: Suministrar la potencia necesaria para arrancar y mantener en movimiento el sistema teleférico.
Subsistemas identificables: <ol style="list-style-type: none">1. Motor eléctrico 1.2. Motor eléctrico 2.
Entradas: <ol style="list-style-type: none">1. Energía eléctrica 440 V Continua.2. Aire de la atmósfera.
Salidas: <ol style="list-style-type: none">1. Potencia: 600 kwatt.

Tabla 7.2 Formato de planilla de sistema.



Para los formatos de los subsistemas tenemos la siguiente tabla:

Nombre del subsistema: Motor eléctrico.
Función: Suministrar la potencia necesaria para arrancar y mantener en movimiento el sistema teleférico.
Componentes identificables: <ol style="list-style-type: none">1. Ventilador.2. Tacómetro.3. Rotor.4. Rodamientos.5. Escobillas.6. Base.
Entradas: <ol style="list-style-type: none">1. Energía eléctrica 440 V continua.2. Aire de la atmósfera.
Salidas: <ol style="list-style-type: none">1. Potencia al eje de entrada del reductor.

Tabla 7.3 Formato de planilla de subsistema.

Ver **Anexo I A1.3** Fichas de sistemas y subsistemas

7.4 Análisis de la criticidad.

Una vez definidos los sistemas y subsistemas se procedió a realizar el análisis de la criticidad, el cual se dividió en dos etapas. En la primera se analizaron los equipos sin tomar en cuenta sus componentes, evaluando una serie de factores que nos permitieron saber cuales eran los equipos más críticos en el sistema.



A continuación se da una breve descripción de los factores tomados en cuenta para el análisis de criticidad por equipos en el sistema:

Tasa de falla: Es la frecuencia con que se produce una falla o realiza un mantenimiento. Teniendo como *porcentaje máximo 20%*.

- Si *nunca falla* o nunca se le hace mantenimiento al equipo se le asigna un valor de *0%*
- Si *siempre falla* o siempre se realiza mantenimiento al equipo se le asigna un valor de *20%*.

Influencia sobre el servicio: Es la importancia y que tan indispensable es el equipo en el sistema. Teniendo como *porcentaje máximo 20%*.

- Si el equipo esta dañado y ocurre un *paro total del sistema* se le asigna un valor de *20%*.
- Si el equipo esta dañado y el *sistema sigue funcionando* se le asigna un valor de *0%*.

Disponibilidad de información técnica: Es la disponibilidad de información de los equipos con que contamos para el trabajo. Teniendo como *porcentaje máximo 5%*.

- Si *hay manuales* del equipo se le asigna un valor de *0%*.
- Si *no hay manuales* del equipo se le asigna un valor de *5%*.

Factor de uso: Es la importancia que tiene el equipo para el sistema. Teniendo como *porcentaje máximo 15%*.

- Si *el equipo esta todo el tiempo en funcionamiento* se le asigna un valor de *15%*.



- Si *el equipo nunca esta en funcionamiento* se le asigna un valor de **0%**.

Resultado del diagnóstico técnico: Es la condición o estado en que se encuentra el equipo. Teniendo como *porcentaje máximo 10%*.

- Si el *equipo esta en perfecto* estado se le asigna un valor de **0%**.
- Si el *equipo esta en mal estado* se le asigna un valor de **10%**.

Disponibilidad de repuestos: Es la facilidad de conseguir repuestos para el equipo. Muchos de los repuestos son traídos del exterior y hay que tomar en cuenta el tiempo de traslado. Teniendo como *porcentaje máximo 15%*.

- Si *el repuesto es fácil de conseguir* se le asigna un valor de **0%**.
- Si se presentan *dificultades para conseguir el repuesto* se le asigna un valor de **15%**.

Mantenibilidad: Es la facilidad que presenta un equipo para ser mantenido en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas. Teniendo como *porcentaje máximo 15%*.

- Si *el equipo es de fácil mantenimiento* se le asigna un valor de **0%**.
- Si *el equipo es de difícil mantenimiento* se le asigna un valor de **15%**.

A través de los factores descritos anteriormente se creó una encuesta la cual fue entregada al personal de operaciones y al gerente de mantenimiento del sistema. La encuesta arrojó los siguientes resultados:



Equipos	Tasa de falla	Influencia sobre el servicio	Disponibilidad de información técnica	Factor de uso	Resultado del diagnóstico técnico	Disponibilidad de repuestos	Mantenibilidad	Total
	20%	20%	5%	15%	10%	15%	15%	100%
Motores eléctricos	18	20	0	15	2	13	10	78
Polea motriz	20	20	5	15	3	10	5	78
Panel	2	20	5	15	8	10	15	75
Caja reductora	12	20	0	15	2	15	10	74
Guaya	1	20	5	15	2	15	9	67
Cadena de la polea motriz	5	20	5	15	2	15	4	66
Bombas del reductor	7	20	2	15	4	5	10	63
Frenos de servicio	13	10	0	15	2	15	5	60
Cardan 1 y 2	6	20	5	15	2	7	3	58
Frenos de emergencia	12	10	0	10	2	15	5	54
Motor auxiliar	20	0	0	4	6	4	12	46
Termostatos	1	0	0	15	2	10	15	43
Enfriadores de aceite	3	10	0	10	3	5	10	41
Tacómetro	2	0	0	10	4	5	15	36
Motor de emergencia	9	0	0	4	6	4	12	35
Tanque de gasoil	1	0	0	4	4	2	15	26
Bomba de gasoil	3	0	0	3	3	5	10	24

Tabla 7.4 Tabla de análisis de criticidad de los equipos.



7.5 Análisis de modos y efectos de fallas (AMEF):

El principal objetivo de esta tarea es identificar los componentes que se consideran más críticos en cada subsistema para el adecuado funcionamiento del sistema al que pertenecen. Los componentes catalogados como críticos supondrán la exigencia de establecer tareas de mantenimiento adecuadas para evitar sus posibles causas de falla.

El siguiente paso fue establecer las tablas de efectos y consecuencias (Costo de pérdida del servicio, seguridad del usuario y costos de mantenimiento) y probabilidades de falla.

Para realizar el AMEF, se fijó un conjunto de valores para estimar la probabilidad y los efectos de la fallas, que luego al ser combinados nos darán el factor de riesgo.

La tabla de factor de riesgo nos da el nivel de criticidad, la zona roja es la más crítica y la que se le dio el mayor énfasis para establecer los planes de mantenimiento, la zona amarilla es la zona intermedia de fallas y la zona verde corresponde a la zona RTF (Run To Failure), es para las fallas que se le aplicará mantenimiento correctivo.

A continuación se muestran las tablas de Efectos de fallas, probabilidades de falla y de factor de riesgo.

Tabla de efectos de falla

En esta tabla se establecieron dependiendo de la gravedad del inconveniente de la falla, cinco sectores, de mayor efecto “A”, a menor efecto “M”, a través de una serie de factores independientes entre sí, tomando en cuenta para el efecto de falla el factor que tenga mayor peso. A continuación se dará una breve descripción de cada uno de los factores:



Servicio: Es el tiempo de parada del sistema, en el cual por cada hora de parada del mismo, implica una pérdida a la empresa aproximada de 2.500 US.

Seguridad usuario: Son accidentes que pueden ocurrir a las personas.

Mantenimiento: Representan el costo de las reparaciones efectuadas a los equipos.

Código	Efecto de falla	
A	Servicio	Paro del servicio > 4 horas (10.000 US)
	Seguridad usuario	Pérdida de vidas, incapacidad total
	Mantenimiento	Daños en equipos, reparaciones > 5.000 US
B	Servicio	Paro del servicio > 2 horas (de 5.000 a 10.000 US)
	Seguridad usuario	Heridas graves, primeros auxilios
	Mantenimiento	Daños en equipos, reparaciones de 4.000 US a 5.000 US
C	Servicio	Paro del servicio > 1 hora (de 2.500 a 5.000 US)
	Seguridad usuario	Heridas superficiales
	Mantenimiento	Daños en equipos, reparaciones de 2.500 US a 4.000 US
D	Servicio	Paro del servicio de < a 1 hora (de 0 a 2.500 US)
	Seguridad usuario	Ningún efecto
	Mantenimiento	Daños en equipos, reparaciones < a 2.500 US
M	Servicio	Ningún efecto
	Seguridad usuario	Ningún efecto
	Mantenimiento	Ningún efecto

Tabla 7.5 Tabla de efectos de falla.

Tabla de probabilidades de falla

En la siguiente tabla se divide la probabilidad de falla según su frecuencia, comenzando con una probabilidad de fallas “remota” con una frecuencia de falla “mayor a 3 años”, hasta una probabilidad de fallas “extremada” con una frecuencia de falla “todos los días”.



PROBABILIDAD DE FALLA	FRECUENCIA DE FALLA
Remota	Fallas mayores de 3 años
Muy baja	Fallas ente 1 a 3 años
Baja	Fallas entre 6 meses a 1 año
Moderada	Fallas entre 3 meses y 6 meses
Alta	Fallas entre 1 mes y 3 meses
Muy alta	Falla entre 1 semana y 1 mes
Extremada	Falla todos los días

Tabla 7.6 Tabla de probabilidades de falla.

Tabla de factores de riesgo

En la presente tabla se representa el efecto de falla VS probabilidad de falla. Esta fue dividida en tres sectores: crítico, medio y run to failure. Al combinar la probabilidad de falla con el efecto de falla da una localización en un sector de la tabla definiendo la gravedad de la misma.

Efecto	Extremada	Muy alta	Alta	Moderada	Baja	Muy baja	Remota
A	11	10	9	8	7	6	5
B	10	9	8	7	6	5	4
C	9	8	7	6	5	4	3
D	8	7	6	5	4	3	2
M	7	6	5	4	3	2	1

Tabla 7.7 Tabla de factores de riesgo.



Estas tablas se van a utilizar para el cálculo del nivel de criticidad de los componentes, para tomar posteriormente la decisión de realizar las tareas de mantenimiento.

Ya que no se contaba con una data de fallas precisa, se inicio el análisis determinando la causa y frecuencia de las fallas más comunes en cada uno de los sistemas, realizando entrevistas con los operarios del sistema, revisando las pocas fallas documentadas y los manuales de los equipos, con lo cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Fallas más comunes en el sistema motriz principal

Sistema: Motriz principal		
Subsistema: Motores eléctricos	Frecuencia	Frecuencia
Causa de falla	Motor 1	Motor 2
Cojinetes del ventilador	Trimestral	Trimestral
Mantenimiento motor del ventilador	Semanal	Semanal
Limpieza cojinetes y rodamientos	Mensual	Mensual
Fuga de grasa	Anual	Anual
Fuga en el filtro de aire	Mensual	Mensual
Filtro de agua	4 meses	4 meses
Filtro de polvo de carbón del refrigerante	Semestral	Semestral
Tuberías de agua	Semestral	Semestral
Aire de enfriamiento escaso	Anual	2 Años
Tuberías de agua sucias	Anual	Anual
Escobillas sucias	Quincenal	Mensual
Porta escobillas sucio	Mensual	Bimestral
Superficie de contacto del colector del porta escobillas	Trimestral	Semestral
Escobillas desgastadas	2 meses	2 meses
Tornillos de la base	Anual	2 Años

Tabla 7.8 Fallas más comunes en el sistema motriz principal

Ver **Anexo II A2.2** Causas de fallas más comunes en los subsistemas.



Con la utilización de la tabla de Efectos de fallas, Probabilidad de fallas y factor de riesgo, se determinó la criticidad de los componentes que conforman cada subsistema, dando como resultado:

Sistema motriz principal					
Subsistema: Motor eléctrico 1					
Componentes	Modo de falla	Causa de falla	Frecuencia de falla	Ef. falla	Riesgo
Ventilador	Ruidos en el ventilador	Cojinetes del ventilador	Alta	C	7
Ventilador	Recalentamiento del motor	Mantenimiento motor del ventilador	Muy baja	C	5
Tacómetro	Alarma en el panel	Avería del tacómetro	Remota	C	3
Rotor	No arranca el motor	Bobina de inducido	Remota	A	5
Rotor	Marcha intranquila	Oxidación del rotor	Muy baja	A	6
Rodamientos	Marcha intranquila	Limpieza cojinetes y rodamientos	Muy alta	C	7
Rodamientos	Marcha intranquila	Fuga de grasa	Muy baja	D	3
Escobillas	Daño del colector	Escobillas sucias	Muy alta	C	8
Escobillas	Fricción mas elevada	Porta escobillas sucio	Muy alta	C	8
Escobillas	Chisporroteo	Superficie de contacto del colector del porta escobillas	Moderada	C	6
Escobillas	Daño del colector	Escobillas desgastadas	Alta	C	7
Base	Marcha intranquila	Tornillos de la base	Baja	D	4

Tabla 7.9 AMEF.

Ver Anexo II A2.3 Análisis de criticidad de sistemas



En esta tabla se puede observar los componentes de los equipos que fallan con mayor frecuencia, el modo en el que falla, la causa que puede estar produciendo la falla y los efectos de la falla, para luego estimar su factor de riesgo.

Los resultados obtenidos en el AMEF se resumen en el siguiente cuadro.

RESULTADOS DEL AMEF DE SERVICIOS							
SISTEMA	ITEM	COMPONENTE	MODO DE FALLAS	CAUSAS DE FALLAS	ALTA	MEDIA	BAJA
Sistema motriz	1	Motores eléctricos	8	12	3	15	6
SUB-TOTAL					3	15	6
Sistema de emergencia	1	Motor auxiliar	13	20	1	3	20
	2	Motor de emergencia	20	26	0	10	22
	3	Frenos de servicio	4	9	1	8	1
	4	Frenos de emergencia	4	11	1	11	0
SUB-TOTAL					3	32	43
Transmisión de potencia	1	Caja reductora	3	6	0	2	4
	2	Bomba de la caja reductora 1 y 3	6	26	1	22	2
	3	Bomba de la caja reductora 2	6	26	3	20	2
	4	Polea motriz	4	8	2	4	2
	5	Guaya	1	6	3	7	0
SUB-TOTAL					9	55	10
Sistema de sujeción	1	Mordaza	1	4	0	0	4
SUB-TOTAL					0	0	4
TOTAL					15	102	63

Tabla 7.10 Resultados del AMEF.

7.6 Selección de las tareas de mantenimiento

La selección de las tareas de los equipos se realizó tomando en cuenta mayormente los manuales de los mismos, ajustando los tiempos entre mantenimientos de acuerdo al tiempo de operación del sistema teleférico de Caracas y siguiendo las recomendaciones basadas en la experiencia de los operadores e ingenieros del sistema. Se les dio mayor énfasis a los equipos críticos en el análisis de las tareas de mantenimiento, luego se les asignaron las tareas a los equipos con riesgo medio y por último a los equipos de criticidad baja (RTF), los cuales en su mayoría operan hasta que fallen y se les realiza un mantenimiento correctivo.

Se utilizó el siguiente árbol lógico, el cual es un proceso sistemático que nos permitirá la selección de la estrategia de mantenimiento a efectuar para prevenir la causa que provoca la aparición de un determinado modo de falla:

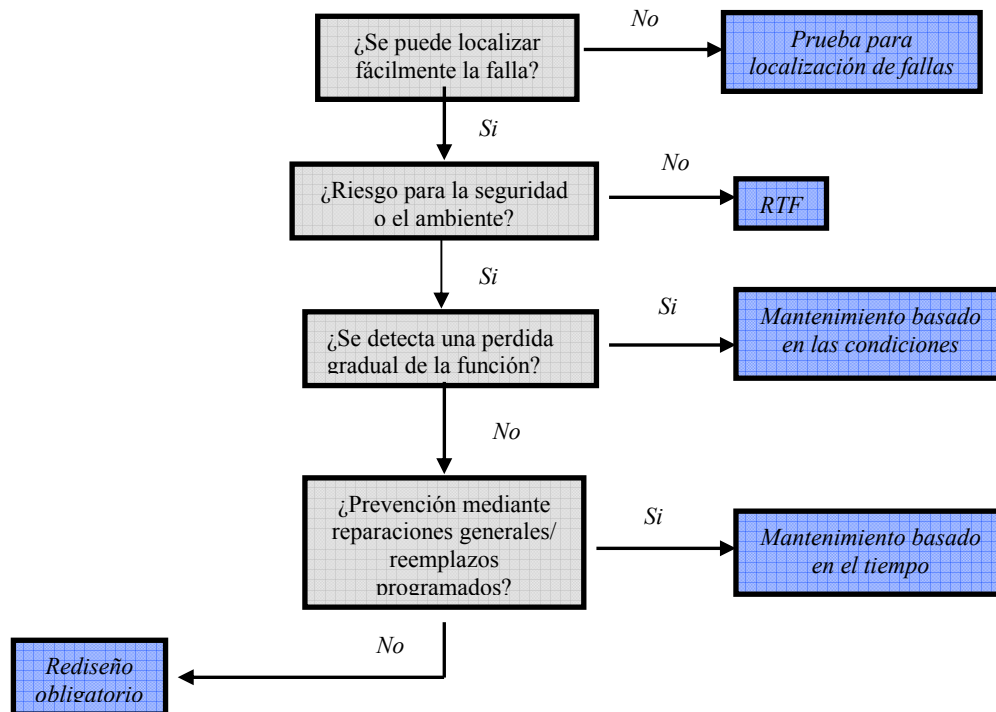


Figura 7.5 Tabla lógica de decisión para la selección de tareas.



7.6.1 Selección de las tareas MCC críticas

Sistema	Subsistema	Componente	Tipo de mantenimiento	Descripción del mantenimiento	Parada programada	Ejecutante	Frecuencia	Horas	Riesgo
Sistema motriz principal	Motor eléctrico 1	Escobillas	Preventivo por tiempo	Revisión y limpieza de las escobillas	Si	Mecánico	Semanal	1	Crítico
Sistema motriz principal	Motor eléctrico 1	Escobillas	Preventivo por tiempo	Revisión y limpieza del porta escobillas, Verificar la presión de las escobillas. P = 250 cN/cm ² .	Si	Mecánico	Mensual	1	Crítico
Sistema motriz principal	Motor eléctrico 2	Escobillas	Preventivo por tiempo	Revisión y limpieza de las escobillas	Si	Mecánico	Semanal	1	Crítico
Sistema motriz principal	Motor eléctrico 2	Escobillas	Preventivo por tiempo	Revisión y limpieza del porta escobillas, Verificar la presión de las escobillas. P = 250 cN/cm ² .	Si	Mecánico	Mensual	1	Crítico
Sistema de emergencia	Motor auxiliar	Sistema hidráulico	Preventivo por estado	Revisión general	No	Mecánico	Bimensual	1	Crítico
Sistema de emergencia	Frenos de servicio	Disco/zapata	Preventivo por estado	Limpieza de los discos de los frenos	Si	Mecánico	Diario	1	Crítico
Sistema de emergencia	Frenos de Emergencia	Sistema hidráulico	Preventivo por tiempo	Purga de los frenos	Si	Mecánico	Trimestral	1	Crítico
Sistema de transmisión de potencia	Guaya	Guaya	Preventivo por estado	Revisión visual de la guaya en búsqueda de puntos de corrosión	No	Operador	Semestral	5	Crítico
Sistema de transmisión de potencia	Guaya	Guaya	Preventivo por estado	Revisión visual de la guaya luego de la caída del rayo	No	Operador	Periódica	5	Crítico
Sistema de transmisión de potencia	Guaya	Guaya	Preventivo por estado	Revisión visual de la guaya en búsqueda de cables sueltos	No	Operador	Periódica	6	Crítico
Sistema de transmisión de potencia	Bombas de la caja reductora	Bomba 1 y 3	Preventivo por estado	Revisión de filtros, válvulas y tuberías.	no	Mecánico	Trimestral	2	Crítico

Tabla 7.11 Selección de las tareas MCC críticas.

Ver Anexo III A3.1 Planillas de selección de tareas



7.6.2 Agrupación de tareas

Luego de completada las planillas de selección de tareas, se procedió a agrupar las rutinas de mantenimiento (Tabla 7.13). Esta agrupación se realizó comparando la selección de tareas con los mantenimientos de todos los equipos y el asesoramiento del supervisor de mantenimiento.

Para un estudio más sencillo de los chequeos que se encuentran en los manuales se ordenaron según equipos y mantenimiento por tiempo como se observa en la Tabla 7.11.

<u>Lista de chequeos periódicos</u>		
Parte de la instalación - Trabajo	Procedimiento / Estado nominal	OK
<u>Motor eléctrico</u>		
Vigilancia aire de refrigeración (circuito interno)		
Vigilancia aire de refrigeración (circuito externo)		
Vigilancia filtro		
Termostato temperatura límite		
Regulador Samson		
Colector suciedad		
Filtro aire de fuga		
Limpiar los trayectos de refrigeración		
Limpieza del filtro de circulación del aire		
Limpiar la estera de filtro. El ensuciamiento del filtro no deberá ocasionar en ningún momento una caída de presión más elevada que 2 mbar		
Reemplazar las escobillas cuando ellas se desgastan hasta una longitud de 5-6mm		

Tabla 7.12 Lista de chequeo de los equipos.

Ver **Anexo IV A4.1** Lista de chequeos de los equipos




		INSPECCIÓN DE MANTENIMIENTO																Páginas 1 de 3											
EQUIPO: Polea motriz		CÓDIGO: AEME001								UBICACIÓN: Estación Ávila																			
AÑO: _____	MESES:	ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO							
		JULIO				AGOSTO				SEP.				OCTUBRE				NOV.				DICIEMBRE							
MANTENIMIENTO		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Desacoplar, limpiar, inspec. y lubricar cadena acople de polea motriz																													
Lubricar cadena de acople de la polea motriz																													
Engrase de la polea motriz (3 bombazos)																													
Revisar los rodamientos del tacómetro																													
Limpiar los elementos de la polea																													
Revisar apriete de los tornillos																													
Inspec. y medir garganta de goma de polea motriz (24mm prof. max.)																													
Lubricar los rodamientos de la polea motriz																													
Desacoplar, limpiar, inspec. y lubricar cadena acople de polea motriz																													

Tabla 7.13 Programa de mantenimiento rutinario (Polea motriz)

Ver Anexo IV A4.2 Programas de mantenimiento rutinario

7.7 Control de mantenimiento preventivo

7.7.1 Ejecución de funciones.

Para un correcto orden de las actividades de mantenimiento preventivo, se le propuso a la empresa una serie de formatos con un orden a seguir como se muestra en la figura siguiente.

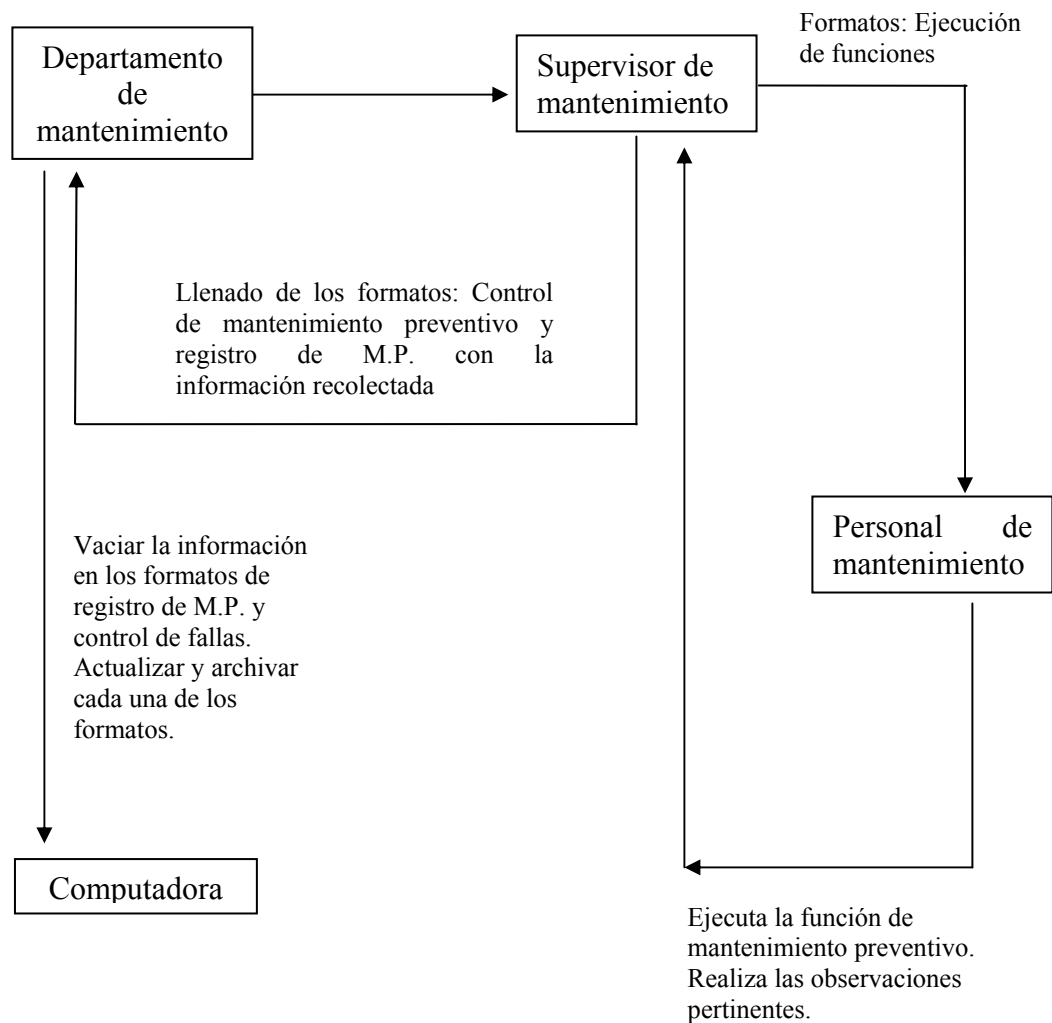


Figura 7.6 Diagrama de ejecución de funciones.

El supervisor de mantenimiento con la respectiva aprobación de los coordinadores de mantenimiento hará entrega de la orden de trabajo, juntos con los formatos de ejecución de funciones (formato de Procedimiento de mantenimiento e historia del mantenimiento preventivo), los cuales se muestran a continuación.



I.T.C.		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Pag. 1/2	
Equipo: Frenos de servicio		Código: AMFS001	Ubicación: Ávila, Maquinarias.	
CÓDIGO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	HERRAMIENTAS, MATERIALES Y REPUESTOS	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
	Mantenimiento	1. Retirar la jaula desenroscando y quitando los cuatro tornillos.	Llave 19mm	Guantes
		2. En el panel de agregado hidráulico (4 manillas) se bloquea el freno de servicio a través de la manilla respectiva.	Llave 60-90	
		3. El sistema está compuesto de dos mordazas. Para la primera mordaza:	Martillo de goma	
		4. Se retira la pieza soporte/calibradora desenroscando con llave de 19 mm las dos tuercas situadas en la parte central de la misma.	Grasa mecánica	
		5. Con una llave 60-90 y con la ayuda de un martillo de goma se afloja la contratuerca del manguito sujetador del resorte y se procede a retirar la pieza completa.	Llave 11mm	
		6. En el interior de la pieza anterior está colocado un rodamiento de bola axial el cual se revisa y se engrasa para volverlo a colocar en su lugar.	Alcohol	
		7. Se saca el resorte que está en el cilindro el cual es sostenido por el eje del cilindro y se procede a chequearlo para ver si presenta fisuras, de lo contrario se limpia con alcohol para después volverlo a colocar.	Trapos	
		8. Se quita la contratuerca del mango del tope de carrera del cilindro.		
		9. Se quita la pieza portadora de micro suiches y se chequean los dos sensores de que no estén dañados, ni sucios.		
		10. Se quita el mango del tope de carrera del cilindro.		
		11. Se chequea que la parte interna de la carcasa del cilindro no tenga aceite, de lo contrario implicaría que habría que cambiarle los sellos del cilindro ya que estarían dañados.		
		12. Se limpia con alcohol la carcasa y todas sus partes.		
		13. Se vuelve a montar el mango del tope de carrera del cilindro. Una vez, que enroscándolo a mano llega al tope, se le dan dos vueltas hacia atrás para darle la separación de dos milímetros mínima necesaria a las pastillas anteriores.		

Tabla 7.14.1 Procedimiento de mantenimiento.



I.T.C.		PROCEDIMIENTO DE MANTENIMIENTO	Pag. 2/2	
Equipo: Frenos de servicio		Código: AMFS001	Ubicación: Ávila, Maquinarias.	
CÓDIGO DE ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD	PROCEDIMIENTO	HERRAMIENTAS, MATERIALES Y REPUESTOS	EQUIPOS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL
		14. Se coloca la pieza portadora de micro suiches.		
		15. Se coloca la contratuerca y se aprieta lo suficiente con la llave 60-90.		
		16. Se coloca el manguito sujetador del resorte y se va enroscando hasta que tenga una separación de 19 mm el cual se mide a través de un calibrador entre el extremo exterior de la misma y la turca colocada en el extremo del eje del cilindro.		
		17. Se coloca y aprieta la contratuerca.		
		18. Se coloca la pieza soporte/calibradora y se enrosca la primera tuerca hasta que tenga una separación de dos milímetros con la misma. Una vez obtenida la distancia especificada se coloca la segunda tuerca en el mismo eje para fijar las tuercas.		
		19. Se le da una presión de 135 Bar en el panel de agregado hidráulico para que las mordazas se abran y tomen su posición de funcionamiento.		
		20. Se gradúan las barras de los sensores de abierto y cerrado y de desgaste.		
		21. Se procede a purgar el sistema de frenos con una llave de 11 mm.		
		22. Se abre el grifo de purgar el cilindro hasta que salga el aproximado de 250 cc.		
		23. Se cierra el grifo de purgar el cilindro.		
		24. Se abre la tapa del contenedor de la parte superior y se coloca el aceite hidráulico nuevo hasta que llegue al límite establecido por el fabricante.		
		25. Se aplica el mismo procedimiento para la segunda mordaza.		
		26. Se vuelve a colocar la jaula y se colocan los cuatro tornillos en su respectiva posición.		
Elaborado por: Lemoine Frederic, Mastrolonardo Giuseppe		Revisado por:	Autorizado por:	

Tabla 7.14.2 Procedimiento de mantenimiento.



7.8 Mantenimiento correctivo

Para un mejor conocimiento de posibles fallas y las acciones a seguir cuando estas ocurran, se realizaron los siguientes formatos de los equipos críticos del sistema.

Caja reductora		
<u>Perturbación</u>	<u>Posible causa de defecto</u>	<u>Corrección</u>
Fuga de aceite	1)_ Tornillos flojos 2)_ Empacadura defectuosa	1)_ Apretar los tornillos 2)_ Reemplazar empacadura
Recalentamiento	1)_ Falta de aceite 2)_ Fuga de aceite 3)_ Filtros sucios 4)_ Una de las bombas está dañada 5)_ Uno de los enfriadores está dañado 6)_ Uno de los ventiladores está malo 7)_ Daño en los sensores	1)_ Agregar aceite 2)_ Apretar tornillos 3)_ Reemplazar filtros 4)_ Chequear bombas 5)_ Chequear enfriadores 6)_ Chequear ventiladores 7)_ Chequear sensores
Marcha intranquila	1)_ Rodamientos resacos 2)_ Aceite sucio 3)_ Tornillos de la base flojos	1)_ Engrasar rodamientos 2)_ Cambiar aceite 3)_ Apretar tornillos

Tabla 7.17 Defectos y correcciones de la caja reductora.

Ver **Anexo V A5.1** Defectos y correcciones de los equipos

CAPÍTULO VIII

8 DESARROLLO DE MODELOS PARA EL CÁLCULO DE LA CONFIABILIDAD

Para el cálculo de la confiabilidad del sistema, es necesario contar con una data de fallas. Para facilitar su registro se realizó un programa, en el cual se irá llenando una base de datos de fallas de los equipos principales del sistema. Luego de tener la data de fallas se aplicarán las metodologías de distribución: Weibull, Exponencial y Log-normal con la finalidad de hacer una comparación entre los tres tipos de distribuciones y tomar la mejor aproximación.



Figura 8.1 Software de mantenimiento.

8.1 Metodología a utilizar

El sistema teleférico está conformado por cuatros sistemas que se encuentran en paralelo y en serie como se muestra en la siguiente figura.

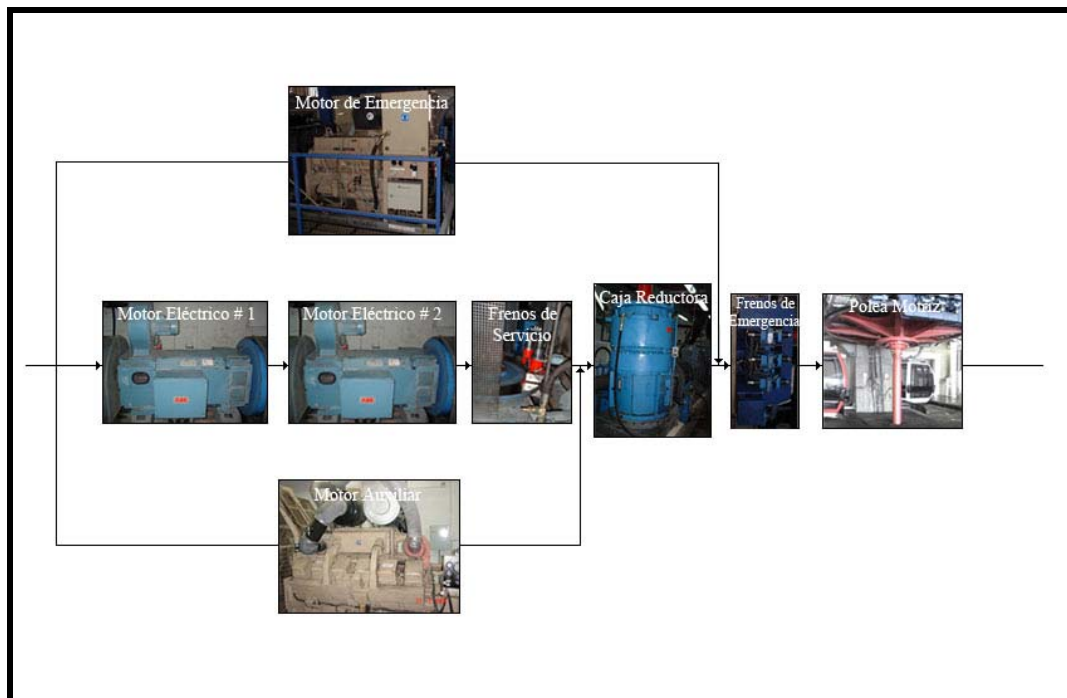


Figura 8.2 Diagrama de flujo del sistema.

8.1.1 Metodología para el cálculo de la confiabilidad por componentes:

1. Se ordena la información de los tiempos entre fallas (TEF) en forma ascendente.
2. Se asigna un número correlativo a cada tiempo entre falla, comenzando con $n = 1$.
3. Se calcula la probabilidad de falla P_f
 - Para el caso de muestras grandes $n > 50$ se tiene que:



$$P_{f,i} = \frac{n_i}{(N)} \quad \text{Ec. 8.1}$$

- Para el caso de muestras $20 < n < 50$ se tiene que:

$$P_{f,i} = \frac{n_i}{(N+1)} \quad \text{Ec. 8.2}$$

- Para el caso de muestras $n < 20$ se tiene que:

$$P_{f,i} = \frac{(i-0,3)}{(N+0,4)} \quad \text{Ec. 8.3}$$

Donde:

$P_{f,i}$: Probabilidad de falla

n_i : Número correlativo correspondiente a cada tiempo entre falla

N : Número total de fallas

4. Se calcula la probabilidad de supervivencia P_s

- Para los casos de $n > 50$ y $20 < n < 50$ se tiene que:

$$P_s = 1 - P_f \quad \text{Ec. 8.4}$$

- Para el caso de $n < 20$ se tiene que:

$$P_s = \frac{(N-i+0,7)}{(N+0,4)} \quad \text{Ec. 8.5}$$

5. Se grafican los valores utilizando la distribución Log-normal, Exponencial y de Weibull (Colocando en el eje de las abscisas los valores de P_s y en las ordenadas los valores de TEF).



6. Se calcula el tiempo promedio entre fallas (TPEF)

$$TPEF = \frac{\sum TEF}{N} \quad \text{Ec. 8.6}$$

7. Se calculan los valores de los coeficiente de cada tipo de distribución (Log-normal, Exponencial y de Weibull)
8. Se determina la función densidad de probabilidad de supervivencia $f(t)$ para un tiempo determinado t que viene dada por medio de las siguientes ecuaciones, donde a , b , c y d son constantes.

- **Log-normal:**

$$f(t) = a + b * \ln(t) \quad \text{Ec. 8.7}$$

- **Exponencial:**

$$f(t) = a * e^{b*t} \quad \text{Ec. 8.8}$$

- **Weibull de dos parámetros:**

$$f(t) = a - b * e^{-c*t^d} \quad \text{Ec. 8.9}$$

Para el cálculo de los coeficientes y representación de las gráficas se recomienda utilizar el programa CurveExpert 1.3, donde se podrá apreciar la mejor aproximación de las tres funciones.



9. El cálculo de la confiabilidad de cada componente y del sistema total se realizará aplicando el criterio general de confiabilidad como una función del tiempo, cuando la tasa de falla también es una función del tiempo.

$$P_s = e^{-\int_0^t g(t)^* dt} \quad \text{Ec. 8.10}$$

Donde:

$g(t)$: Función de falla

$$g(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} \quad \text{Ec. 8.11}$$

Donde:

$F(t)$: Función acumulación o probabilidad de falla antes del tiempo t .

$$F(t) = \int_0^t f(t)^* dt \quad \text{Ec. 8.12}$$

En donde la función densidad de probabilidad de falla $f(t)$ a utilizar será la que se aproxime mejor.

10. Para el cálculo de la confiabilidad de cada sistema se aplicará el sistema de criterios en serie y en paralelo.

8.2 Tipos de sistemas:

**8.2.1 Sistema en serie:**

$$P_{SS} = P_{S1} * P_{S2} * P_{S3} \dots * P_{Sn} \quad \text{Ec. 8.13}$$

Donde:

P_{SS} : Probabilidad de supervivencia del sistema en serie

P_{S1} : Probabilidad de supervivencia del sistema 1

P_{Sn} : Probabilidad de supervivencia del sistema n

8.2.2 Sistema en paralelo redundante: Sistemas que están siempre en funcionamiento

$$P_{Sp} = 1 - P_{S1} * P_{S2} * \dots * P_{Sn} \quad \text{Ec. 8.14}$$

Donde:

P_{Sp} : Probabilidad de supervivencia en paralelo redundante

P_{S1} : Probabilidad de supervivencia del sistema 1

P_{Sn} : Probabilidad de supervivencia del sistema n

8.2.3 Sistema en paralelo redundante en standby:

$$P_{SPS} = P_{S1} + j * P_{S2} \quad \text{Ec. 8.15}$$

Donde:

P_{SPS} : Confiabilidad de un sistema en paralelo en standby

P_{S1} : Probabilidad de supervivencia del sistema 1

P_{S2} : Probabilidad de supervivencia del sistema 2

j : Número de fallas entre horas de operación



CONCLUSIONES

La realización del presente trabajo permitió la creación de rutinas de mantenimiento que permitirán controlar el funcionamiento del sistema teleférico de una manera óptima y aumentar considerablemente la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, así como les permitirá a los operarios disminuir el número de tareas de mantenimiento correctivas realizadas al sistema.

Mediante el desarrollo del análisis de criticidad se pudieron detectar los equipos del sistema que presentaban mayores problemas al servicio del teleférico y esto permitió prestarle mayor atención al momento de realizar un estudio de los mantenimientos necesarios para preservar los equipos, así como jerarquizar las tareas de mantenimiento, dándole mayor dedicación a los equipos más críticos del sistema.

El análisis de modos y efectos de falla fue la técnica fundamental de análisis cualitativo de confiabilidad para un satisfactorio proceso MCC. En el sistema se listan 70 modos de fallo relacionados con cada uno de los fallos funcionales, lo que sirvió de base para la posterior selección de las tareas de mantenimiento que garantizan la preservación de la función del sistema.

La selección de tareas realizadas a los equipos del sistema, permitirán al personal de mantenimiento tener un orden de las actividades, ver los tiempos entre mantenimientos y tener a la mano una breve descripción de la actividad a realizar.

La realización de la codificación de los equipos permitirá la fácil organización y localización de los mismos e igualmente establecer un primer paso a la implementación de un software de mantenimiento.



CONCLUSIONES.



Por otra parte, el estudio realizado de la gestión de mantenimiento actual con la norma COVENIN 2500-93 permite tener conocimientos de sus fortalezas y debilidades.

Se realizó un estudio de las fallas con sus respectivas consecuencias para permitirles saber de manera rápida las causas de una falla que se presente y sus posibles soluciones.

El estudio del MCC permitirá desarrollar un inventario óptimo de repuestos necesarios en el almacén lo que se traduce en una disminución en los tiempos de parada de los equipos por falla.



RECOMENDACIONES

Ejecución del MCC y Análisis de Modo y Efecto de Falla a todos los equipos del sistema teleférico.

Calcular los indicadores de mantenimiento: confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad.

Hacer seguimiento a los mantenimientos y fallas de los equipos y registrarlos de manera adecuada en la base de datos del software diseñado.

Desarrollar planes de incentivo para el personal.

Mantener un stock de repuestos actualizado; elimina los costos de envíos de urgencia.

Realizar jornadas informativas a todo el personal sobre normas de seguridad de teleféricos de otros países.

Comprar e implementar un software de mantenimiento.

Mejorar los canales de comunicación e información entre los distintos departamentos de la Inversora Turística Caracas.



BIBLIOGRAFIA

- Díaz Matalobos, Ángel., 1.992, *Confiabilidad en Mantenimiento*, Ediciones IESA, Caracas.
- Newbrough, E. T., 1.994, *Administración de Mantenimiento Industrial*, Editorial Diana, México.
- Souris, Jean Paul., 1.992, *Mantenimiento Fuente de Beneficios*, Editorial Díaz de Santos.
- Duffuaa S., Raouf A, Dixon J., 2.000, *Sistemas de Mantenimiento, Planeación y Control.*, Editorial Limusa. México.
- Morrow, L. C., 1.966, *Maintenance Engineering Handbook*, Editorial Mc Graw Hill.
- Cummins Engines Company, Inc., 1.995, Operation and maintenance manual M11 series engines. U.S.A.
- Cummins Engines Company, Inc., 1.995, Operation and maintenance manual K38 and K50. U.S.A.
- http://www.carreteros.org/cable/pliego/t_c.htm: Pliegos de condiciones técnicas para la construcción y explotación de las instalaciones de teleféricos y funiculares.
- <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/implercm.htm>: Análisis de mantenimiento centrado en la confiabilidad.
- <http://internal.dstm.com.ar/sites/mm/tipos/default.asp>: Definiciones.
- <http://www.solomantenimiento.com>