

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios
de BAILAC SAN LTDA. Planta Santiago**

Por

**Nora Andrea Melo Hernández
Constanza Belén Vásquez Solís**

**Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial**

Prof. Guía: Augusto Vargas Schüler

Noviembre, 2015

Agradecimientos

Habiendo finalizado este proceso, agradecemos a nuestros docentes, principalmente a Don Augusto Vargas por su entrega, disposición y análisis crítico, esenciales para concretar el presente Trabajo de Título.

Quiero agradecer inicialmente a Dios por todas las oportunidades que me ha dado en la vida, a mis padres por ser los pilares fundamentales en mi formación como persona, a mis hermanas Cami, Pau, Jo y Cata por ser mi compañía y mi razón de vivir, a mis segundas madres Carmencita, Ale y Tía Sarita por darme su apoyo y amor incondicional, a mis sobrinos Benja, Bruno, Nico y mis ahijados Dieguito y Matita por darme la fuerza necesaria para seguir en momentos difíciles tan sólo con sus sonrisas, a mis abuelos que en momentos de cansancio me llenaron de regalones, a todos los amigos que estuvieron presentes durante todo el proceso que he pasado para convertirme en un mujer profesional, en especial a mis amigas Yubi, Maca, Domi, Vale y Dani, a mi gran amigo Javier que sé que desde donde esté me apoyó y me mandó fuerzas.

Agradezco también a mi compañera de tesis Constanza Vásquez, que desde primer año fue mi amiga y que gracias a su paciencia y constancia pudimos terminar este proceso juntas.

Nora Melo Hernández

Son muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su amistad, apoyo, cariño, ánimo y compañía en las diferentes etapas de mi vida. Entre ellas agradezco a mis padres Pilar y Sergio, a mi hermana Pamela, a mi chanchita Florencia, a mi mami putativa Silvana, a todos mis amigos sin excluir a ninguno, pero en especial a los incondicionales Ani, Lore, Javi, Pauli, Domi, Yalipsi, Noro, Vale, al Yeguo, Nacho y Jimmy, a ti Javier ya que sé que no me dejaste sola en esta aventura, a tu madre María Gutiérrez y a tu linda familia por acogerme y apoyarme en los últimos meses de esta etapa.

Algunos están aquí conmigo, otras en mis recuerdos y en mi corazón. Quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado, por su ayuda directa e indirecta en la realización de este proyecto en mi vida y por su apoyo para poder terminar este Trabajo de Título.

Constanza Vásquez Solís

Índice

Glosario	7
Lista de Abreviaturas y Siglas	9
Lista de Figuras	11
Lista de Tablas	12
Lista de Gráficos	13
Resumen	14
Introducción	17
1 Antecedentes Generales	19
1.1) La empresa.....	19
1.1.1) Identificación de la empresa	20
1.1.2) Organigrama funcional de BAILAC SAN LTDA.....	21
1.2) Descripción de los procesos de servicios	21
1.2.1) Servicios prestados por BAILAC SAN LTDA.	21
1.2.2) Aportes específicos para cada servicio	23
1.2.3) Departamentos	24
1.2.4) Clientes	26
1.2.5) Proveedores	27
1.3) Análisis cuantitativo	28
1.3.1) Posición financiera y crecimiento.....	29
1.3.2) Análisis del mercado nacional.....	29
1.3.3) Análisis del mercado latinoamericano.....	30
1.3.4) Tarifas, garantías y dotación de los servicios prestados por BAILAC SAN LTDA.....	30
1.4) Descripción del proceso de servicio a estudiar.....	33
1.4.1) Tasa de fallas	36
1.4.2) Jerarquización de los servicios	37

1.4.3) Jerarquización de los impactos de las variables	40
1.5) Problema.....	41
1.6) Causas del problema.....	44
1.6.1) Causas.....	44
1.6.2) Jerarquización de las causas	48
1.7) Metodologías aplicables	50
1.7.1) Árbol de fallas	51
1.7.2) FMECA	51
1.7.3) Análisis de criticidad	52
1.7.4) RCM II.....	53
1.7.5) Costeo tradicional (ABC).....	54
1.7.6) TPM.....	54
1.8) Toma de decisión.....	55
1.9) Objetivo	57
1.9.1) Objetivo general	57
1.9.2) Objetivos específicos.....	57
1.10) Resultados esperados	58
1.11) Limitaciones	58
2 Metodología.....	59
2.1) Indicadores de gestión del mantenimiento	59
2.1.1) Confiabilidad operacional	59
2.1.2) Mantenibilidad.....	62
2.1.3) Disponibilidad	62
2.2) Análisis de costos	63
2.2.1) Costos de mantenimiento	63
2.2.2) Metodología para cuantificación de costos de mantenimiento.....	64
2.2.3) Costo de mantenimiento con relación al tiempo	65
2.3) RCM II.....	66
2.3.1) Las 7 preguntas básicas del RCM II.....	67
2.3.2) Herramientas clave de la metodología RCM II	68

2.3.3)	Fases de la metodología RCM II	71
2.3.3.1)	<i>Fase 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema.</i>	71
2.3.3.2)	<i>Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.</i>	75
2.3.3.3)	<i>Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.</i>	76
2.3.3.4)	<i>Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo.</i>	77
2.3.3.5)	<i>Fase 5: Determinación de medidas preventivas.</i>	78
2.3.3.6)	<i>Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías.</i> ..	83
2.3.3.7)	<i>Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas.</i>	84
2.4)	Resumen de la metodología	86
3	Aplicación de la Metodología	88
3.1)	Etapa 1: Identificación de equipos críticos e impacto en los servicios	88
3.1.1)	Frecuencia de fallas	88
3.1.2)	Influencia en los servicios	89
3.1.3)	Influencia en el mantenimiento	90
3.1.4)	Descripción de equipos críticos	91
3.2)	Etapa 2: Cuantificación de los costos de los equipos críticos	93
3.2.1)	Mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.	93
3.2.1.1)	<i>Mano de obra.</i>	93
3.2.1.2)	<i>Materiales y repuestos.</i>	94
3.3)	Etapa 3: Aplicación de la metodología RCM II	94
3.3.1)	Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)	94
3.3.2)	Árbol lógico de decisión RCM II	95
3.4)	Etapa 4: Elaboración de los POE y propuesta de un plan de mantención a los equipos críticos.	96
3.5)	Resumen de la aplicación de la metodología	97
4	Análisis de Resultados	98
4.1)	Denominación de las fallas más frecuentes	98
4.2)	Cuantificación de los costos del plan de mantenimiento propuesto	98
4.3)	Análisis de criticidad de los equipos	100

4.4) Identificación de los modos de falla, efectos y funciones de los equipos críticos.....	102
4.5) Identificación del diagrama de decisión del RCM II.....	103
5 Conclusiones y Recomendaciones	104
5.1) Conclusiones.....	104
5.2) Recomendaciones	106
Anexos	108
Anexo 3.1: Equipos críticos.....	109
Anexo 3.2: Sueldos del Departamento de Administración del Contrato.....	114
Anexo 3.3: Costos de los materiales y/o repuestos	115
Anexo 3.4: Hojas de Información RCM II.....	118
Anexo 3.5: Hojas de Decisión RCM II.....	123
Anexo 3.6: Imágenes de los servicios prestados	128
Anexo 3.7: Procedimientos operativos estándar (POE)	132
Anexo 3.8: Manual de procedimiento: Mantenimiento de equipos y máquinas	138
Bibliografía	155

Glosario

Calidad: Es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes a una cosa que permite apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su misma especie”. La calidad puede referirse a diferentes aspectos de la actividad de una organización: el producto o servicio, el proceso, la producción o sistema de prestación del servicio o bien, entenderse como una corriente de pensamiento que impregna toda la empresa. [DRAE14]

Causa: Es aquello que se considera como fundamento u origen de una cosa o suceso. [DRAE14]

Confiabilidad: Probabilidad de que un equipo, sistema o componente cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período de tiempo y en condiciones específicas de operación. [Moubray04]

Consecuencia: Hecho o acontecimiento que se deriva o resulta de otro. Es la correspondencia lógica entre dos cosas. [DRAE14]

Desgaste: Es una pérdida progresiva de material en la superficie de un cuerpo sólido. El desgaste se manifiesta en forma de partículas sueltas del desgaste, así como también, en alteraciones del material y de la forma de la superficie. El desgaste es normalmente indeseado ya que desmejoran la funcionalidad; sin embargo, los procesos de ajuste o adaptación son una excepción. [Wolfgang99]

Disponibilidad: La disponibilidad, objetivo principal del mantenimiento, puede ser definida como la confianza de que un componente o sistema que sufrió mantenimiento, ejerza su función satisfactoriamente para un tiempo dado. En la práctica, la disponibilidad se expresa como el porcentaje de tiempo en que el sistema está listo para operar o producir, esto en sistemas que operan continuamente. [Pinto97]

Equipos críticos: Son aquellos cuyas fallas producen detenciones e interferencias generales, cuellos de botella, daños a otros equipos o instalaciones y retrasos o paradas en las actividades de los demás centros de actividad de una empresa u organización. Aquellos que detienen la prestación de los servicios a los clientes, afectan de manera directa los procesos productivos y por ende generan problemas con el cumplimiento a los clientes. [Suárez03]

Fiabilidad: Probabilidad de realizar sin fallos, una función específicas, en ciertas condiciones y durante un determinado periodo de tiempo”. [R&D57]

Fungible: Son aquéllos bienes de los que no puede hacerse un uso adecuado según su naturaleza sin que se consuman. [DRAE14]

Hermeticidad: Que se cierra de tal manera que no deja pasar el aire y otros fluidos. Impenetrable, cerrado. [DRAE14]

Mantenimiento correctivo: Son las intervenciones que se hacen en la máquina o instalación cuando ya se ha materializado la avería. Se sustituye la pieza estropeada para después devolver la máquina a su estado operativo habitual. Es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, es la forma más básica de mantenimiento y consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos. [Olives0?]

Mantenimiento preventivo: Es el conjunto de intervenciones realizadas de forma periódica en una máquina o instalación, con la finalidad de optimizar su funcionamiento y evitar paradas imprevistas. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento. [Olives0?]

Mantenimiento: Conjunto de técnicas destinado a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento. [García03]

Método Delphi: Método de estructuración de un proceso de comunicación grupal que es efectivo a la hora de permitir a un grupo de individuos, como un todo, tratar un problema complejo. Una Delphi consiste en la selección de un grupo de expertos a los que se les pregunta su opinión sobre cuestiones referidas a acontecimientos del futuro. [Linston&Turoff75]

Plan: Proyecto o idea que se tiene de alcanzar o realizar a partir de un programa detallado una cosa, y conjunto de medios para llevarla a cabo [DMLE07]

Propuesta: Idea o proyecto sobre un asunto o negocio que se presenta ante una o varias personas que tienen autoridad para aprobarlo o rechazarlo: una propuesta de ampliación laboral. [DMLE07]

Servicio: Un servicio es una obra, una realización o un acto que es esencialmente intangible y no resulta necesariamente en la propiedad de algo. Su creación puede o no estar relacionada con un producto físico. [Kotler,Bloom&Hayes04]

Lista de Abreviaturas y Siglas

\$:	Moneda en Peso Chileno.
%:	Porcentaje.
>:	Mayor a.
°C:	Grados Celsius, unidad de temperatura.
A/C:	Aire acondicionado.
AMFE:	Análisis de modos, fallas y efectos.
Bar:	Bar (equivalente a 1 atmosfera), unidad de presión.
cc:	Centímetro cubico, unidad de longitud.
Cías:	Compañías.
cm:	Centímetro, unidad de longitud.
E:	Consecuencias Ambientales.
EEUU:	Estados Unidos.
f (t):	Función de densidad de probabilidad de falla.
F:	Función Principal.
FAST:	Técnica sistemática de análisis funcional.
FF:	Falla Funcional.
FM:	Modo de Falla.
FMECA:	Efectos de modo de fallo y Análisis de Criticidad.
GPM:	Giros por minutos, unidad de volumen.
H:	Consecuencias de Falla Oculta.
H₁-S₁-N₁-O₁:	Factibilidad de realizar tareas a condición.
H₂-S₂-N₂-O₂:	Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico.
H₃-S₃-N₃-O₃:	Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas.
H₄:	Factibilidad de realizar búsqueda de fallas.
H₅:	Factibilidad de daño al MA o a la seguridad de las personas.
HCAS:	Sistema de advertencia de capacidad hidráulica.
HH:	Horas hombre.
HP:	Caballo de Fuerza, unidad de potencia.
H_p:	Horas de paro del periodo de evaluación.
HR:	Hora, unidad de tiempo.
ICMO:	Costo de la mano de obra.
in:	Pulgada, unidad de longitud.
INC:	Incorporation.
IPC:	Índice de precio al consumidor.
IVA:	Impuesto de valor agregado.
Kg:	Kilogramo, unidad de masa.
Km:	Kilómetros, unidad de longitud.
kW:	Kilowatts, unidad de potencia.
LMI:	Indicador del momento de carga.
LTDA:	Limitada.
lts:	Litros, unidad de volumen.
m²:	Metro cuadrado, unidad de longitud.
m³:	Metro cubico, unidad de longitud.
MA:	Medio ambiente.

MDP:	Manual de procedimiento.
min:	Minutos, unidad de tiempo.
mm:	Milímetros, unidad de longitud.
MTBF:	Tiempo medio entre fallas.
MTO:	Mantenimiento.
MTTR:	Tiempo promedio para reparar.
N°:	Número.
O:	Consecuencias Operacionales.
OTR:	Out the road (Fuera de carretera).
p:	Numero de paros durante el periodo de evaluación.
POE:	Procedimiento operativo estándar.
Psi:	Presión libra-fuerza por pulgada cuadrada, unidad de presión.
RAE:	Real Academia Española.
RCM II:	Mantenimiento centrado en la confiabilidad.
S:	Consecuencias en la seguridad.
S₄:	Factibilidad de realizar una combinación de tareas.
SERM:	Soldadura estructural y reparación menor de tolvas y baldes.
STGO:	Santiago.
t:	Tiempo promedio del intervalo.
T°:	Unidad de temperatura.
Tg:	Tungsteno.
Ton:	Toneladas, unidad de masa.
TPEF:	Tiempo medio entre fallas.
TPM:	Mantenimiento productivo total.
TQM:	Gestión de la calidad.
UF:	Unidad de Fomento.
US\$:	Moneda en Dólar.
Volts:	Voltios, unidad de potencia.

Lista de Figuras

Figura 1.1: Organigrama “BAILAC SAN LTDA.”	21
Figura 1.2: Clientes “BAILAC SAN LTDA.”	26
Figura 1.3: Mapa de la operación del servicio	34
Figura 1.4: Mapa del proceso general	35
Figura 1.5: Mapa del proceso de servicio	36
Figura 1.6: Jerarquización del servicio	38
Figura 1.7: Jerarquización de las variables impactadas	41
Figura 1.8: Diagrama Ishikawa	47
Figura 1.9: Diagrama causa-consecuencia	50
Figura 1.10: Grandes pérdidas del TPM	55
Figura 2.1: Aspectos de la confiabilidad operacional	59
Figura 2.2: Variación de la tasa de falla a lo largo del tiempo, “Curva de la bañera”	60
Figura 2.3: Patrones de falla	61
Figura 2.4: Metodología de cuantificación de costos	64
Figura 2.5: Curvas de costos de mantenimiento con relación al tiempo	65
Figura 2.6: Diagrama de decisión de RCM II	69
Figura 2.7: Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el AMFE	70
Figura 2.8: Diagrama de Flujo RCM II	87

Lista de Tablas

Tabla 1.1:	Identificación de la empresa.....	20
Tabla 1.2:	Insumos menores adquiridos a proveedores.....	27
Tabla 1.3:	Análisis cuantitativo.....	28
Tabla 1.4:	Tarifa mensual del servicio.....	31
Tabla 1.5:	Tarifas de personal adicional al contrato.....	31
Tabla 1.6:	Dotación de personal por servicio.....	32
Tabla 1.7:	Cobertura por servicio.....	32
Tabla 1.8:	Fallas de BAILAC últimos 5 años.....	36
Tabla 1.9:	Fallas por servicios año 2014.....	37
Tabla 1.10:	Costos de mantenimiento por servicios año 2014.....	38
Tabla 1.11:	Costos de mantenimiento por servicios últimos 3 años.....	39
Tabla 1.12:	Mantenciones a equipos críticos propios año 2014.....	42
Tabla 1.13:	Fallas frecuentes de BAILAC SAN LTDA. Planta Stgo.....	46
Tabla 1.14:	Jerarquización de las principales causas del problema.....	48
Tabla 1.15:	Clasificación de las principales causas.....	49
Tabla 1.16:	Beneficios y limitaciones Árbol de fallas.....	51
Tabla 1.17:	Beneficios y limitaciones FMECA.....	52
Tabla 1.18:	Beneficios y limitaciones Análisis de criticidad.....	53
Tabla 1.19:	Beneficios y limitaciones RCM II.....	53
Tabla 1.20:	Beneficios y limitaciones Costeo tradicional.....	54
Tabla 1.21:	Beneficios y limitaciones TPM.....	55
Tabla 1.22:	Matriz de pugh.....	56
Tabla 1.23:	Priorización de requerimientos.....	56
Tabla 2.1:	Composición de los costos de mantenimiento.....	63
Tabla 2.2:	Hoja de decisión RCM II.....	68
Tabla 2.3:	Hoja de información RCM II.....	71
Tabla 2.4:	Frecuencia de falla.....	73
Tabla 2.5:	Ponderación de uso de equipo.....	73
Tabla 2.6:	Ponderación de alternativa de equipo.....	74
Tabla 2.7:	Ponderación de costos de reparación.....	74
Tabla 2.8:	Tipos de tareas de mantenimiento.....	81
Tabla 3.1:	Frecuencia de fallas por equipos año 2014.....	88
Tabla 3.2:	Factor de frecuencia de fallas por equipos año 2014.....	89
Tabla 3.3:	Ponderación de uso de equipo.....	89
Tabla 3.4:	Ponderación de alternativa de equipo.....	90
Tabla 3.5:	Ponderación de tiempo promedio por reparar (MTTR).....	90
Tabla 3.6:	Ponderación de los costos de reparación.....	91
Tabla 3.7:	Extracto Hoja de información RCM II.....	95
Tabla 3.8:	Consecuencias, tareas proactivas y “acciones a falta de”.....	95
Tabla 3.9:	Extracto Hoja de decisión RCM II.....	96
Tabla 4.1:	Comparación de costos de mantenimiento actual vs el propuesto.....	100
Tabla 4.2:	Análisis de criticidad de equipos críticos.....	101
Tabla 4.3:	Consecuencia y tareas de mantenimiento.....	103

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1: Cartera de clientes de BAILAC.....	29
Gráfico 1.2: Cantidad de fallas de BAILAC en los últimos 5 años.....	36
Gráfico 1.3 Fallas por servicio de BAILAC año 2014.....	37
Gráfico 1.4: Costos de mantenimiento por servicios año 2014.....	39
Gráfico 1.5: Costos de mantenimiento por servicios últimos 3 años.....	40
Gráfico 1.6: Mantenciones realizadas a equipos críticos propios.....	42
Gráfico 1.7: Diagrama Pareto.....	46
Gráfico 1.8: Total vs ponderado.....	56
Gráfico 1.9: Pareto sobre porcentaje.....	57

Resumen

Palabras claves: Mantenimiento, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo, Metodología RCM II, Plan de Mantenimiento, Equipos Críticos.

El presente Trabajo de Título tuvo como finalidad generar una propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios de la empresa de servicios mineros BAILAC SAN LTDA., en el Departamento de Administración y Contrato, en su planta en Santiago de Chile. Dicho departamento, está encargado de la preparación, elaboración, realización y ejecución del contrato, además del mantenimiento de todos los equipos y maquinarias con las que cuenta la empresa.

Aunque BAILAC sea una empresa que preste servicios de mantenimiento a las grandes empresas mineras del país, no está exenta de problemas en los mantenimientos de sus propios equipos. Su mayor conflicto radicaba en que no contaba con un plan de mantenimiento preventivo, sino que mantenía un plan correctivo, es decir, el mantenimiento que realizaban se efectuaba luego de que se presentara alguna falla en sus equipos.

Durante el estudio realizado, se corroboró que el mayor problema se encontraba en la inexistencia de un plan de mantenimiento dentro de la empresa. Esto generó pérdidas monetarias, de HH, pero mayormente, perjudicó la imagen y el prestigio de la empresa, ya que no se contaba con la disponibilidad de equipos ofrecida a sus clientes. Además, se determinó que la empresa sólo realizaba mantenimiento preventivo a sus camiones cada cierto kilometraje, y a los demás equipos, sólo les realizaba un mantenimiento correctivo, por lo que éstos sufrían un desgaste mayor.

Posteriormente, se seleccionaron posibles metodologías a utilizar para solucionar el problema planteado, determinándose así, que la metodología RCM II era la más adecuada para obtener un plan de mantenimiento. Esta metodología fue adaptada para poder responder de una mejor manera las necesidades que mantiene la empresa.

Para la problemática anteriormente planteada, la aplicación de la metodología RCM II, fue dividida en las siguientes etapas:

- **Etapa 1:** Identificación de los equipos críticos e impacto en los servicios.
- **Etapa 2:** Cuantificación de los costos.
- **Etapa 3:** Identificación de los modos de falla, efectos y funcionamiento de los equipos críticos.
- **Etapa 4:** Propuesta del tipo de mantención a los equipos críticos.

Aplicando las etapas señaladas se generó una propuesta de un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios de BAILAC SAN LTDA. Además, utilizando la metodología AMFE, se logró una clasificación de las fallas según su frecuencia y prioridad de mantenimiento, determinando así cuáles fallas requerían una mayor atención. De manera resumida, los factores que afectan la disponibilidad de equipos, no obedecen solo a una causa en particular.

Se sugirió aplicar un mantenimiento de tipo preventivo, a través de tareas a condición, para lograr disminuir el número de fallas y los costos. Por lo anterior, se espera aumentar las inspecciones que se deben realizar a los equipos, definiendo con anterioridad, cada cuanto se deben hacer.

Finalmente, se obtuvo como resultado una propuesta de un Plan de Mantenimiento para los equipos críticos propios de BAILAC SAN LTDA., en su planta de Santiago de Chile, utilizando la metodología RCM II, lo cual se refleja en el documento “Manual de Procedimiento: Mantenimiento de equipos y máquinas” (ver Anexo 3.8).

Summary

Keywords: *Maintenance, Corrective Maintenance, Preventive Maintenance, RCM II Methodology, Maintenance Plan, Critical Equipment.*

The present Work Title had as finality generate a proposal of a plan of maintenance for the own critical equipment of the company mining services BAILAC SAN LTDA., in the Administration and Contract Department, in his plant at Santiago from Chile. That department is in charge of the preparation, elaboration, carrying and execution of the contract, beside of the maintenance of all the equipment and machines with which the company account.

Although BAILAC is a company that provide services of maintenance to the big mining companies of the country, is not free of maintenance problems of their own equipment. His big conflict resides in that the company did not count with a preventive maintenance plan, but keep a corrective plan, which means, the maintenance that they were doing effected after a fail appear in his own equipment.

During the study made, we corroborated that the big issue it was in the inexistence maintenance plan inside the company. This generated monetary losses, from HH, but mainly, harmed the image and prestige of the company, because they did not count with the availability of equipment offer to their customers. Also, we determinate that the company only was doing preventive maintenance in his trucks in each certain mileage, and the other equipment, only they made a corrective maintenance, so these suffer a bigger attrition.

Late, it was selected possible methodologies to use to solve the posed problem, determining like this, that the RCM II Methodology it was the best to get a maintenance plan. This methodology was adapted to can answer a best way to the needs that the company maintains.

For the problem already posed, the RCM II Methodology application, split in the following phases:

- **Phase 1:** Identification of the critical equipment and service impact.
- **Phase 2:** Quantification of the costs.
- **Phase 3:** Identification of the failure modes, effects and critical equipment operation.
- **Phase 4:** Proposal of the kind of maintenance to the critical equipment.

Applying the indicated phases it generated a maintenance plan proposal for the own critical equipment from BAILAC SAN LTDA. In addition, using the AMFE methodology,

it managed a classification of the failure according their frequencies and maintenance priority, determining with failure requires a bigger attention. In Summary, the factors that affect the availability of equipments, do not obey just to one cause in particular.

It suggested apply a preventive type maintenance, through tasks to condition, to make decrease the number fails and costs. For the before, it expected crease the inspections that it must done to the equipment, defining previously, how often it must done.

Somes depend directly of the company but in the other cases they are products of external agents finally, it is obtained as result a proposal for a maintenance plan for own critical equipment of BAILAC SAN LTDA., in their plant in Santiago of Chile, using the RCM II methodology, that it is reflects in the document "Procedure Manual: Maintenance of equipment and machines". (Look Annex 3.8)

Introducción

El mantenimiento en un equipo o instalación, se realiza con la finalidad de que permanezcan en perfecto estado de conservación y funcionamiento (alargar su vida útil). Puede ser preventivo, correctivo, rutinario y predictivo.

El mantenimiento preventivo puede basarse en inspecciones, ajustes, análisis, limpieza, entre otros, se realiza de forma planificada y con periodicidad para evitar fallas en algún equipo o sistema; el correctivo es el que se realiza siempre que un equipo o sistema deje de trabajar por causas desconocidas, poniéndolo en el menor tiempo posible en funcionamiento, intentando localizar el motivo por el cual dejó de funcionar, generando acciones que eviten la avería.

BAILAC S.A. es una empresa pionera en el recauchaje, reparaciones de neumáticos, servicios integrales de mantenimiento y control de neumáticos OTR. Su primera planta en Chile se ubicó en la ciudad de Iquique y actualmente cuenta con 5 plantas ubicadas estratégicamente dentro del país. El análisis de este Trabajo de Título se centrará en una de las subempresas de BAILAC S.A. llamada BAILAC SAN LTDA. Aquí es donde se trabajará en conjunto con el Departamento de Administración del Contrato el cual es el encargado de las mantenciones de los equipos de la propia empresa.

BAILAC SAN LTDA., cuenta sólo con un mantenimiento correctivo para sus equipos, a excepción de algunos que requieren de un mantenimiento preventivo. Los equipos que tienen un mantenimiento correctivo sólo reciben este mantenimiento al momento en que se le presentan las fallas, lo cual es sumamente perjudicial para la empresa ya que estos pueden fallar en el momento en que se trabaja con ellos.

Este trabajo se centrará en los equipos críticos que serán los de mayor valor monetario y los más importantes de acuerdo al servicio prestado por la empresa. Estos equipos críticos estarán compuestos por la Barredora Industrial, la Aspiradora Industrial, la Hidrolavadora, el Compresor y el Camión Pluma. Este último es el que tiene una mayor importancia para Bailac debido a que es el de mayor valor monetario por lo que se le realiza mantenimiento preventivo y correctivo.

Entre los mayores problemas que trae el tipo de mantenimiento actual, se encuentran la inexistencia de un plan de mantenimiento, fallas imprevistas, disponibilidad limitada de los servicios estipulados por la empresa, entre otros.

Debido a lo recién planteado, el objetivo general de este Trabajo de Título será: *“Formular un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios de la empresa BAILAC SAN LTDA., Departamento de Administración y Contrato, en su planta en Santiago de Chile, utilizando RCM II.”*

1 Antecedentes Generales

A continuación se describirá de forma general la empresa BAILAC SAN LTDA., el rol que cumple cada uno de sus departamentos y sus principales procesos de servicio. Posteriormente, se definirá el problema, el objetivo general, los objetivos específicos y las posibles metodologías a usar para dar solución al problema planteado.

1.1) La empresa

BAILAC S.A. es una empresa familiar de origen argentino, con más de 84 años de experiencia en el rubro de recauchajes y reparaciones de neumáticos. Se instala en Chile en el año 1952 como una empresa pionera en el recauchaje, ubicando en la ciudad minera de Iquique, su primera planta de reparación y recauchaje de neumáticos mineros. Actualmente cuenta con 5 plantas de este tipo ubicadas estratégicamente a lo largo del país.

En 1988, BAILAC incorpora los servicios integrales de mantenimiento y control de neumáticos mineros OTR, así como el servicio de asesoría en ahorro de éstos. Con el tiempo, BAILAC (en alianza con otras empresas) ha continuado su estrategia de incorporación de servicios relacionados con la actividad minera. De esta forma, ofrece también diversas actividades de apoyo para equipos mineros, mantenciones menores y comercialización de equipos e insumos para neumáticos.

Su objetivo principal es brindar un mayor y mejor servicio para sus clientes, lo cual mediante el desarrollo constante, ha creado nuevas empresas especialmente enfocadas al sector minero. Así, junto al perfeccionamiento tecnológico del neumático se ha especializado en la prestación de Servicios Integrales de mantención, control, reparaciones y recauchaje de neumáticos mineros gigantes y supergigantes.

BAILAC, corresponde a un holding de empresas de servicios, diseñado para proporcionar soluciones integrales a sus clientes, de diversos tipos, con una gama interesante y nutrida de disciplinas, principalmente relacionadas con el mercado de la minería. Sus operaciones se gestionan estratégicamente desde las diferentes ramas a través del país, que van desde Arica a Punta Arenas y en el extranjero (Argentina, Brasil, EE.UU.), a través de oficinas, plantas y talleres.

La empresa está dividida en 3 subempresas las cuales son: BAILAC THOR, que presta servicios integrales mineros desde Chañaral hasta Iquique; BAILAC que presta servicios de mantenimiento reparación y recauchaje de neumáticos mineros en todo Chile y finalmente está BAILAC SAN LTDA., que presta los mismos servicios integrales mineros desde Chañaral hasta Punta Arenas.

Las empresas BAILAC han tenido la oportunidad de crecer junto a sus clientes desde 1925, lo cual ha permitido no solo crear fuertes lazos comerciales y estratégicos con ellos, sino que también, entender sus necesidades específicas y técnicas a través del tiempo y adaptarse a la dinámica propia del mercado minero.

Las necesidades son específicas en cada faena, pasando por condiciones tremendamente diversas. Este entendimiento, ha significado que los clientes mantengan a BAILAC como aliado estratégico y lo consideren siempre en sus etapas de desarrollo y nuevos proyectos. Así, la empresa, a través de más de 20 servicios distintos, puede entregar al mejor nivel técnico y profesional, a través de una gran gama de soluciones integrales para la minería, diversificación que los clientes aprecian de forma especial, pues es posible que una sola empresa de prestigio les provea una solución de gran alcance a distintas necesidades, con la simplicidad de un solo contrato.

Actualmente, BAILAC posee las siguientes unidades de negocio conforme con sus servicios ofrecidos:

- **Servicio de neumáticos OTR:** esta unidad de negocio incluye el servicio integral de mantenimiento y control de neumático OTR en faena, servicio de reparación de neumáticos, servicio de recauchaje de neumáticos, actividades de apoyo operacional en minas y servicio de recuperación y reparación de cadenas protectoras y de tracción.
- **Servicios integrales a la minería:** esta unidad de negocio incluye actividades de apoyo para equipos mineros y mantenciones menores. Dentro de las actividades de apoyo a equipos mineros se incluyen, mantención de aros (rims) y componentes, lavado de equipos, soldadura especial, arriendo de luminarias, entre otras. Dentro de las mantenciones menores se incluyen la instalación y retiro de letrero en área minera, infraestructura de talleres, entre otras.
- **Comercialización de equipos e insumos para neumáticos OTR:** esta unidad de negocio no incluye la venta de neumáticos OTR, ya que sólo incorpora la venta de equipos e insumos tales como: plantas de nitrógeno para inflado, cadenas protectoras y de tracción, grúa manipulador, brazo manipulador, prensa desmontadora, equipamiento y herramientas para mantención, entre otros. Además, se incluye el servicio de arriendo de equipos grúa manipulador, brazo de manipulador y prensa desmontadora.

1.1.1) Identificación de la empresa

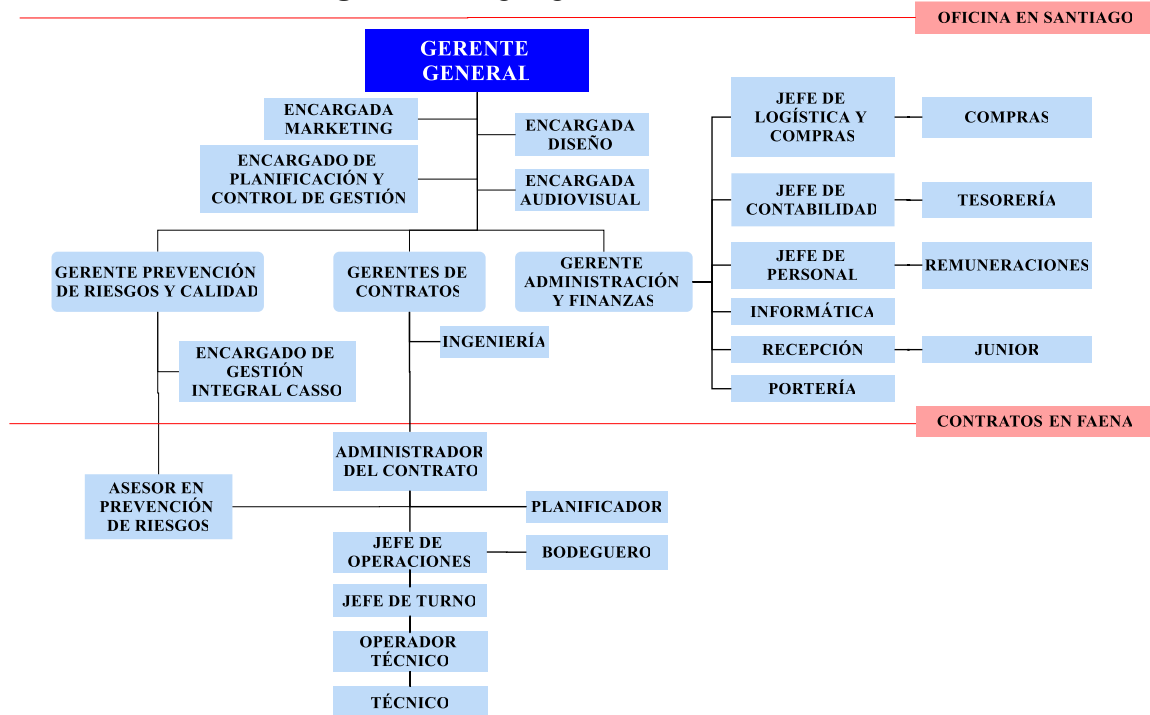
Tabla 1.1: Identificación de la empresa

EMPRESA	BAILAC SAN LTDA.
R.U.T.	77247050-9
DIRECCIÓN	Calle Mapocho 199, Santiago, Chile
RAZÓN SOCIAL	BAILAC Servicios en ahorros de neumáticos Ltda.
REPRESENTANTE LEGAL	Alberto Javier BAILAC Arriagada
RUBRO	Neumáticos, recauchajes, tire retreading, tires.
INTERNET	www.BAILAC.cl

Fuente: BAILAC SAN LTDA.

1.1.2) Organigrama funcional de BAILAC SAN LTDA.

Figura 1.1: Organigrama “BAILAC SAN LTDA.”



Fuente: BAILAC SAN LTDA.

1.2) Descripción de los procesos de servicios

A continuación se dará descripción a los servicios prestados por BAILAC SAN LTDA., y se detallarán los aportes específicos que posee cada uno. Posteriormente se identificarán los departamentos, clientes y proveedores que posee dicha empresa.

1.2.1) Servicios prestados por BAILAC SAN LTDA.

Los principales servicios prestados por BAILAC SAN LTDA., son los siguientes:

Soldadura estructural y reparación menor de tolvas y baldes

Este servicio, que para el presente trabajo se abreviará como “SERM”, corresponde a los servicios de soldadura asociados al mantenimiento de tolvas y baldes. Lo que incluye las reparaciones mayores, menores y repuestos e insumos.

- **Mantenimiento preventivo de las tolvas:** Consiste en inspecciones, evaluaciones, proyecciones de desgaste e informes de fallas y reparaciones derivadas del desgaste normal por el uso de la tolva.

- **Mantenimiento correctivo menor:** Consiste en la reparación menor en base a soldadura en camiones y sus componentes. Estos trabajos de soldadura consideran: reparación de fisuras en tolvas, reparación de bota piedras, cambio de elementos de blindaje, reparación de números, cambio y reparación de luces de trochas. Para equipos de apoyo, considera reparación de estructuras, apoyo con torchadura y soldadura en cambio de elementos de desgaste y retiro de pernos cortados.

Servicio de mantenimiento integral de neumáticos y cadenas

Comprende las actividades de montaje, desmontaje, manipulación, control, reparación de cadenas y mantenimiento menor de aros. Para todos los equipos de la flota que usan neumáticos se realizan los siguientes trabajos:

- Mantenimiento integral de neumáticos.
- Servicio de colocación y retiro de cadenas en equipos en invierno.
- Montaje, desmontaje y manipulación de neumáticos.
- Cambio de aro de neumáticos.
- Reparación de neumáticos en planta.
- Cambio de cadenas.
- Montaje y desmontaje de cadenas de tracción.
- Reparación menor de cadenas.
- Cambio de cadenas.

Servicio de mantenimiento del sistema de aire acondicionado y cabinas

Comprende el servicio de mantenimiento y reparación de los sistemas de aire acondicionado, calefacción (A/C) y cabinas de los equipos, así como el suministro e instalación de vidrios para los equipos. Comprende también el mantenimiento de las cabinas y sus sistemas auxiliares en condición estándar para los equipos de producción y apoyo al servicio.

El objetivo de este servicio es mantener los sistemas de aire acondicionado de los equipos en condiciones óptimas para que se realicen sus actividades de forma normal y sus operadores interactúen en un ambiente adecuado para los mejores estándares del mercado. Para lograr esto, se realizan los siguientes trabajos:

- Mantenimiento preventivo de sistema de aire acondicionado de los equipos mineros.
- Chequeo de parámetros de operación.
- Limpieza de sistema y periféricos.
- Suministro, cambio y montaje de vidrios.
- Realización de matriz de riesgo y procedimientos de actividades.
- Reparación de filtraciones.
- Recarga del sistema con gas refrigerante.
- Recarga de aceites lubricantes.
- Limpieza de cabina.
- Prueba de sellado de cabina (prueba de humo).
- Levantamiento de repuestos críticos.

Servicio de mantenimiento y aseo de infraestructura

Comprende el mantenimiento y aseo de talleres e infraestructura, limpieza de pisos, y remoción de residuos provenientes de las actividades de mantenimiento; reparación y mantenimiento de enchufes eléctricos; pintura; chapas de puertas y ventanas; iluminación interior de oficinas y naves de trabajo; extractores de gases; grifería menor y red de comprimido.

Toda la planificación del mantenimiento y reparación mayor de cualquier equipo, como dispositivos y componentes incluidos en este servicio, o para otros equipos presentes en los talleres (como equipos de apoyo, compresores, puente grúas, red de incendio, portones y cortinas), deberá ser cotizado de forma adicional por BAILAC.

Lavado de equipos

Este servicio comprende el lavado de equipos, en zonas habilitadas para tal efecto, aseo y mantenimiento de la loza de lavado, limpieza de pisos y remoción de residuos provenientes de las actividades de lavado.

Servicio de soldadura especial y estructural mayor, y derivados por accidentes mayores

Comprende los trabajos de soldadura derivados de eventos que escapan del normal uso de los equipos que requieren de personal adicional para llevarlos a cabo, y que por ende, no son parte del mantenimiento correctivo menor. Este servicio no tiene asociado un precio fijo ya que dependerá del trabajo a realizar, los cuales se nombran a continuación:

- Reparaciones mayores derivadas de accidentes operacionales.
- Reparaciones derivadas de accidentes por fuerza mayor.
- Reparaciones derivadas de fallas del producto.
- Modificaciones mayores.
- Fabricación y cambio de blindaje.
- Revisión de tolva.
- Mantenimiento mayor de baldes.

1.2.2) Aportes específicos para cada servicio

Para cada servicio BAILAC tiene un aporte específico que son de suma importancia, ya que son el factor fundamental para poder realizar el trabajo. Si uno de estos aportes falla, se incurrirá en pérdida de dinero, confiabilidad, HH y calidad del servicio entregado. A pesar de la importancia que éstos tienen, sólo se les aplica un mantenimiento correctivo.

Los aportes específicos que presta BAILAC son detallados a continuación:

Aportes para el Servicio de Mantenimiento y Aseo de Infraestructura

- Herramientas menores
- Insumos
- Barredora

Aportes para el Servicio de Lavado de Equipos

- Hidrolavadoras
- Herramientas menores
- Insumos

Aportes para el Servicio de Mantenimiento de sistema A/C y Cabinas

- Kit herramientas especiales
- Insumos
- Compresores aire portátiles
- Aspiradora Industrial
- Equipo mantenimiento A/C
- Máquina aspiradora
- Máquina para pruebas de hermeticidad

Aportes para el Servicio de Soldadura estructural y reparación menor de tolvas y baldes

- Herramientas menores
- Soldadoras portátiles
- Soldadoras estacionarias
- Equipo de corte
- Andamios
- Insumos
- Discos desbaste
- Cortador de plasma

Aportes para el Servicio de Mantenimiento integral de Neumáticos y Cadenas

- Herramientas menores
- Manipulador de neumáticos (Grúa Svetruck, Brazo manipulador)
- Desmontadora de neumáticos
- Camión de Servicio con pluma
- Software Pascual y otros
- Insumos
- Compresores de aire portátiles
- Tecles
- Soportes (Pinochos)
- Llaves de torque e impacto

Aportes para el Servicio de Soldadura Especial

- Herramientas menores
- Soldadoras portátiles
- Soldadoras estacionarias
- Equipo de corte
- Andamios
- Plataforma Liftman
- Insumos
- Discos Desbaste

1.2.3) Departamentos

BAILAC SAN LTDA., cuenta con diferentes departamentos, los cuales están en relación directa con las funciones básicas que realiza la empresa a fin de lograr sus objetivos,

es decir, trabajan para un buen funcionamiento de la empresa. Estos departamentos son los siguientes:

Departamento de Contabilidad

El Departamento de Contabilidad es el encargado de rendir las cuentas de la empresa, es decir, informa y registra todos los gastos e inversiones de esta. Dentro de lo que rinden se encuentran: Compra de bebidas alcohólicas, solicitudes superiores a \$20.000, celebraciones de fin de año y día del minero, consumo de combustible, facturas de compras y lo que se utiliza en cada accidente menor como los gastos médicos, entre otros.

Departamento de Adquisiciones y Logística

El Departamento de Adquisiciones y Logística, consta con los siguientes trabajadores y responsabilidades:

- **Jefe de adquisiciones y logística:** Responsable del correcto funcionamiento del área.
- **Jefe de compras y despacho:** Responsable de la interacción con clientes internos y proveedores.
- **Encargado de bodegas:** Responsable del ciclo logístico (recepción y almacenamiento).
- **Comprador:** Encargado de reportar todo lo que suceda con respecto a las compras, arriendos y mantenimientos, al jefe de compras y despacho.
- **Administrativo logístico:** Responsable de la compra en terreno.
- **Bodeguero:** Responsable del orden y limpieza de la bodega.
- **Encargado de centralización de facturación:** Responsable de la centralización oportuna de las facturas para cancelación.

Departamento de Operaciones

En este departamento se gestionan todas las operaciones de BAILAC SAN LTDA., y consta con Jefes de turno y técnicos.

Departamento de Prevención de riesgos

Este departamento, es el encargado de gestionar todos los posibles riesgos que puedan sufrir los trabajadores durante sus labores el cual se encuentra a cargo de un Ingeniero en prevención.

Departamento de Planificación e Ingeniería

Acá se ejecutan e implementan todas las tareas de BAILAC SAN LTDA., y se encuentra a cargo de un Ingeniero en jefe. Este departamento trabaja directamente con el departamento de operaciones y el departamento de prevención de riesgos, los cuales tienen contacto directo con los proveedores y clientes de la empresa.

Departamento de Administración del Contrato

Este departamento se encuentra a cargo de la preparación, elaboración, realización y ejecución del contrato, con las empresas que requieren de los servicios prestados por BAILAC. Además está encargado del mantenimiento de todos los equipos y maquinarias con las que cuenta la empresa.

1.2.4) Clientes

BAILAC es proveedor de alrededor de unos 20 clientes a nivel mundial. Se preocupa de mantenerlos como aliados estratégicos, por lo que los considera siempre en sus etapas de desarrollo y nuevos proyectos. Así, las empresas BAILAC, a través de más de 20 servicios distintos, entregan el mejor nivel técnico y profesional, a través de una gran gama de soluciones integrales para la minería, diversificación que los clientes aprecian de forma especial, pues es posible que una sola empresa de prestigio les provea una solución de gran alcance a distintas necesidades, con la simplicidad de un solo contrato. La distribución geográfica asignada por el grupo de empresas BAILAC a BAILAC SAN LTDA., para realizar los servicios integrales de mantenimiento y control de neumáticos fuera de carretera, comprende desde la III Región, al sur de Chile, y República Argentina.

En relación a lo anteriormente señalado los principales clientes de BAILAC SAN LTDA., corresponden a los señalados en la Figura 1.2.



Figura 1.2: Clientes “BAILAC SAN LTDA.”

Fuente: BAILAC SAN LTDA.

1.2.5) Proveedores

BAILAC es uno de los proveedores más importantes dentro de la minería en Chile, por lo que se ha preocupado de estar asociado con los principales proveedores del mundo, en los diferentes tipos de soluciones que ofrecen en sus servicios. Dentro de estos, los que disponen de los principales insumos para que BAILAC pueda prestar los servicios en sus diferentes faenas, se encuentran EXACTRA INC., AME Intl., Edmo Equipment, Mc – Gee, Vipal, Indura, Lincoln y Komatsu, siendo este último su mayor proveedor.

Los principales insumos menores adquiridos de estos proveedores son los que se muestran en la Tabla 1.2.

Tabla 1.2: Insumos menores adquiridos a proveedores.

EXACTRA	AME	MC-GEE	VIPAL	EDMO
- Super Giant Bore - Super Large Bore - Large Bore - Special Fomed Valves - Gauges - Truck & Bus - Tolos	- Desmontadores Hidráulicos - Bombas Hidráulicas - Cilindros Hidráulicos - Herramientas	- Lubricante - Discos de Tg - Bolas de Tg - Lápiz de Tg - Raspas - Sacabocados	- Parches - Cementos Vulcanizante - Tizas	- Gatas Hidráulicas - Soportes Hidráulicos - Prensas Hidráulicas

Fuente: BAILAC SAN LTDA.

- **EXACTRA:** Es una organización de propiedad familiar y se encuentra especializada en la fabricación de gran calibre, SUPER gran calibre y sistemas de llanta SUPER EXCEL para neumáticos fuera de la carretera, grandes y gigantes. EXACTRA INC. ofrece unos cuarenta y cinco años de experiencia práctica y el conocimiento de la industria del neumático gigante.
- **AME INTL:** Ame International distribuye herramientas y equipos para todos los principales mercados del mundo. Con una gama completa de neumáticos OTR, accesorios relacionados con los neumáticos y todos los aspectos de las ruedas y servicio de neumáticos.
- **EDMO Equipment:** Pionero de la OTR, cambio de neumáticos. Es reconocida mundialmente por la invención de la primera prensa para cambio de neumáticos. Se utiliza en la mayoría de las grandes mineras de Australia, y numerosas minas internacionales.
- **MC - GEE:** Empresa de construcción de base amplia y contratista multidisciplinario especialista. Ofrecen una amplia gama de descontaminación, demolición, construcción y servicios de Ingeniería civil. También ofrecen servicios de telecomunicaciones, reciclaje e de ingeniería de la tierra.
- **VIPAL:** Empresa con más de 25 años de experiencia en el equipamiento de vulcanizaciones, talleres automotrices, servitecas, plantas de recauchaje, concesionarias, empresas de transporte y mineras, con maquinaria, herramientas e insumos para el montaje, reparación y mantenimiento de neumáticos.

- **INDURA:** Empresa con 65 años de experiencia en la producción, comercialización y desarrollo de soluciones con gases y soldaduras, con más de 2.500 trabajadores corporativos.
- **LINCOLN:** Empresa que consta con una amplia variedad de fijadores, artículos de ferretería, líneas importantes de bazar y electricidad. Atienden a más de 400.000 clientes registrados.
- **KOMATSU:** Compañía de origen japonés y de enorme prestigio en la fabricación de equipos para minería, construcción y forestal. Es uno de los líderes mundiales en este mercado, proveyendo productos y repuestos para estas industrias. Se ha consolidado como uno de los principales socios estratégicos en proveer equipos, repuestos y servicios a la pequeña, mediana y gran minería chilena.

1.3) Análisis cuantitativo

A nivel nacional, existen 2 compañías dedicadas al servicio de reparación y mantención de neumáticos OTR mineros, las cuales se encuentran listadas en el registro de proveedores del DIRECMIN: la empresa chilena BAILAC y la empresa canadiense Kaltire S.A. Además, consideraremos la empresa IRENESA que, a pesar de no estar registrada en el DIRECMIN, tiene una marcada presencia en los medios de publicidad encontrados en la web. Es importante destacar que, tanto Kaltire como IRENESA ya han incorporado en su negocio la comercialización de neumáticos OTR.

En la Tabla 1.3, se presenta un análisis cuantitativo que muestra a la empresa mejor evaluada según los criterios antes nombrados. Cabe mencionar que, cada compañía fue evaluada en base a antecedentes recopilados y considerando una escala de Alta (3), Media (2) y Baja (1).

Tabla 1.3: Análisis Cuantitativo.

INDICADORES	PONDERACIÓN (%)	VALOR		
		BAILAC	KALTIRE	IRENESA
Presencia en la Ind. Minera	40	3	1	2
Presencia en Latinoamérica	30	2	2	1
Conocimiento del mercado	15	3	2	1
Capacidad de Comercialización	15	2	3	3
Total	100	2,55	1,75	1,7

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios utilizados en el análisis son los siguientes:

- **Presencia en la industria minera:** se evaluará favorablemente a la compañía que tenga la mayor presencia posible en el mercado minero chileno de manera de poder acceder a la mayor cantidad de clientes.
- **Presencia en Latinoamérica:** se evaluará favorablemente a empresas que tengan una mayor presencia en Latinoamérica para poder acceder a nuevos mercados.
- **Conocimiento del mercado:** se evaluará favorablemente a compañías que tengan mayor cantidad de años en el mercado nacional minero.

- **Capacidad de comercialización:** se evaluará favorablemente a la empresa que presente un mayor potencial para la comercialización de productos.

1.3.1) Posición financiera y crecimiento

BAILAC es clasificada como una gran empresa con respecto a las utilidades que genera anualmente (US\$53 millones). De acuerdo con lo expresado por sus altos ejecutivos, la empresa ha experimentado un crecimiento explosivo del orden de un 50% en los últimos 5 años. Como prueba de lo anterior, está la internacionalización de la empresa con 6 plantas en Brasil y una planta en Estados Unidos. Además, el Sr. José Basso (Administrador del contrato que BAILAC sostiene con minera Los Pelambres) declara, que la última crisis financiera mundial fue una oportunidad de crecimiento para la empresa ya que una mayor cantidad de neumáticos fueron reparados. Para el futuro, existen planes de invertir en una planta de reparación en Sudáfrica.

1.3.2) Análisis del mercado nacional

Los clientes de BAILAC se ubican principalmente en Chile, sin embargo, esta empresa también ofrece servicio a compañías mineras ubicadas en Brasil y Estados Unidos. En Chile, BAILAC es considerada la empresa líder en el servicio de reparación y recauchaje de neumáticos OTR con más de un 85% de participación del mercado formado por las grandes compañías mineras, siendo su única competencia en este segmento la empresa Kaltire. De toda la cartera de clientes que actualmente atiende BAILAC en Chile, cerca del 67% corresponde a grandes compañías mineras (ej. Los Pelambres, El Abra, entre otros.), 26% son medianas compañías mineras (Ej: Mantos Blanco, Carmen, Lomas Bayas, entre otros.) y solamente el 7% corresponde a empresas contratistas dedicadas al movimiento de tierra (Ej: Veschiola, Movitec, Besalco, entre otros.). Lo anterior está demostrado en el Gráfico 1.1.

Cartera de clientes de BAILAC

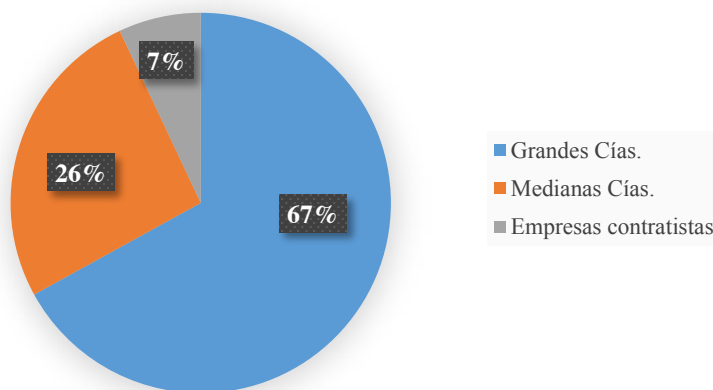


Gráfico 1.1: Cartera de clientes de BAILAC.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, se considera que BAILAC tiene oportunidades reales de crecimiento en:

- **Grandes Compañías Mineras:** Con motivos de nuevos proyectos mineros y la activación de proyectos de expansión minera como lo que mantiene Codelco en su división Andina o BHP Billinton en sus mineras del norte.
- **Pequeña-Mediana Compañías Mineras:** Actualmente, se estima que BAILAC sólo tiene presencia en un 23% de este tipo de compañías.
- **Contratistas de movimiento de tierra:** se estima que BAILAC solamente atiende al 6% de los contratistas que actualmente ofrecen servicios a la minería (SONAMI, 2009).

1.3.3) Análisis del mercado latinoamericano

Como se mencionó anteriormente, BAILAC ya tiene experiencia en Latinoamérica con sus 5 plantas de recauchaje de neumáticos ubicadas en Brasil. Actualmente, BAILAC ofrece servicios de mantención a 10 compañías mineras, extractoras de cobre y hierro, ubicadas en el estado de Pará (Norte) y en el estado de Minas Gerais (Sudeste), incluyendo Mina Sossego, Mina Alegria, Mina Fábrica Nova, entre otras.

Es importante destacar que BAILAC también posee una estrecha relación comercial con compañías internacionales tales como Komatsu, BHP Billiton, Finning, entre otros. Estas compañías también tienen presencia en el mercado latinoamericano. Por ejemplo, ejecutivos de la empresa Komatsu Chile S.A expresan que actualmente existe un fuerte desarrollo del mercado minero en Perú, en donde Komatsu ha iniciado importantes proyectos de extracción de cobre. Entonces, el alcance de comercialización y mantención de neumáticos podría partir por Chile con miras hacia proyectos latinoamericanos que presenten las mismas necesidades que el mercado nacional.

1.3.4) Tarifas, garantías y dotación de los servicios prestados por BAILAC SAN LTDA.

El precio de la totalidad de los servicios de cada contrato, corresponde a un monto fijo mensual, el cual se diferencia de acuerdo al número de equipos en operación, tal como se indica en la Tabla 1.4.

Todos los valores indicados son mensuales, netos y debe agregarse el IVA. El precio pactado es compensación total y completa de la totalidad de los servicios prestados e incluyen todos los gastos en que incurren en la ejecución de los servicios.

Tabla 1.4: Tarifa mensual del servicio.

SERVICIO	TARIFA MENSUAL DEL SERVICIO / EQUIPOS (\$)			
	24	27	38	45
SERM	80.303.344	88.205.936	92.971.283	97.175.036
Aseo y Mantenimiento de infraestructura				
Mantenimiento de neumáticos y cadenas				
Mantenimiento de A/C y cabinas				
Lavado de equipos				

Fuente: Elaboración propia.

Los servicios de soldadura especial o estructural mayor, o aquellos trabajos derivados de accidentes o mala operación de los equipos, y realizados por personal externo o adicional al contrato, serán cobrados en base a las horas de servicios empleadas, según lo indica la Tabla 1.5.

Tabla 1.5: Tarifas de personal adicional al contrato.

CARGO	TARIFA UF / HR
Soldador	1
Supervisor	1,8

Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se movilice, se encuentre disponible el personal de BAILAC y se completen los aportes comprometidos por el contratista para dar inicio al servicio, se deberá pagar a la empresa, por una sola vez, el concepto de movilización y puesta en marcha, la suma de \$30.000.000.

Los valores del servicio contratado, se reajustarán semestralmente en base a la variación del Índice de Costo de la Mano de Obra (ICMO) y del Índice de Precios al Consumidor (IPC), de acuerdo al siguiente polinomio.

$$\text{Tarifa Servicio Reajustada} = \text{Tarifa Inicial} \times (70\% \times \text{Var}_{\text{ICMO}} + 30\% \times \text{Var}_{\text{IPC}})$$

Donde:

$$\text{Var}_{\text{ICMO}} = \frac{\text{ICMO}_{\text{REAJ}}}{\text{ICMO}_{\text{BASE}}}$$

$$\text{Var}_{\text{IPC}} = \frac{\text{UF}_{\text{REAJ}}}{\text{UF}_{\text{BASE}}}$$

El servicio prestado cuenta con una garantía para que se cumpla con las características de funcionalidad y disponibilidad requeridas. Al respecto BAILAC, es el responsable de corregir el costo de inmediato y a satisfacción de la empresa contratante, cualquier deficiencia o problema de calidad detectada en los servicios prestados bajo contrato, asumiendo en su totalidad los gastos que los trabajos reparatorios originan.

Debido a la garantía que cubre la nueva ejecución del trabajo y/o la reposición de las partes, repuestos o materiales que deben ser utilizados, si BAILAC no efectúa el trabajo de reparación en virtud de la garantía, en un plazo de 3 días, el contratante tiene el derecho a encargar su ejecución a un tercero a cuenta de BAILAC.

Cabe mencionar, que la dotación de BAILAC con que ejecutará las actividades de todos los servicios que presta en cada contrato, variará en relación al número de equipos operativos, de acuerdo a lo que se indica en la Tabla 1.6.

La dotación realizará su trabajo de acuerdo a las jornadas especificadas con cada empresa que contrata los servicios de BAILAC. Generalmente se especifican, como se muestra en la Tabla 1.7.

Tabla 1.6: Dotación de personal por servicio.

DESCRIPCIÓN DEL CARGO	EQUIPOS HASTA			
	24	27	38	45
Administrador del Contrato	1	1	1	1
Prevencionista	1	1	1	1
Planificador	1	1	1	1
Soporte metalúrgico	1	1	1	1
Jefe de operaciones	1	1	1	1
Jefe de turno	4	4	4	4
Técnico de neumáticos y cadenas	12	16	16	22
Soldador	6	6	10	14
Técnico en cabinas	4	4	4	4
Técnico en mantenimiento menor de infraestructura	4	4	4	4
Técnico lavador	4	4	4	4
Total Dotación por Servicio	39	43	48	57

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.7: Cobertura por servicio.

SERVICIO	COBERTURA (HR)	TURNO
Soldadura	24	7x7
Mantenimiento de Neumáticos	24	7x7
Mantenimiento A/C y Cabinas	24	7x7
Mantenimiento de Infraestructuras	12, sólo día	7x7
Lavado de equipos	12, sólo día	7x7

Fuente: Elaboración propia.

1.4) Descripción del proceso de servicio a estudiar

El proceso de servicio que se estudiará, son los procesos correspondiente al Departamento de Administración del Contrato. Este departamento está conformado por tres grandes grupos de procesos que son, los Procesos de Gestión y Mejora, los Procesos de Realización y los Procesos de Apoyo y Soporte, los cuales se detallarán a continuación:

Procesos de Gestión y Mejora

Los procesos de Gestión y Mejora corresponden a aquellos procesos de la administración, control y mejora del sistema de gestión integrado CASSO de BAILAC SAN LTDA., los cuales corresponden básicamente a:

- Gestión documental.
- Gestión de auditorías integrales.
- Gestión de no conformidades, productos no conformes, control de incidentes, aspectos e impactos ambientales, peligros, riesgos en la seguridad y salud ocupacional.
- Gestión de acciones correctivas y preventivas.
- Revisión gerencial, definición de las políticas y objetivos integrales.

Procesos de Realización

Los Procesos de Realización, son aquellos que representan la cadena de valor del servicio entregado por BAILAC SAN LTDA., los cuales corresponden básicamente a:

- **Venta del servicio:** Durante este proceso se captan las necesidades del cliente y se establecen los requisitos del servicio, considerando los aspectos de calidad, protección del medio ambiente, seguridad y salud ocupacional, a través de una oferta técnico comercial. Posteriormente si las condiciones del servicio son aceptadas por el cliente, dicho compromiso se enmarca en un contrato comercial de prestación de servicios.
- **Planificación del servicio:** Durante esta etapa son planificadas y programadas, en una Carta Gantt, las actividades necesarias para la implementación y posterior operación del servicio. Se determinan y realizan las compras de activos y elementos necesarios para la puesta en servicio de la faena, así como también la contratación del personal idóneo para desarrollar las actividades de operación, y la planificación para el cumplimiento de los requisitos legales y normativos de calidad, protección del medio ambiente, seguridad y salud ocupacional.
- **Implementación del servicio:** En esta etapa se realiza la instalación física de la faena, implementando los recursos, planes y programas definidos para el desarrollo del servicio, capacitando e induciendo al personal en temas relacionados a la calidad, protección del medio ambiente, seguridad y salud ocupacional. Durante esta etapa se inicia el servicio a través de un periodo de marcha blanca, en donde se revisa y se corrigen las posibles desviaciones, de modo de optimizar el cumplimiento de entrega del servicio durante la etapa de operación.
- **Operación del servicio:** La operación corresponde a la etapa de ejecución del servicio donde se realiza el servicio contratado por el cliente, generándose a partir de

sus resultados los informes y reportes dirigidos a éste. Esta operación, es constantemente monitoreada por auditorías integrales de calidad, medioambientales, de seguridad y salud ocupacional, de modo de asegurar su cabal cumplimiento, generándose así, constantes mejoras internas. Durante esta etapa se generan los informes de estados de pagos, que una vez aprobados por el cliente pasan a la etapa de facturación.

- **Seguimiento del servicio:** Esta etapa corresponde a aquella en donde se monitorea el cumplimiento del servicio, durante todo su desarrollo, básicamente a través de la retroalimentación del cliente (medición de satisfacción y atención de reclamos), así como también de los cambios de necesidades emanados por cliente y de las mejoras que puedan generarse en el servicio.

Procesos de Apoyo y Soporte

Corresponden a aquellos procesos que sirven de soporte a los procesos de Gestión y Mejora y Realización del servicio, dentro de los cuales se destacan: Asistencia Técnica, Soporte Informático, Almacenamiento de Productos, Control Equipos de Medición, Facturación y Capacitación.

El proceso general del Departamento de Administración del Contrato, el proceso de servicio y el proceso de operación del servicio, se detalla a continuación en las Figuras 1.3, 1.4 y 1.5.



Figura 1.3: Mapa de la operación del servicio.

Fuente: BAILAC SAN LTDA.

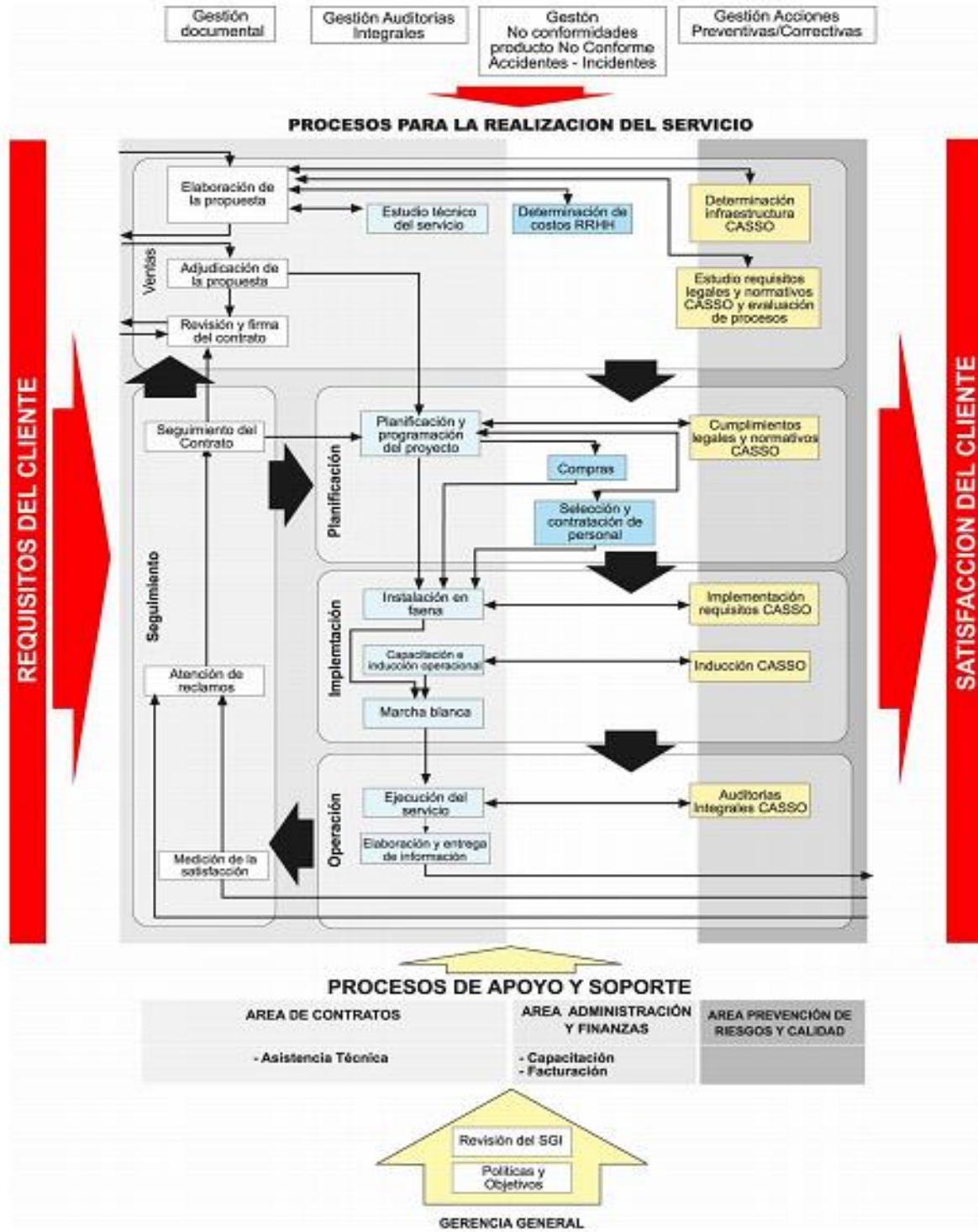


Figura 1.4: Mapa del proceso general.
Fuente: BAILAC SAN LTDA.



Figura 1.5: Mapa del proceso de servicio.

Fuente: BAILAC SAN LTDA.

1.4.1) Tasa de fallas

Por definición, la tasa de falla corresponde al número esperado de fallas por unidad de tiempo. Los antecedentes que existen sobre las tasas de fallas que presenta BAILAC, no han sido muy notorios en años anteriores por tratarse de maquinaria y equipos relativamente nuevos; pero en la actualidad las fallas en la maquinaria o desperfectos son más frecuentes. Esto se ve reflejado en el aumento de un 33% de la tasa de falla de la empresa, la cual se puede observar en el Gráfico 1.2, donde se muestran la cantidad de fallas ocurridas los últimos 5 años, tomando como base los datos del año 2010.

Tabla 1.8: Fallas de BAILAC últimos 5 años.

AÑO	FALLA	
	CANTIDAD	% RESPECTO AL AÑO 2010
2010	156	-
2011	168	8
2012	190	13
2013	238	25
2014	317	33

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 1.2: Cantidad de fallas de BAILAC en los últimos 5 años.

Fuente: Elaboración propia.

BAILAC además, cuenta con un registro de las tasas de falla por cada servicio que presta, lo cual se muestra en la Tabla 1.9 y el Gráfico 1.3. Estos datos, para el año 2014, arrojaron que el mayor índice de falla ocurre en el servicio de neumáticos y cadenas, con un 35% de las fallas que presentó BAILAC durante ese mismo año, y en segundo lugar el servicio de mantenimiento de A/C y cabinas con un 26% de fallas.

Tabla 1.9: Fallas por servicios año 2014.

SERVICIO	%	% ACUM
Mantenimiento de neumáticos y cadenas	35	35
Mantenimiento de A/C y cabinas	26	61
Aseo y mantenimiento de infraestructura	15	76
Lavado de equipos	10	86
SERM	9	95
Soldadura Especial	5	100

Fuente: Elaboración propia.

FALLAS POR SERVICIO

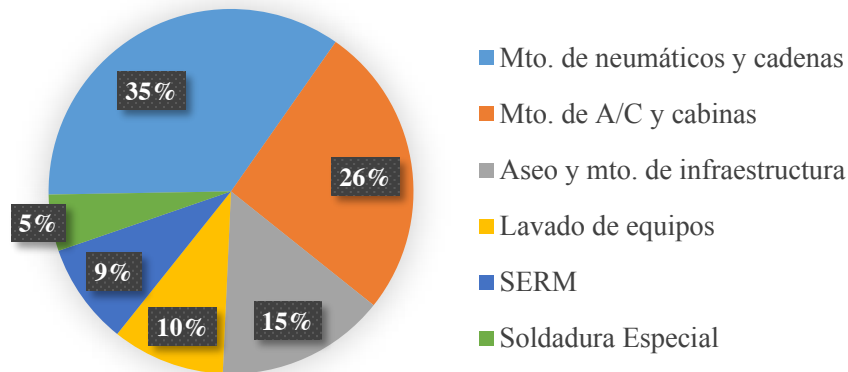


Gráfico 1.3: Fallas por servicio de BAILAC año 2014.

Fuente: Elaboración propia.

1.4.2) Jerarquización de los servicios

BAILAC jerarquiza sus servicios de acuerdo a la importancia económica que estos tienen, debido principalmente al costo de su mantenimiento. Se toma en cuenta las pérdidas monetarias que se obtienen al hacerse efectiva la garantía que tiene el contratante cuando BAILAC no efectúa el trabajo de reparación en un plazo de 3 días, la cual debe cubrir la ejecución del trabajo y/o la reposición de las partes, repuestos o materiales que deben ser utilizados. El contratante estará en todo su derecho de hacer efectiva esta garantía, y contratar el servicio de un tercero a cuenta de BAILAC.

BAILAC, en su calidad de socio estratégico, ofrece un servicio integral a las compañías mineras, tendiente a aumentar el rendimiento de los neumáticos y así disminuir

cada vez más su costo horario. Paralelamente, un buen servicio, mediante planes de trabajo programados, permite reducir los tiempos de detención de los equipos -menores tiempos de las intervenciones por causa de neumáticos- y disminución de accidentes, contribuyendo así a generar importantes ahorros para las compañías.

El servicio que presta BAILAC, de reparación y recauchaje de neumático OTR cuenta con más de un 85% de participación del mercado, y son aquellos insumos que se utilizan para este servicio especializado los que representan un alto costo operacional para las compañías mineras, por lo que el manejo de estos productos constituye un factor de gran importancia.

Es por esto, que la pirámide de jerarquización de los servicios de BAILAC, queda de la manera mostrada en la Figura 1.6.

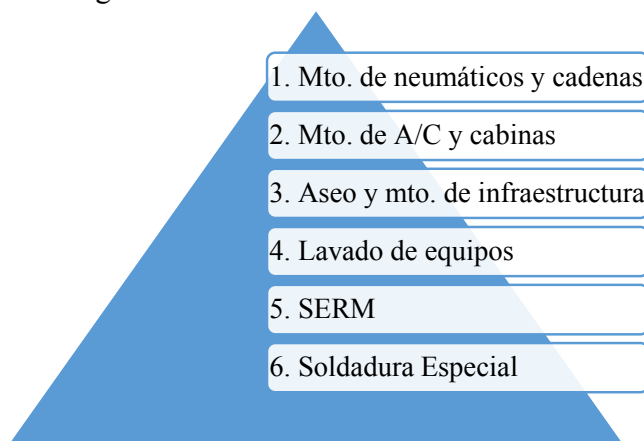


Figura 1.6: Jerarquización del servicio.

Fuente: Elaboración propia.

Además de ser el principal servicio que presta BAILAC, el costo del servicio de mantenimiento integral de neumáticos y cadenas, es el que tiene un mayor costo de mantención. Los costos de mantenimientos por cada servicio considerados durante el año 2014, se pueden apreciar en la Tabla 1.10, mostrada anteriormente.

Tabla 1.10: Costos de mantenimiento por servicios año 2014.

SERVICIO	COSTO DE MANTENIMIENTO (\$)	%	% ACUM
Mantenimiento de neumáticos y cadenas	27.000.000	35	35
Mantenimiento de A/C y cabinas	18.000.000	24	59
Aseo y Mantenimiento de infraestructura	15.000.000	20	78
Lavado de equipos	8.000.000	10	89
SERM	5.000.000	7	95
Soldadura Especial	3.500.000	5	100
TOTAL	76.500.000	100	

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo al Gráfico 1.4, lo que presenta un mayor costo para BAILAC, es el servicio de mantenimiento de neumáticos y cadenas con un 35% del costo total del mantenimiento, luego vendría el mantenimiento de A/C y cabinas, que corresponde al 24% del costo de mantenimiento total.

Con relación a los años anteriores, los costos han aumentado en un 20% en total con respecto al año 2013 como se puede ver en la Tabla 1.11 adjunta a continuación, la cual refleja los costos de mantenimiento por servicio de los últimos 3 años.

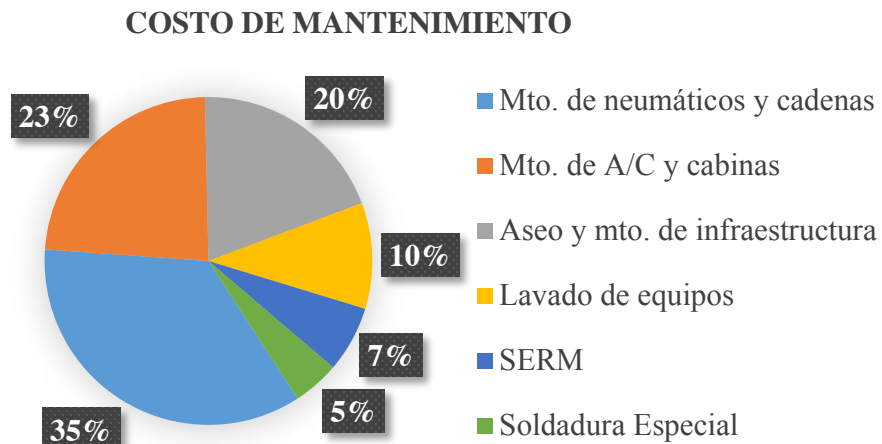


Gráfico 1.4: Costos de mantenimiento por servicios año 2014.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 1.11: Costos de mantenimiento por servicios últimos 3 años.

SERVICIO	COSTO DE MANTENIMIENTO (\$)		
	2014	2013	2012
Mantenimiento de neumáticos y cadenas	27.000.000	19.100.000	18.080.000
Mantenimiento de A/C y cabinas	18.000.000	15.000.000	13.000.000
Aseo y Mantenimiento de infraestructura	15.000.000	12.000.000	10.000.000
Lavado de equipos	8.000.000	7.800.000	7.500.000
SERM	5.000.000	4.300.000	4.000.000
Soldadura Especial	3.500.000	3.000.000	2.500.000
TOTAL	76.500.000	61.200.000	55.080.000

Fuente: Elaboración propia.

COSTOS DE MANTENIMIENTO (\$)

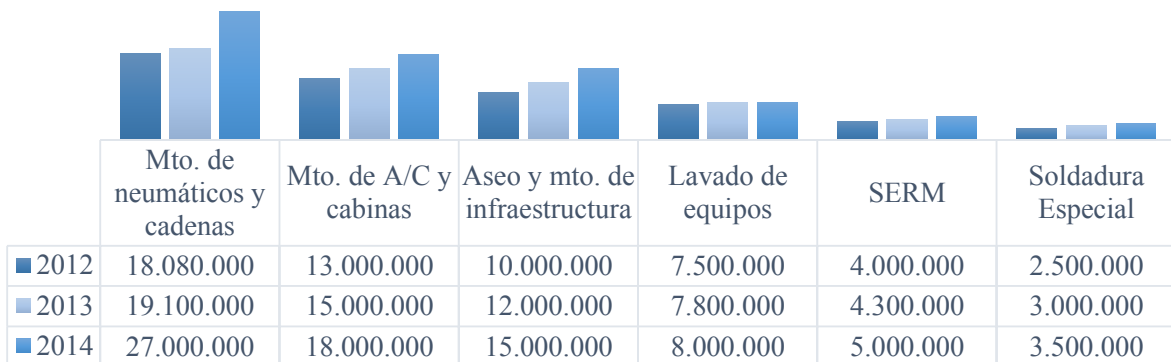


Gráfico 1.5: Costos de mantenimiento por servicios últimos 3 años.

Fuente: Elaboración propia.

1.4.3) Jerarquización de los impactos de las variables

Al producirse un aumento en la tasa de fallas de los servicios, se produce un impacto principalmente en 5 variables que afectan a BAILAC. Éstas variables son:

- **Costos:** Tiene una relación directamente proporcional con la tasa de falla, es decir, a medida que aumentan las fallas, los costos también aumentarán.
- **Utilidades:** Tiene una relación inversamente proporcional con la tasa de falla, es decir, a medida que aumentan las fallas, las utilidades bajarán.
- **Imagen y Prestigio:** Tiene una relación inversamente proporcional con la tasa de falla, es decir, a medida que aumentan las fallas, el prestigio y la imagen de BAILAC, se verán afectada negativamente.
- **Multas:** Si BAILAC se demora más de tres días en corregir la falla de disponibilidad del servicio, las multas subirán. Esto se debe a que se encuentra obligado por contrato a cubrir los gastos del servicio de un tercero para cumplir con lo estipulado. Debido a lo anterior las multas tienen una relación directamente proporcional con la tasa de fallo, es decir, a medida que aumentan las fallas, las multas también aumentarán.
- **Ventas:** Tiene una relación inversamente proporcional con la tasa de fallo, es decir, a medida que aumentan las fallas, las ventas bajarán, debido a que se dejará de tener el servicio disponible.

Para resumir, si aumentan las multas también lo harán los costos, por ende bajará el prestigio, las utilidades y el nivel de ventas. Estas variables tienen una gran importancia para BAILAC, jerarquizándolas como se muestra en la Figura 1.7.

BAILAC establece esta jerarquización de las variables impactadas en base a la misión, visión y valores que quiere reflejar. Donde es de suma importancia el impacto sobre su prestigio e imagen, ya que esto va en directa relación a las ventas y utilidades.



Figura 1.7: Jerarquización de las variables impactadas.
Fuente: Elaboración propia.

1.5) Problema

El mantenimiento de la empresa está a cargo del Departamento de Administración del Contrato, el cual es coordinado desde la oficina central ubicada en Santiago. Este departamento ha podido observar diferentes tipos de problemas, entre los cuales se encuentran la inexistencia de un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios de BAILAC, fallas imprevistas que limitan la disponibilidad de los servicios estipulados con las empresas contratistas, falta de confianza del funcionamiento del servicio a prestar, entre otros.

De acuerdo con la estructura de la organización y la ubicación de las plantas se estima que hay poco personal involucrado en el área de mantenimiento y que además estos trabajan sin planes programados, por lo que se hace difícil obtener buenos resultados.

Para abordar el problema, se efectuará un análisis preliminar de las mantenciones a equipos críticos, donde se recopilarán, clasificarán y analizarán los datos de las mantenciones, tomando en cuenta los datos del año 2014.

La Tabla 1.12 describe este análisis, refleja la relación entre el total de mantenciones realizadas, tanto preventivas como correctivas, predominando el porcentaje de correctivas. Cabe señalar que el mantenimiento preventivo se realiza sólo a los camiones plumas, cada cierto kilometraje.

BAILAC aplica solo un mantenimiento correctivo a sus máquinas herramientas, no consta con un plan de mantenimiento definido y tiene poca dotación de personal. Debido a esto, se generan muchos tipos de pérdidas, tanto de HH como económicas, las cuales son consecuencia de la poca o nula disponibilidad de sus equipos para realizar los servicios cuando estos fallan.

Los equipos y maquinaria de BAILAC, llevan años sin el debido mantenimiento preventivo que respalde y coordine las actividades de revisión periódica de éstos.

Algunos equipos y maquinarias reflejan deterioros muy visibles como: motores con partes oxidadas, empaques y abrazaderas dañadas, conexiones eléctricas sin protección y fugas de agua que corroen la maquinaria. Como resultado del mínimo mantenimiento que recibe la maquinaria se tienen peligros de contaminación por agentes físicos como partículas de metal que se desprenden de la maquinaria y peligros por agentes químicos como derrame de lubricantes.

Tabla 1.12: Mantenciones a equipos críticos propios año 2014.

Área de servicio	Equipo crítico	Mantenciones Realizadas			
		Preventivas		Correctivas	
		N°	%	N°	%
Mantenimiento Sistema de A/C y cabinas	Aspiradora Industrial	0	0	12	100
	Compresor	0	0	6	100
Mantenimiento Integral de neumáticos y cadenas	Camión Pluma	2	40	3	60
	Barrenado y Torneado	0	0	4	100
Lavado de equipos	Hidrolavadora	0	0	6	100
SERM	Soldadura SMAW 500 A	0	0	4	100
Soldadura especial	Soldadura V350 PRO	0	0	3	100
Mantenimiento, y aseo de Infraestructura	Barredora Industrial	0	0	5	100
Total		4	-	96	-

Fuente: Elaboración propia.

MANTENCIONES REALIZADAS

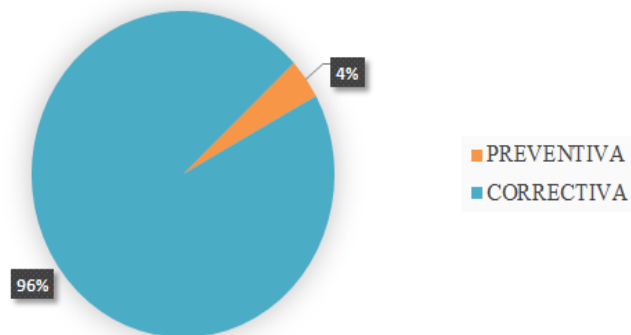


Gráfico 1.6: Mantenciones realizadas a equipos críticos propio año 2014.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 1.6 muestra la actual problemática que ocurre en la empresa, ya que sólo se practica el mantenimiento correctivo. Estas cifras podrían corresponder a diferentes causas, que aún no están definidas en su totalidad, pudiéndose deber a que el personal técnico se presenta hrs. después de haberse generado la falla. Una vez corregidas estas fallas, no son registradas ni de forma manual ni automática, debido a la inexistencia de un software de gestión propio del servicio prestado, lo que ocasiona pérdidas de información importante para prevenir futuros problemas.

Entre esta información se encuentra: la fecha en que se originó la falla, el tiempo en el cual se efectuó la reparación, el tipo de falla que se presentó, la posible causa de la misma, consecuencias generadas, entre otros datos importantes, para llevar una base de datos de cada equipo. Esto perjudica, en mayor medida, la entrega del servicio ya que no se cuenta con la disponibilidad de los equipos propios de la empresa.

A su vez, no existen herramientas informáticas que permitan identificar los criterios aconsejables para la gestión (como el registro de las mantenciones), que den a conocer las características más relevantes del sistema y las utilidades de estas como apoyo a la gestión de mantención.

Debido a todo lo antes expuesto, existen distintas variables de significación que repercuten en el desempeño de la empresa. Estas variables son: la fiabilidad, disponibilidad, mantenibilidad, calidad, seguridad, costo y entrega/plazo.

Los antecedentes que abordan esta problemática no han sido muy notorios en años anteriores por tratarse de maquinaria y equipos nuevos; pero en la actualidad las fallas en la maquinaria o desperfectos son más frecuentes, lo cual para el año 2014 aumentó en un 8% con respecto a las fallas del año 2013, como se pudo apreciar en la Tabla 1.8.

La falta de mantenimiento en los equipos conlleva a un incremento en los costos de BAILAC, debido a imprevistos de reparación de equipos cuando se presenta una situación inesperada durante la ejecución de los servicios, al tiempo perdido por daños o fallas de la maquinaria ya que este influye en las metas de producción y volúmenes de ventas, los cuales, repercuten de manera directa, en la rentabilidad y desarrollo de la empresa. El costo de mantenimiento en el año 2014, como se muestra en la Tabla 1.10, tuvo un costo total de \$76.500.000, el cual ha tenido un incremento en los últimos 3 años (Gráfico 1.4), debiéndose principalmente a la falta de la disponibilidad requerida por contrato, aplicándose la garantía del servicio, donde además de cubrir los gastos propios, BAILAC está obligado a pagar el servicio de un tercero escogido por el contratante.

A pesar de que los costos operacionales de la minería han sido uno de los puntos críticos, es importante enfocar los esfuerzos de los proveedores en entregar soluciones, buscar que es lo que verdaderamente necesita la empresa, incluso pensando en cómo reducir sus costos.

Finalmente, el principal problema observado por el Departamento de Administración del Contrato radica en que *“la empresa no cuenta con la disponibilidad adecuada para*

entregar un servicio como se está estipulado en el contrato, según los requerimientos del propio cliente”.

1.6) Causas del problema

Existen diferentes métodos para determinar las causas de un problema. Uno de estos es el Diagrama Ishikawa, conocido también como causa-efecto o Diagrama de Espina de Pescado, el cual es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Este diagrama permite, por lo tanto, representar gráficamente el conjunto de causas que dan lugar a una consecuencia, o bien el conjunto de factores y subfactores (en las “espinas”) que contribuyen a generar un efecto común (en la “cabeza” del diagrama). Se utilizará este diagrama, para determinar las posibles causas que ocasionan la falta de disponibilidad por parte de BAILAC SAN LTDA., para entregar un servicio como se está estipulado.

1.6.1) Causas

Las causas son las razones básicas que se encuentran detrás de un problema, donde se deben identificar las causas directas e indirectas que lo generan. Para poder identificar las causas más importantes, tomar la mejor decisión, poder revertir y solucionar el problema.

Las principales causas identificadas del problema en cuestión, fueron resultado de una exhaustiva encuesta a través del método Delphi, sostenida con alrededor de 50 trabajadores de BAILAC. Se encuestó desde gerentes a técnicos, para detectar cuáles eran las causas del problema planteado y cuáles eran las de mayor importancia, acompañado siempre de una observación constante por parte de la empresa, en su Planta de Santiago.

Gracias a esto, se pudo encontrar las siguientes causas principales, mencionadas a continuación:

Materiales

- Materia prima defectuosa
- Materia prima no originales, alternativos
- Materia prima sin mantención
- Procedimiento equivocado para el trabajo (proceso, máquina, personal)
- Falta de materia prima

Máquina/equipamiento

- Selección incorrecta del equipo
- Mantenimiento o diseño deficiente
- Equipo o herramientas defectuosas
- Equipo antiguo

- Inexistencia de sistema de diagnóstico de indicadores de Mantenimiento

Medio ambiente

- Superficies en mal estado de conservación
- T° ambiente demasiado alta en el día, demasiado bajas en la noche
- Exigencias físicas de la tarea no conformes
- Fuerzas de la naturaleza

Mano de Obra

- Peligros de las tareas, no vigilado adecuadamente
- Trabajo estresante
- Falta de procedimientos
- Falta de entrenamiento o educación
- Bajo involucramiento del personal
- Bajo reconocimiento del peligro
- Peligros previamente identificados que no fueron eliminados.

Métodos

- Falta
- de inspección adecuada
- Falta de historial de vida de los equipos
- Comunicación pobre
- Falta de manuales y prácticas operativas para realizar el mantenimiento
- Ausencia de un plan de mantenimiento.

“El análisis Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto. El objetivo de este análisis es clasificar dichos elementos en dos categorías: las pocas vitales (los elementos más importantes en su contribución) y los muchos triviales (los elementos poco importantes en ella)”. [Juran91]

Estas causas quedan graficadas en la Figura 1.8, en un diagrama Ishikawa. Las causas anteriormente nombradas, provocaron diferentes defectos en los equipos (Ver Tabla 1.13), los cuales serán mostrados en un diagrama Pareto, en el Gráfico 1.7.

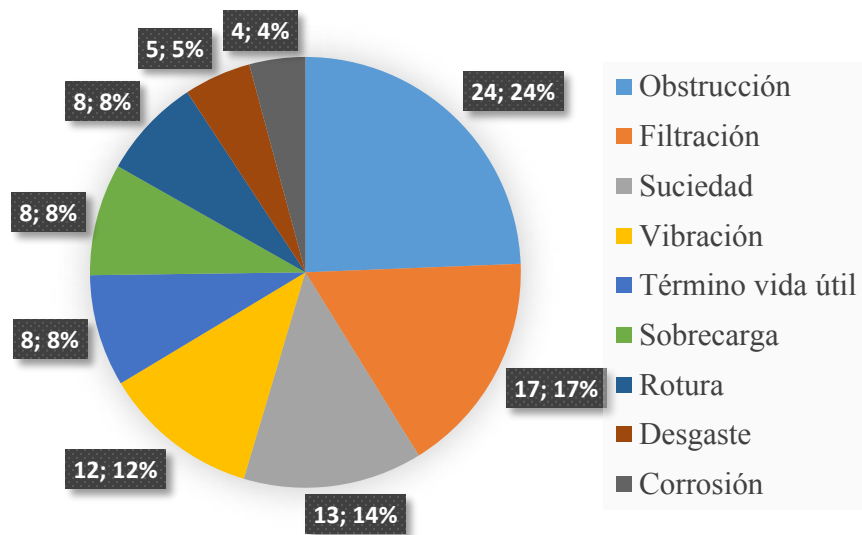
Cabe mencionar que este Diagrama de Pareto, se hizo en base al principal problema planteado, el cual consiste en que la empresa no cuenta con la disponibilidad adecuada para entregar un servicio como se está estipulado en el contrato, según los requerimientos del propio cliente.

Tabla 1.13: Fallas frecuentes de BAILAC SAN LTDA. Planta Stgo.

FALLAS	N° DE DEFECTOS	TOTAL ACUMULADO	%	% ACUMULADO
Obstrucción	29	29	24	24
Filtración	20	49	17	41
Suciedad	16	65	13	55
Vibración	14	79	12	66
Término vida útil	10	89	8	75
Sobrecarga	10	99	8	83
Rotura	9	108	8	91
Desgaste	6	114	5	96
Corrosión	5	119	4	100

Fuente: Elaboración propia.

DIAGRAMA PARETO

**Gráfico 1.7:** Diagrama Pareto.

Fuente: Elaboración propia.

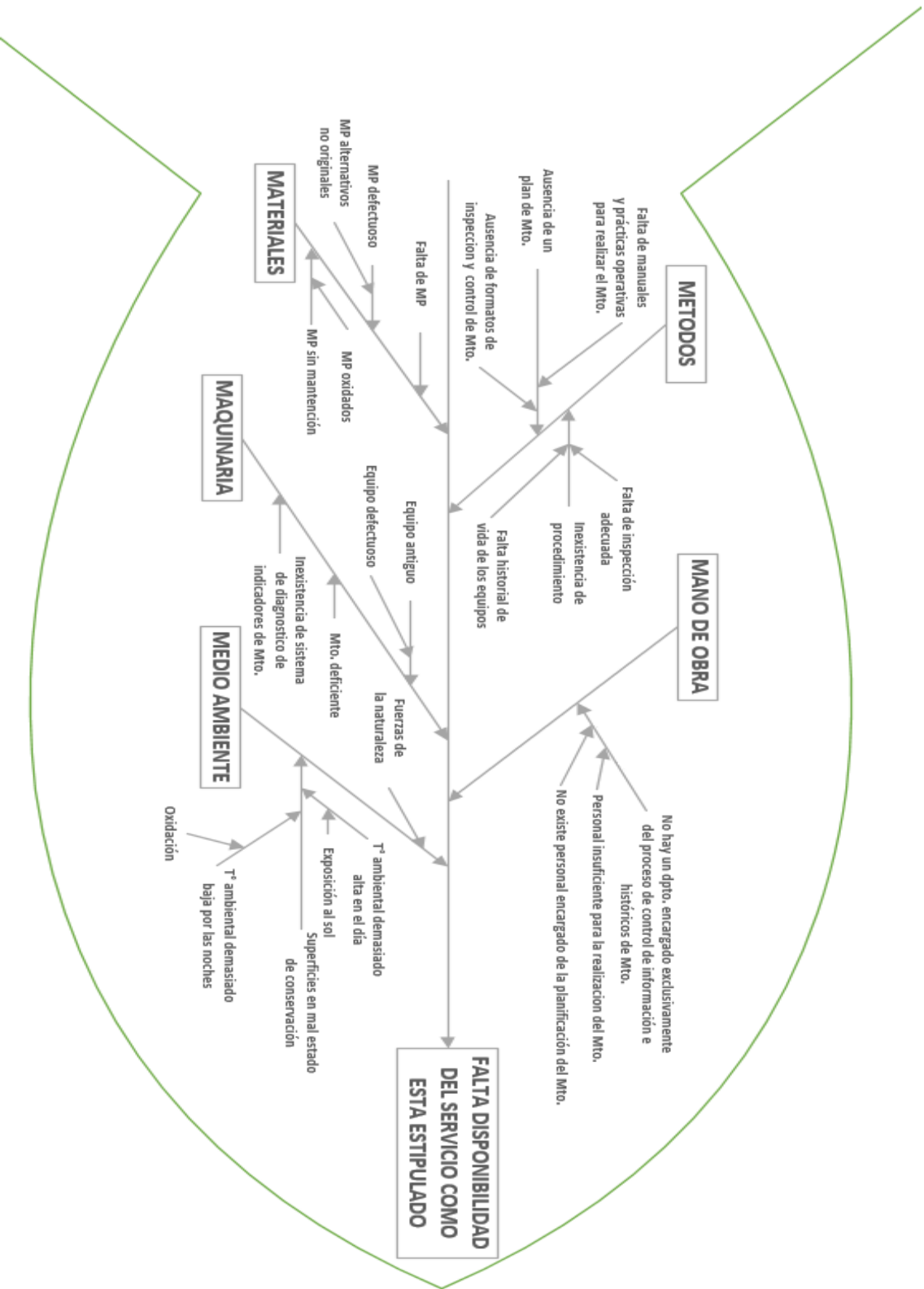


Figura 1.8: Diagrama Ishikawa.
Fuente: Elaboración propia

1.6.2) Jerarquización de las causas

Tanto para los trabajadores de BAILAC como para la empresa, hay causas más significativas que otras.

Para poder jerarquizar las principales causas, se utilizó el método Delphi, el cual se engloba dentro de los métodos de prospectiva, que estudian el futuro, en lo que se refiere a la evolución de los factores del entorno tecno-socio-económico y sus interacciones. Este método se basa en la utilización sistemática de un juicio intuitivo emitido por un grupo de expertos.

Para esto, se habló de las diferentes causas encontradas, con la gente de la empresa, donde después de analizar la situación, se concluyó que la causa más importante para la problemática en cuestión, es la “Ausencia de un Plan de Mantenimiento”.

En la Tabla 1.14, se puede observar la jerarquización de las principales causas del problema, notando además al factor que pertenece.

Tabla 1.14: Jerarquización de las principales causas del problema.

CAUSAS		CLASIFICACIÓN
1	Ausencia de un Plan de Mantenimiento	Métodos
2	Inexistencia de un procedimiento	Métodos
3	No hay departamento exclusivo para el mantenimiento	Mano de Obra
4	Inexistencia de un sistema de diagnóstico	Maquinaria
5	Mantenimiento deficiente	Maquinaria
6	Equipos sin mantención	Materiales
7	Repuestos defectuosos	Materiales
8	Falta de repuestos	Materiales
9	Equipo antiguo	Maquinaria
10	Superficies en mal estado	Medioambiente
11	Fuerza de la naturaleza	Medioambiente

Fuente: Elaboración propia.

La metodología RCM II, se hará cargo de las causas operacionales de la siguiente forma:

- **Ausencia de un plan de mantenimiento:** Entregará como resultado una propuesta de un plan de mantenimiento.
- **Inexistencia de un procedimiento:** Creará procedimientos operativos y tareas de mantenimiento.

- **Inexistencia de un sistema de diagnóstico:** Mejorará la comprensión del funcionamiento de los equipos identificando como pueden fallar y cuál es la causa origen de estas fallas.
- **Mantenimiento deficiente y equipos sin mantención:** Identificará de qué manera puede fallar cada equipo, con el fin de prevenir estas fallas, aplicando un mantenimiento preventivo.
- **Repuestos defectuosos y falta de éstos:** Analizará todas las posibilidades de fallo para obtener a tiempo cada uno de los repuestos necesarios para los equipos.
- **Superficies en mal estado y fuerza de la naturaleza:** Desarrollará mecanismos que traten de evitar los fallos, incluyendo el estudio de los suelos y las catástrofes naturales que puedan ocurrir en los lugares de trabajo.

Posteriormente se procederá a clasificar estas causas en operacionales y estratégicas, con el fin de seleccionar sólo las operacionales y atacarlas a través de la metodología escogida, RCM II. Esta clasificación se puede observar en la Tabla 1.15.

Tabla 1.15: Clasificación de las principales causas del problema.

CAUSAS		CLASIFICACIÓN
1	Ausencia de un Plan de Mantenimiento	Operativa
2	Inexistencia de un procedimiento	Operativa
3	No hay departamento exclusivo para el mantenimiento	Estratégica
4	Inexistencia de un sistema de diagnóstico	Operativa
5	Mantenimiento deficiente	Operativa
6	Equipos sin mantención	Operativa
7	Repuestos defectuosos	Operativa
8	Falta de repuestos	Operativa
9	Equipo antiguo	Operativa
10	Superficies en mal estado	Operativa
11	Fuerza de la naturaleza	Operativa

Fuente: Elaboración propia.

Las causas jerarquizadas en la Tabla 1.15, provocan principalmente, las siguientes consecuencias:

- Fallas imprevistas en los equipos.
- Limitación en la disponibilidad de los servicios.
- Falta de confianza del funcionamiento del servicio.
- Pérdidas de HH y pérdidas económicas.
- Deterioro visible de los equipos.
- Aumento gradual de las fallas año a año.

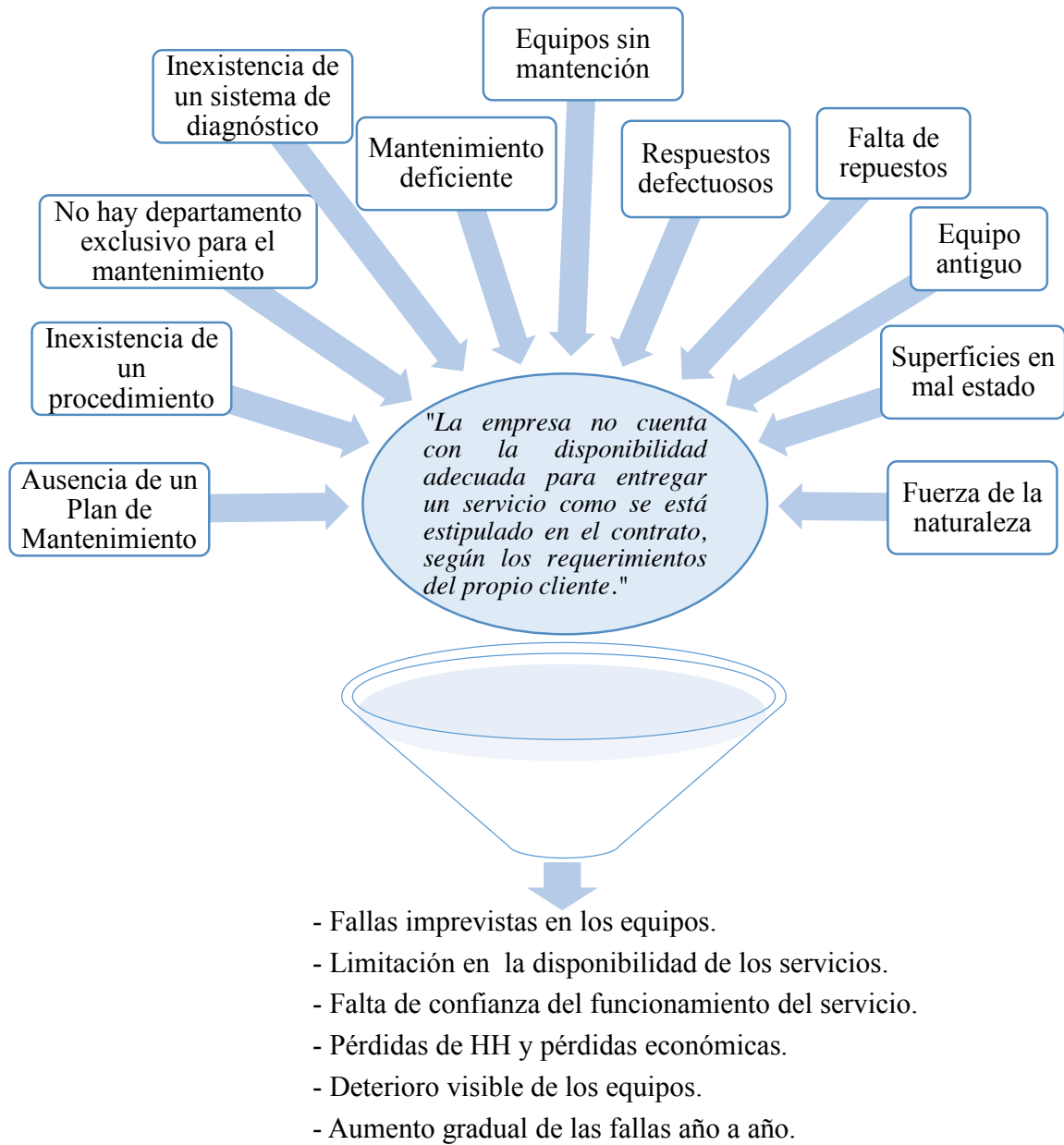


Figura 1.9: Diagrama causa-consecuencia

Fuente: Elaboración propia.

1.7) Metodologías aplicables

A continuación se describirán las posibles metodologías a utilizar, para posteriormente escoger una, con el fin de poder darle solución al problema planteado.

1.7.1) Árbol de fallas

Esta técnica consiste en un proceso deductivo, que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados de las fallas básicas de los elementos que intervienen en él. De esta manera, se puede apreciar de forma cualitativa qué sucesos son menos probables, debido a que requieren la ocurrencia simultánea de numerosas causas.

El análisis de árbol de falla es uno de los métodos de más amplio uso en el análisis de confiabilidad. Es un procedimiento deductivo para determinar las diversas combinaciones de fallas a nivel componente que pueden desencadenar eventos no deseados especificados al inicio del análisis. También son usados para calcular la probabilidad de ocurrencia del evento en estudio, a partir, de la probabilidad de ocurrencia de las fallas de los componentes. [PCMANAGEMENT11]

El análisis del árbol de falla es un proceso lógico y estructurado que puede ayudar a identificar las causas potenciales de fracaso del sistema realmente antes que los fracasos sucedan. Los beneficios y limitaciones del Árbol de fallas más destacadas se muestran en la Tabla 1.16.

Tabla 1.16: Beneficios y limitaciones Árbol de fallas.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Identifica la posible fiabilidad del sistema o problemas de seguridad. • Identifica componentes que pueden necesitar pruebas o un riguroso control de calidad. • Identifica fallas del equipo desde su raíz. 	<ul style="list-style-type: none"> • El evento no deseado que se está evaluando, tiene que ser previsto.

Fuente: Elaboración propia.

1.7.2) FMECA

El FMECA es un procedimiento empleado como una técnica para evaluar la confiabilidad y para determinar los efectos de las fallas de los equipos y sistemas, en el éxito de la misión y la seguridad del personal o de los equipos. [EjércitoEEUU49]

El análisis se lleva a cabo con éxito preferiblemente en el inicio del ciclo de desarrollo, de manera que la eliminación o mitigación del modo de fallo sea lo más rentable posible.

El FMECA tiene que ver generalmente con modos de fallo individual y el efecto de estos modos de fallo en el sistema. Cada modo de fallo se trata de manera independiente. Por tanto, el procedimiento es inadecuado para consideración de fallos dependientes o resultantes de una secuencia de eventos. Esta técnica del análisis preventivo permite hacer lo siguiente:

- Búsqueda de los malfuncionamientos del producto causados por su diseño y definición.
- Evaluar los efectos potenciales sobre el cliente.

- Identificar las causas posibles conectadas con el diseño y la definición del producto.
- Búsqueda de las acciones preventivas apropiadas.

Los beneficios y limitaciones del FMECA más destacados se detallan en la Tabla 1.17.

Tabla 1.17: Beneficios y limitaciones FMECA.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Se proporciona un método documentado para la selección de un diseño con alta probabilidad de operación y de seguridad exitoso. • Mejora la imagen de la empresa y la competitividad. • Identifica temprano y elimina los posibles modos de fallo. • Minimiza los cambios de última hora y el costo asociado. • Reduce la posibilidad del mismo tipo de fallo en el futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo puede identificar los principales modos de fallo en un sistema. • No es capaz de descubrir modos de fallo complejos que implican múltiples fallos dentro de un subsistema.

Fuente: Elaboración propia.

1.7.3) Análisis de criticidad

El análisis de criticidad es una metodología semicuantitativa para dimensionar el riesgo que permite establecer prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos de acuerdo a una figura de mérito llamada criticidad que es proporcional al riesgo. La criticidad se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$CRITICIDAD = Frecuencia\ de\ falla \times Impacto.$$

La cual es proporcional a la siguiente ecuación:

$$RIESGO = Probabilidad\ de\ falla \times Consecuencia.$$

El análisis de criticidad es una técnica de fácil manejo y comprensión en el cual se establecen rangos relativos para representar las probabilidades y/o frecuencias de ocurrencia de eventos y sus impactos o consecuencias.

Un Análisis de Criticidad se debe aplicar cuando estén presentes los siguientes requerimientos:

- Establecer líneas de acciones prioritarias en sistemas complejos.
- Solventar problemas con pocos recursos
- Determinar el impacto global de cada uno de los sistemas, equipos y componentes presentes en el negocio.
- Aplicar las metodologías de Confiabilidad Operacional.
- Crear valor.

Los beneficios y limitaciones del Análisis de Criticidad más destacadas se muestran en la Tabla 1.18.

Tabla 1.18: Beneficios y limitaciones Análisis de criticidad.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Permite dar relevancias a las consecuencias ambientales y de seguridad. • Puede jerarquizar identificando los equipos más importantes. • Es de fácil entendimiento. • Puede ser utilizada en cualquier organización. 	<ul style="list-style-type: none"> • No separa el impacto ambiental y de seguridad en su toma de decisión.

Fuente: Elaboración propia.

1.7.4) RCM II

El RCM II, es un proceso utilizado para decidir lo que se debe hacer y asegurarse de que cualquier activo, proceso o sistema continúe haciendo lo que sus usuarios desea que se realice. Define lo que la empresa desea en términos de consecuencias ambientales, seguridad, operacional y no operacional, por lo que busca identificar una apropiada política del manejo de fallas para tratar cada modo de falla a la luz de sus consecuencias y características técnicas. Las opciones de la política del manejo de fallas incluyen:

- Mantenimiento predictivo.
- Mantenimiento preventivo.
- Cambio del diseño o configuración del sistema.
- Cambio de la forma en que es operado el sistema.
- Operarlo para que falle.
- Búsqueda de fallas.

Además suministra criterios precisos para decidir qué tan seguido se deben realizar las tareas rutinarias. Los beneficios y limitaciones del RCM II más destacadas se detallan en la Tabla 1.19.

Tabla 1.19: Beneficios y limitaciones RCM II.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Da énfasis en las consecuencias de las fallas. • Crea una fuerte conexión entre el origen de la falla y la consecuencia de ella. • Crea políticas de mantenimiento basado en predictivo, preventivo, programado, correctivo o rediseño. • Se adecuará a cualquier organización. • Puede crear políticas de mantenimiento en forma separada sin mezclar sus consecuencias de fallas, a través del diagrama de decisión RCM II. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su entendimiento es complejo para empresas que no han capacitado personal o implementado en RCM tradicional.

Fuente: Elaboración propia.

1.7.5) Costeo tradicional (ABC)

El costeo tradicional es un método contable de costos utilizado para distribuir los costos de producción a productos específicos. El método funciona bajo el principio de que los costos indirectos de fabricación deben ser distribuidos a los productos en base a su volumen u horas máquina. Distribuir los costos indirectos de esta manera asume que los costos de producción se basan solo en el factor tomado en cuenta, en vez de muchos factores.

Los beneficios y limitaciones del Costeo tradicional más destacados, se detallan a continuación en la Tabla 1.20.

Tabla 1.20: Beneficios y limitaciones Costeo tradicional.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Mejor conocimiento de las actividades que generan los costos. • Nueva perspectiva para el examen de comportamiento de los costos y el análisis posterior. • Incrementa la credibilidad y la utilidad de la información de costos en el proceso de toma de decisiones y hace posible la comparación de operaciones entre plantas y divisiones. • Permite calcular de forma más precisa los costos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se le da poca importancia a los inductores de costos relacionados con los compromisos que afecten al diseño del producto y la disposición de la planta. • Existe un gran desconocimiento sobre las consecuencias económicas y organizativas tras su adopción. • Su implantación suele ser muy costosa, ya que todo el entramado de actividades y generadores de costos exige mayor información que otros sistemas.

Fuente: Elaboración propia.

1.7.6) TPM

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una estrategia compuesta por una serie de actividades ordenadas que una vez implantadas ayudan a mejorar la competitividad de una organización industrial o de servicios. Se considera como estrategia, ya que ayuda a crear capacidades competitivas a través de la eliminación rigurosa y sistemática de las deficiencias de los sistemas operativos. El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costes, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

“El TPM se debe considerar como una herramienta importante y una filosofía muy ventajosa a incorporar en la empresa, pero, no puede ni debe basarse todo un plan de mantenimiento en él.” [González05].

Para lograr la efectividad total del equipo, el TPM trabaja para eliminar las "seis grandes pérdidas" que son los obstáculos para la efectividad del equipo, como se muestra en la Figura 1.10.



Figura 1.10: Grandes pérdidas del TPM.

Fuente: Elaboración propia.

Los beneficios y limitaciones del TPM más destacadas se muestran en la Tabla 1.21.

Tabla 1.21: Beneficios y limitaciones TPM.

BENEFICIOS	LIMITACIONES
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la disponibilidad de los equipos. • Reduce la necesidad de capital. • Mejora la utilización de los activos y de total de la capacidad instalada. • Asegura las interrupciones a cero y una alta confiabilidad de maquinaria y equipo. • Permite el planteamiento a corto plazo. • Previene las interrupciones del flujo. • El TPM mejora la calidad. • Realza las habilidades del operador. • Mejora el aspecto del equipo y sus alrededores. • Mejora la capacidad productiva. • Disminuye los costos de operación. • Alarga la vida útil del equipo o máquina. • Mejora la gestión de inventarios, tanto de materiales como repuestos de máquinas. • Aumenta la capacidad y habilidad de la empresa para poder afrontar las necesidades de entrega y calidad de los clientes. • Aumenta el nivel de prevención de riesgos laborales, seguridad e higiene. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio. • No puede ser introducido por imposición, requiere del convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos. • La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. • El proceso de implementación requiere de varios años.

Fuente: Elaboración propia.

1.8) Toma de decisión

Mediante la Matriz Pugh, se hizo un estudio comparativo con las principales alternativas de metodología, para lograr tomar la decisión de cuál es la mejor opción frente al problema en cuestión y conseguir a su vez un mayor beneficio para la empresa.

Con esta matriz, la cual se muestra en la Tabla 1.22, se consigue ver cuáles son los puntos fuertes y las limitaciones que presentan las posibles alternativas de metodología para el problema, en base a una alternativa raíz desde la que se comparan el resto, pudiendo optar

por la de mayor impacto y deshacernos de las más débiles. La ventaja de la Matriz Pugh es acercar una toma de decisiones subjetivas a una objetiva y cuantitativa. La valoración será: +1 si es mejor, -1 si es peor o 0 para el caso de ser similares en importancia.

Tabla 1.22: Matriz de pugh. [Unidad adimensional]

		Metodología					
		Arbol de Fallas	FMECA	RCM II	TPM	Análisis de Criticidad	ABC
Concepto	Reducción de Costos	0	1	1	1	1	1
	Reducción de Tiempos	-1	0	1	1	0	1
	Prolongar vida útil de equipos	1	1	1	1	1	-1
	Evitar accidentes	1	1	1	0	1	-1
	Mantenimiento preventivo	0	1	1	1	-1	-1
	Costo de implementación	1	0	0	-1	0	-1
Total		2	4	5	3	2	-2
Ponderado		80	120	150	60	80	-80

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 1.8: Total vs ponderado.

Fuente: Elaboración propia.

Al realizar la suma de los valores vemos como el RCM II es el que mayor puntuación ha conseguido, por lo que será la metodología más importante y el que mayor impacto va a generar en la empresa para la solución del problema. Posteriormente se ha creado una priorización de alternativas, la cual se muestra en la Tabla 1.23.

Tabla 1.23: Priorización de requerimientos.

METODOLOGÍA	TOTAL	REQUERIMIENTO (%)	ACUMULADO (%)
Árbol de Fallas	2	14,29	14,29
FMECA	4	28,57	42,86
RCM II	5	35,71	78,57
TPM	3	21,43	100
Análisis de Criticidad	2	14,29	114,29
Costeo ABC	-2	-14,29	100
TOTAL	14	100	

Fuente: Elaboración propia.

La representación en un Pareto se detalla en el Gráfico 1.9.

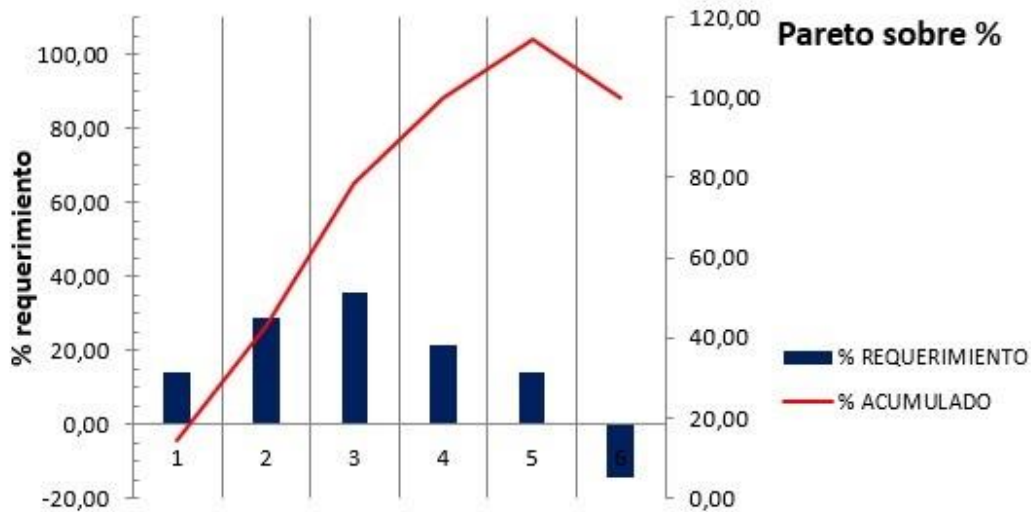


Gráfico 1.9: Pareto sobre porcentaje.
Fuente: Elaboración propia.

En este Gráfico 1.9, se puede observar como la metodología número 3, es la que obtiene la mayor valoración y con ella se consigue tener un porcentaje de impacto elevado sobre el resto. Analizará todas las posibilidades de fallo del sistema y desarrollará mecanismos que traten de evitarlos y determinará con qué frecuencia se deberán realizar las tareas.

1.9) Objetivo

A continuación se darán a conocer los objetivos, tanto generales como específicos, del presente Trabajo de Título.

1.9.1) Objetivo general

Formular un plan de mantenimiento para los equipos críticos propios de la empresa BAILAC SAN LTDA., Departamento de Administración y Contrato, en su planta en Santiago de Chile, utilizando RCM II.

1.9.2) Objetivos específicos

- Diagnosticar la situación actual de la empresa BAILAC específicamente en el Departamento de Administración del Contrato.
- Identificar los equipos críticos en el área de mantenimiento, mediante el RCM II.

- Formular una propuesta de un plan de mantenimiento para la empresa BAILAC SAN LTDA., utilizando el método RCM II.

1.10) Resultados esperados

Con este trabajo se espera entregar un plan de mantenimiento, a través de un documento para los equipos críticos propios de BAILAC SAN LTDA., que señalen los pasos a seguir. Estos pasos, se obtendrán a partir de las siguientes etapas:

- **Etapas 1:** Identificación de los equipos críticos e impacto en los servicios.
- **Etapas 2:** Cuantificación de los costos.
- **Etapas 3:** Identificación de los modos de falla, efectos y funcionamiento de los equipos críticos.
- **Etapas 4:** Propuesta del tipo de mantención a los equipos críticos.

Además se espera, generar un documento que estandarice los procedimientos de mantenimiento de los equipos de BAILAC SAN LTDA., en su planta de Santiago de Chile.

1.11) Limitaciones

En este Trabajo de Título se plantea una metodología RCM adaptada, como la base para el desarrollo de un plan de mantenimiento, donde se incluye una relación cuantitativa entre el mantenimiento preventivo y la confiabilidad. Cabe señalar que el RCM está en base a procesos productivos, pero BAILAC es una empresa de servicios, por lo que se debió adaptar de acuerdo a las necesidades de la empresa, además no se tomará en cuenta la fase de la puesta en marcha.

En un principio, se excluyen de este procedimiento aquellas máquinas y equipos cuyo funcionamiento no afecte sustancialmente a la calidad de los materiales y/o servicios prestados por la empresa a sus clientes (impresoras, fotocopiadoras, entre otros.). Además, mediante la encuesta a experto, se pudo determinar los equipos críticos para ser analizados a través de la metodología RCM II, donde finalmente, sólo se analizarán 5 de éstos. En cualquier caso, tras la revisión del sistema de gestión de calidad, se puede estudiar la posibilidad de incluir algunos de los equipos no considerados, en función del costo de reparación, del valor del equipo, entre otros.

2 Metodología

En el presente capítulo, se describirá en detalle la metodología escogida para poder dar solución al problema planteado y así responder a los objetivos antes mencionados.

2.1) Indicadores de gestión del mantenimiento

El mantenimiento se puede definir como el "*conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que estos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados*". [Cuartas08]

Como los equipos no pueden mantenerse en buen funcionamiento por si solos, se debe contar con un grupo de personas que se encarguen de ello, conformando así el departamento de mantenimiento de nuestras empresas. A continuación se describen los principales indicadores de gestión de mantenimiento.

2.1.1) Confiabilidad operacional

Se define confiabilidad como "*la probabilidad de que un equipo, sistema o componente cumpla satisfactoriamente con la función para la que fue diseñado, durante determinado período de tiempo y en condiciones específicas de operación*". [Moubray04]

La confiabilidad operacional depende de cuatro parámetros: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad de los equipos y la confiabilidad de los equipos.

La variación en conjunto o individual de cualquiera de los cuatro parámetros presentados en la Figura 2.1 afectará el comportamiento global de la confiabilidad operacional de un determinado sistema.

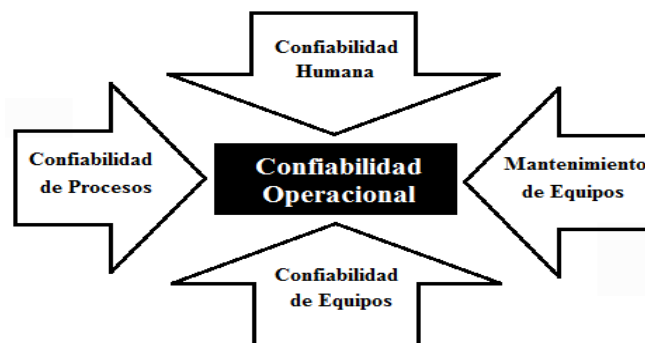


Figura 2.1: Aspectos de la confiabilidad operacional.

Fuente: Gestión de Proyectos de Activos Industriales. Luis Améndola.

La teoría de la confiabilidad se ocupa principalmente de las fallas de los sistemas y de la frecuencia con la que ocurren, sin profundizar en los fenómenos que las causan. No es

una teoría física de las fallas, sino una teoría estadística. Los indicadores principales de confiabilidad son los siguientes:

Tasa de falla

La tasa de falla se define como el número de fallas por unidad de tiempo. Se calcula:

$$\lambda = \frac{\text{Número de fallas}}{\text{Número de equipos} \times \text{Tiempo de operación}} = \frac{k}{N \times t} = \frac{k}{T}$$

La tasa de falla de un sistema puede variar en el tiempo. La “curva de la bañera” que se muestra en la Figura 2.2 describe la variación de la tasa de falla a lo largo de la vida útil de un componente, la cual se divide en tres etapas:

- Fallas prematuras o infantiles: Las fallas son producidas en la primera parte de la curva, donde la tasa de falla es decreciente. Las fallas “infantiles” usualmente están relacionadas a procesos de calidad y manufactura defectuosos, por ejemplo, errores de armado e instalación, suciedad, entre otros.
- Fallas normales: En esta etapa se asume una tasa de falla constante, las fallas son aleatorias o independientes del tiempo de vida del componente. Este tipo de fallas es producida en la parte central de la curva.
- Fallas de desgaste por envejecimiento: Se asume que la tasa de falla aumenta a medida que los mecanismos de desgaste se aceleran, por lo tanto en esta etapa la tasa de falla es creciente.

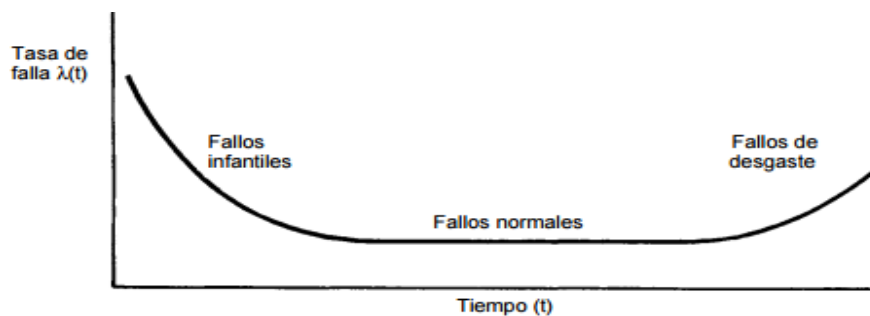


Figura 2.2: Variación de la tasa de falla a lo largo del tiempo, “Curva de la bañera”.

Fuente: Gestión de Activos Físicos. Viviana Meruane.

Las nuevas investigaciones han cambiado las creencias referidas a la probabilidad de falla y la edad de un equipo o componente. En un principio la idea era simplemente que a medida que los elementos envejecían eran más propensos a fallar, posteriormente se incluyó las “fallas infantiles”, lo que dio origen a la denominada “curva de la bañera”, patrón tradicional y utilizado como base de la teoría de fallas. Sin embargo, se descubrió la existencia de seis patrones característicos muestran la relación entre la probabilidad condicional de falla y la edad operacional de los equipos.

En la Figura 2.3 se presentan dichos patrones de falla, los cuales se describen a continuación:

- El patrón A es la ya conocida “Curva de la Bañera”. Comienza con una gran incidencia de fallas (llamada mortalidad infantil), seguida por un incremento

constante o gradual de la probabilidad condicional de falla y por último, una zona de desgaste.

- El patrón B muestra una probabilidad condicional de falla constante o de lento incremento, que termina con una zona de desgaste.
- El patrón C muestra una probabilidad condicional de falla que crece lentamente, pero no tiene una edad de desgaste claramente identificable.
- El patrón D muestra una baja probabilidad condicional de falla cuando el equipo es nuevo y luego un veloz incremento a un nivel constante.
- El patrón E muestra una probabilidad condicional de falla constante a todas las edades por igual (falla al azar).
- El patrón F comienza con una alta mortalidad infantil que finalmente cae a una probabilidad de falla constante o que asciende muy lentamente.

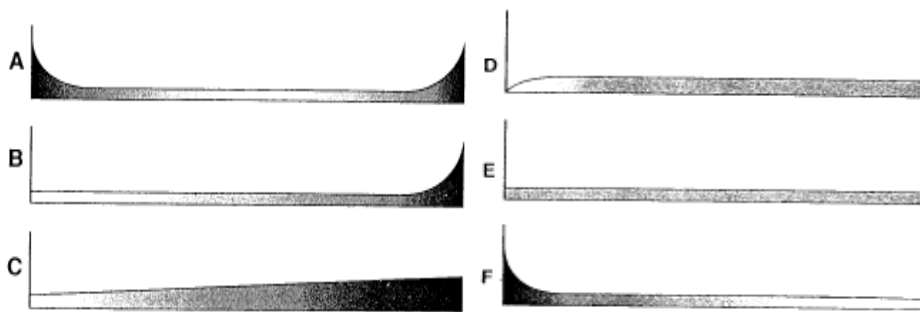


Figura 2.3: Patrones de falla.
Fuente: RCM II. John Moubray.

El descubrimiento de estos patrones contradice la creencia de que siempre hay conexión entre la confiabilidad y la edad operacional de los equipos. Esta creencia dio origen a la idea de que cuanto más seguido un ítem es reparado, menos probabilidades tiene de fallar. Según Moubray, esto es cierto en muy pocos casos, de hecho las reparaciones pueden en realidad aumentar los promedios de fallas generales al introducir la mortalidad infantil en sistemas que de otro manera serían estables.

La característica que comparten los patrones A y B, es que ambos muestran un punto en el que hay un rápido incremento de la probabilidad condicional de falla. El patrón C, tiene un incremento constante de la probabilidad de falla, pero no muestra una zona de desgaste definida. El rasgo más importante de los patrones D, E y F es que luego del período inicial, hay muy poca relación, entre la confiabilidad y la edad operacional. En estos casos, los límites de edad contribuyen poco, o nada, a reducir la probabilidad de falla.

Cabe destacar que el patrón de falla depende en gran medida del uso, materiales y complejidad de los equipos, dándose con mayor frecuencia patrones E y F en equipos más complejos.

2.1.2) Mantenibilidad

Es la capacidad de poder ejecutar una determinada operación de mantenimiento en el tiempo de reparación prefijado y bajo las condiciones planeadas. También nos indica la accesibilidad para realizar un mantenimiento.

El indicador característico de mantenibilidad es el Tiempo Medio Para Reparar o MTTR (Mean Time To Repair), es el tiempo que se espera que un sistema tarde en recuperarse ante una falla. Este valor puede incluir el tiempo necesario para diagnosticar el problema, para que el técnico se acerque a la instalación y para reparar físicamente el sistema. Se expresa en horas. El MTTR incide en la disponibilidad, pero no en la confiabilidad. Si un sistema tarda más en recuperarse ante una falla, tendrá menor disponibilidad.

Se define como la razón entre el tiempo total de inactividad y el número de fallas ocurridas durante el período de análisis, sin considerar tiempos de parada planificados por concepto de mantenimiento programado.

2.1.3) Disponibilidad

Es un parámetro que describe el tiempo total que un componente está disponible, está dado por la confiabilidad y la mantenibilidad del componente. Es el principal parámetro asociado al mantenimiento, dado que limita la capacidad de producción.

La disponibilidad se define a través de los indicadores MTTR y MTBF, es decir, en función de la confiabilidad y mantenibilidad, de la siguiente manera:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR}$$

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTTR: Tiempo medio para reparar.

La disponibilidad no es una función del tiempo, pero sí de la confiabilidad y de la mantenibilidad a través de la relación (MTBF/MTTR). A medida que ésta disminuye, aumenta el efecto que la mantenibilidad tiene sobre la disponibilidad.

Como en el diseño de todo sistema existe siempre una relación económica óptima entre los dos factores, no es cuestión de aumentar exageradamente la confiabilidad si ello no mejora justificadamente la disponibilidad.

Dicho lo anterior podemos reformular la explicación inicial diciendo que cuando hablamos de confiabilidad nos referimos a los tiempos que involucran la ocurrencia de una falla y cuando hablamos de disponibilidad nos referimos a los tiempos de operación y fuera de servicio de los componentes.

2.2) Análisis de costos

A continuación se describe la metodología que será utilizada para cuantificar los costos del procedimiento actual de mantenimiento, basada en costeo tradicional y la curva de los costos de mantenimiento con relación al tiempo, con la cual se determinarán los costos posterior a la aplicación del plan de mantenimiento propuesto.

2.2.1) Costos de mantenimiento

Tabla 2.1: Composición de los costos de mantenimiento.

COMPOSICIÓN DE LOS COSTOS DE MANTENIMIENTO		
Personal	Directos	Salarios y comisiones.
	Indirectos	Recargos sociales y beneficios (Transporte, alimentación, seguro médico, seguro odontológico, habitación, recreación, deportes, auxilio de capacitación, entre otros.).
	Administrativo	Rateo de los gastos de las áreas de recursos humanos y capacitación, en función de la cantidad de empleados del órgano de mantenimiento.
Material	Directos	Costo de reposición de material.
	Indirecto	Capital inmovilizado, costo de energía eléctrica, almacenaje (instalaciones), agua y personal del depósito.
	Administrativo	Rateo de los gastos de las áreas de compra y administración de material, en función del tiempo de ocupación del personal para la atención al área de mantenimiento.
Contratación	Directos	Costos de los contratos (permanentes y eventuales).
	Indirecto	Servicios y recursos utilizados por terceros y costeados por la empresa (transporte, alimentación, instalaciones, entre otros.).
	Administrativo	Rateo de los gastos de las áreas de administración de contratos, financiera y contable, en función de la implicación con los contratos del área de mantenimiento.
Depreciación	Directos	Costo de reposición.
	Indirecto	Capital inmovilizado.
	Administrativo	Rateo de los gastos de las áreas de contabilidad, control de patrimonio y compra en el levantamiento, acompañamiento y adquisición de máquinas y herramientas para el área de mantenimiento.
Perdida de facturación	Directos	Pérdida de producción.
	Indirecto	Pérdida de materia prima, pérdida de calidad, devolución, reprocesos.
	Administrativo	Rateo de los gastos de las áreas de control de calidad, ventas, marketing y jurídica en función de la implicación debida a mantenimiento.

Fuente: Administración Moderna de Mantenimiento. Lourival Tavares.

El mantenimiento preventivo y correctivo representa un esfuerzo de la compañía para garantizar que los equipos de la cadena productiva funcionen de manera correcta, considerando el tiempo de mantenimiento que indican los fabricantes y luego una programación según requerimientos de la empresa, así como también las emergencias que puedan surgir.

Si el Jefe del Departamento de Administración del Contrato establece un mal presupuesto que se desfase con los costos reales significa una mala gestión de recursos, porque un buen presupuesto parte de un buen conocimiento de los consumos y recursos de periodos anteriores, además de una definición correcta de las estrategias de mantenimiento. La definición precisa de costos de mantenimiento ayuda a los administradores a desarrollar políticas económicas eficientes, otorgando calidad sin malgastar recursos innecesariamente.

Según Tavares, es posible gestionar los costos de mantenimiento en base a si son directos, indirectos o administrativos, para lograr un análisis más adecuado, como se puede observar en la Tabla 2.1.

2.2.2) Metodología para cuantificación de costos de mantenimiento

Para estimar los costos de mantenimiento, se realizará una metodología que tiene por objetivo identificar los costos reales que realiza el Departamento de Administración del Contrato.

Tanto los costos directos como los indirectos, serán recopilados en base a los materiales fungibles, repuestos, mano de obra, gastos administrativos y costo de inversión. Cabe señalar que estos últimos son difíciles de conseguir debido a que no pertenecen a los costos que maneja el departamento.

A continuación, en la Figura 2.4, se muestra la metodología de cuantificación de los costos de mantenimiento a utilizar.

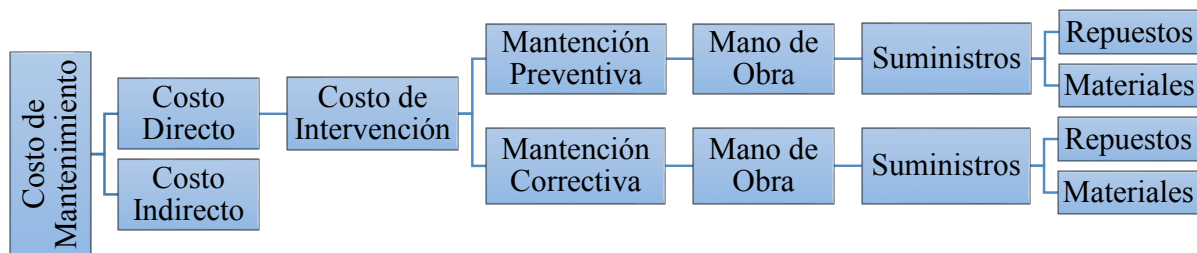


Figura 2.4: Metodología de cuantificación de costos

Fuente: Elaboración propia.

2.2.3) Costo de mantenimiento con relación al tiempo

En el aspecto de costos, el mantenimiento correctivo a lo largo del tiempo, como se puede observar en la Figura 2.5, se presenta con la configuración de una curva ascendente, esto ocurre debido a la reducción de la vida útil de los equipos y la consecuente depreciación del activo, pérdida de producción o calidad de los servicios, aumento de adquisición de repuestos, aumento del "stock" de materia prima improductiva, pago de horas extras del personal de ejecución del mantenimiento, ociosidad de mano de obra operativa, pérdida de mercado y aumento de riesgos de accidentes. [Tavares00]

Según Tavares, la implantación de la planificación y control del mantenimiento, buscando la prevención o predicción de la falla, presenta una configuración de costos invertida, con tasa negativa anual del orden de 20% y tendencia a valores estables, que en total pueden presentar un ahorro de 300 a 500%, más de la mitad de éste ahorro corresponde a mano de obra ociosa, considerando el costo total de una parada de equipo, como la suma del costo del mantenimiento (costos de mano de obra, repuestos, materiales, combustibles y lubricantes) y el costo de Indisponibilidad (costo de pérdida de producción, costo por emergencias, costos extras para reorganizar la producción, costo por repuestos de emergencia, multas y pérdida de imagen corporativa). Experiencias de evaluación del costo de indisponibilidad muestran que este representa más de la mitad del costo total de la parada.

La inversión inicial en mantenimiento preventivo es mayor que el de mantenimiento no preventivo y no elimina totalmente las fallas aleatorias, cuyo alto valor inicial es justificado por la inexperiencia del personal de mantenimiento que, al actuar en el equipo, altera su equilibrio operativo. Con el pasar del tiempo y al ganar experiencia, el mantenimiento aleatorio tiende a valores reducidos y estables. La suma general de los gastos del mantenimiento preventivo, a partir de un determinado tiempo, pasa a ser inferior al de mantenimiento correctivo.

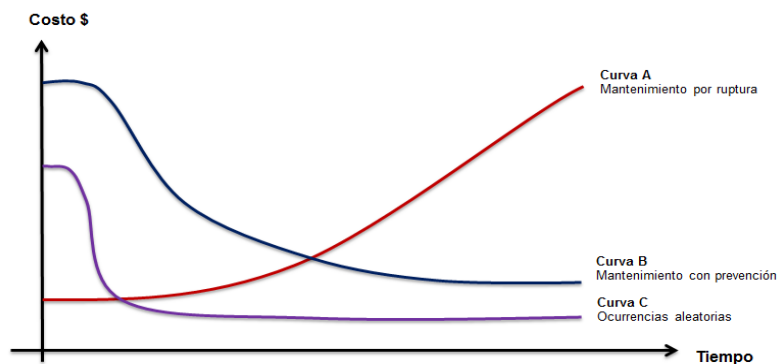


Figura 2.5: Curvas de costos de mantenimiento con relación al tiempo

Fuente: Administración Moderna de Mantenimiento. Lourival Tavares

Si la vida útil de los equipos de la instalación es menor que el tiempo de obtención del beneficio, el mantenimiento preventivo pasa a ser económicamente inadecuado. La preparación previa del grupo de ejecución del mantenimiento preventivo reduce los costos

iniciales del mantenimiento aleatorio restante, sin embargo, el aumento de la inversión para la formación de ese grupo no genera grandes cambios en el resultado económico.

En el aspecto de disponibilidad y confiabilidad, la planeación y control del mantenimiento disminuye las interrupciones imprevistas de producción y mejora la distribución de la ocupación de la mano de obra, reduciendo las colas de espera de los equipos que aguardan mantenimiento. La planificación adecuada conduce a métodos de mantenimiento con establecimiento de estándares de ejecución, desarrollados a partir de recomendaciones de fabricantes, experiencia del personal interno y bibliografía de empresas similares. Dentro de esos estándares, se encuentran las órdenes de pedidos y mantenimiento, las instrucciones de mantenimiento o lista de verificación (check-list), las hojas de registro de datos u hoja de variación de especificaciones y el programa maestro de mantenimiento.

Sin duda la reparación o sustitución de componentes averiados puede parecer la solución más rápida, en un análisis global, pero esto generalmente trae una avería que perturba la homogeneidad de los equipos, cuyos resultados acarrearán otras necesidades de intervención, lo cual hace que se pierda tiempo y dinero al tomar una solución rápida.

2.3) RCM II

Desde el punto de vista de la ingeniería, hay dos elementos que hacen el manejo de cualquier activo físico. Estos son mantener y modificar.

Los diccionarios más importantes definen mantener como “causar que continúe” (Oxford), o “conservar su estado existente” (Webster), o “conservar cada cosa en su ser” (RAE). Esto sugiere que “mantenimiento” significa preservar algo.

A medida que se logra entender más profundamente el rol de los activos dentro del mundo de los negocios, se comienza a apreciar el significado de que todo activo físico se pone en servicio, porque alguien quiere que haga algo determinado. Con lo que surge que cuando mantenemos un activo, el estado que se quiere preservar, debe ser aquel en el cual continúe haciendo lo que sea que sus usuarios quieran que haga.

Éste énfasis en lo que el activo hace más que en lo que el activo es, descubre una forma completamente nueva de definir los objetivos del mantenimiento para cualquier activo. Esa es la característica más importante del proceso de RCM, y es por lo cual se considera al RCM como el TQM aplicado a los activos físicos.

El RCM o Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costos derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaban la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.

El RCM ha sido usado para ayudar a formular estrategias de gestión de activos físicos en prácticamente todas las áreas de la actividad humana organizada, y en prácticamente todos los países industrializados del mundo. Este proceso ha servido de base para varios documentos de aplicación en los cuales el proceso RCM ha sido desarrollado y refinado. Muchos de estos documentos conservan los elementos clave del proceso original. Sin embargo el uso extendido del nombre “RCM” ha llevado al surgimiento de un gran número de metodologías de análisis de fallos que difieren significativamente del original, pero que sus autores también llaman “RCM”.

Como resultado de la demanda internacional por una norma que establezca unos criterios mínimos para que un proceso de análisis de fallos pueda ser llamado “RCM” surgió en 1999 la norma SAE JA 1011 y en el año 2002 la norma SAE JA 1012. No intentan ser un manual ni una guía de procedimientos, sino que simplemente establecen, como se ha dicho, unos criterios que debe satisfacer una metodología para que pueda llamarse RCM II.

El objetivo fundamental de la implantación de un Mantenimiento Centrado en Fiabilidad o RCM II en una planta industrial es aumentar la disponibilidad y disminuir costes de mantenimiento. El análisis de una planta industrial según esta metodología aporta una serie de resultados:

- Mejora la comprensión del funcionamiento de los equipos y sistemas.
- Analiza todas las posibilidades de fallo de un sistema y desarrolla mecanismos que tratan de evitarlos, ya sean producidos por causas intrínsecas al propio equipo o por actos personales.
- Determina una serie de acciones que permiten garantizar una alta disponibilidad de la planta.

Las acciones de tipo preventivo evitan fallos e incrementan la disponibilidad de la planta, estas acciones son de varios tipos:

- Tareas de mantenimiento, que agrupadas forman el Plan de Mantenimiento de una planta industrial o una instalación.
- Procedimientos operativos, tanto de Producción como de Mantenimiento.
- Modificaciones o mejoras posibles.
- Definición de una serie de acciones formativas realmente útiles y rentables para la empresa.

2.3.1) Las 7 preguntas básicas del RCM II

El mantenimiento centrado en fiabilidad se basa en el análisis de fallos, tanto aquellos que ya han ocurrido, como los que se están tratando de evitar con determinadas acciones preventivas como por último aquellos que tienen cierta probabilidad de ocurrir y pueden tener consecuencias graves.

Para identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos en su contexto operacional la metodología RCM II propone un procedimiento de análisis que consta de siete preguntas. [Moubray04]

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

2.3.2) Herramientas clave de la metodología RCM II

Para responder las siete preguntas, RCM II hace uso de dos herramientas clave [Améndola06]:

Árbol lógico de decisión RCM II

Esta herramienta permite seleccionar las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM II. Integra todos los procesos de decisión en una estructura estratégica que se aplica a cada uno de los modos de falla listados en la hoja de información RCM II.

Este diagrama de decisión, tiene como objetivo identificar qué estrategia de mantenimiento es la mejor, para cada tipo de consecuencia que resulta de la falla. Las estrategias pueden ser tarea proactivas.

Los resultados obtenidos luego de la aplicación del árbol lógico de decisión se registran en la denominada hoja de decisión RCM II, tal como se muestra en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2: Hoja de decisión RCM II.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA:				FACILITADOR:						FECHA		
			SUBSISTEMA:				AUDITOR:								
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H ₁	H ₂	H ₃	ANÁLISIS A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR
							S ₁	S ₂	S ₃						
F	FF	FM	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃						

Fuente: RCM II. John Moubray.

Para dar respuesta a las preguntas cinco, seis y siete del proceso, se utiliza el diagrama de decisión de RCM II de John Moubray, el cual se aprecia de mejor forma en la Figura 2.6.

La nomenclatura usada para la Tabla 2.2, es la siguiente.

- **F** Función Principal
- **FF** : Falla Funcional
- **FM** : Modo de Falla
- **H** : Consecuencias de Falla Oculta
- **S** : Consecuencias en la seguridad
- **E** : Consecuencias Ambientales
- **O** : Consecuencias Operacionales
- **H₁-S₁-N₁-O₁** : Factibilidad de realizar tareas a condición
- **H₂-S₂-N₂-O₂** : Factibilidad de realizar tareas de reacondicionamiento cíclico
- **H₃-S₃-N₃-O₃** : Factibilidad de realizar tareas de sustitución cíclicas
- **H₄** : Factibilidad de realizar búsqueda de fallas
- **H₅** : Factibilidad de daño al MA o a la seguridad de las personas
- **S₄** : Factibilidad de realizar una combinación de tareas

Análisis de Modos, Fallas y Efectos (AMFE)

Permite identificar los efectos o consecuencias de los modos de falla de los activos en su contexto operacional. A partir de ésta técnica se da respuesta a las preguntas uno, dos, tres, cuatro y cinco del procedimiento RCM II, mostrado en la Figura 2.7.

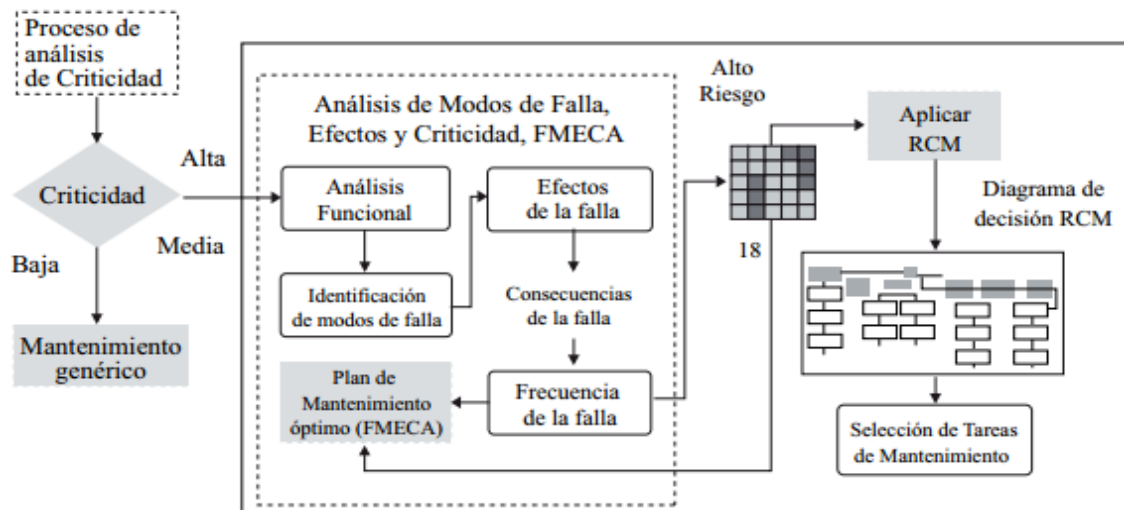


Figura 2.7: Proceso de gestión del mantenimiento aplicando el AMFE

Fuente: [Aguilar,Torres&Magaña0?]

Los resultados obtenidos se registran en la hoja de información RCM II, tal como se muestra a continuación en la Tabla 2.3.

Tabla 2.3: Hoja de información RCM II.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA:				
		SUBSISTEMA:				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL		MODO DE FALLA		EFEECTO DE FALLA
1		A		1		
				2		
2		A		1		
				2		

Fuente: RCM II. John Moubray.

2.3.3) Fases de la metodología RCM II

La metodología en la que se basa RCM II supone ir completando una serie de fases para cada uno de los sistemas que componen la planta. A continuación serán explicadas las siete fases para la aplicación de la metodología RCM II.

2.3.3.1) *Fase 1: Estudio detallado del funcionamiento del sistema.*

Cada elemento de los equipos debe de haberse adquirido para unos propósitos determinados. En otras palabras, deberá tener una función o funciones específicas. La pérdida total o parcial de estas funciones afecta a la organización en cierta manera. La influencia total sobre la organización depende de:

- La función de los equipos en su contexto operacional.
- El comportamiento funcional de los equipos en ese contexto.

Como resultado de esto el proceso de RCM comienza definiendo las funciones y los estándares de comportamiento funcional asociados a cada elemento de los equipos en su contexto operacional.

Cuando se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM pone un gran énfasis en la necesidad de cuantificar los estándares de funcionamiento siempre que sea posible. Estos estándares se extienden a la producción, calidad del producto, servicio al cliente, problemas del medioambiente, costo operacional y seguridad.

Completar esta fase significa detallar todas las funciones que tiene el sistema que se está estudiando, cuantificando cuando sea posible como se lleva a cabo esa función (especificación a alcanzar por el sistema). La metodología de la etapa 1 está enfocada en identificar los equipos más críticos que serán atendidos.

El análisis de criticidad permite jerarquizar sistemas, instalaciones y equipos, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones. Por lo general, la

información requerida siempre está referida a la frecuencia de falla y sus efectos. [RepsolYPP05][Améndola06]

Los usuarios de los activos, generalmente están en la mejor posición por lejos para saber exactamente qué contribuciones físicas y financieras hace el activo para el bienestar de la organización como un todo. Por ello es esencial que estén involucrados en el proceso de RCM desde el comienzo.

Si es hecho correctamente, este paso toma alrededor de un tercio del tiempo que implica un análisis RCM completo. Además hace que el grupo que realiza el análisis logre un aprendizaje considerable acerca de la forma en que realmente funciona el equipo.

Equipo crítico

Para Adolfo Arata corresponde a una máquina, aparato, instrumento o instalación que es vital para el funcionamiento productivo. [Arata&Furlanetto05]

Un equipo tiene que ser considerado como “equipo crítico”, si tiene consecuencias ambientales, de seguridad y operacional, ya que pueden producir la detención del proceso productivo. [Moubray04]

- **Consecuencia ambiental:** Se refiere a cualquier norma ambiental que pueda ser sobrepasada y que conlleve a una parada de la producción.
- **Consecuencia de seguridad:** Cualquier daño físico que pueda producir una parada de la producción.

Frecuencia de falla

Representa las veces que falla cualquier componente del sistema, produciendo una pérdida de su función. Éste parámetro se medirá por el tiempo promedio entre falla, TPEF, entendiéndose como el tiempo promedio que un equipo, máquina, línea o planta cumple su función sin interrupción debido a una falla funcional.

a) Tiempo medio entre fallas (TPEF).

Este es un indicador que tiene relación con el tiempo promedio que transcurre entre la salida del equipo de mantención o una reparación de falla y la vuelta a entrar por igual motivo.

Su forma de cálculo para un análisis continuo, está dada por la siguiente ecuación (1).

$$\text{TPEF} = \int_0^{\infty} t \times f(t) dt = \int_0^{\infty} R(t) \quad (1)$$

Donde:

t: Tiempo promedio del intervalo (HR).

f (t): Función de densidad de probabilidad de fallas.

La función de la densidad de probabilidad de fallas es equivalente a la probabilidad de que un equipo en intervalo (0, t) falle en el intervalo (t, t + dt) y su ecuación es (2).

$$\int_0^{\infty} f(t) dt = 1 \quad (2)$$

b) Factor de frecuencia de falla.

Se identifican las frecuencias, a través de niveles de alta, media y baja, las que permiten apreciar las fallas con mayores tendencias como se puede ver en la Tabla 2.4.

Tabla 2.4: Frecuencia de falla. [Unidad adimensional]

	ALTA	MEDIA ALTA	MEDIA	MEDIA BAJA	BAJA
Frecuencia de falla	Más de 4 fallas por año	Entre 1 y 4 fallas por año	Entre 0,2 y 1 fallas por año	Entre 0,1 y 0,2 fallas por año	Menos de 0,1 fallas por año
	TPEF menor a 3 meses	TPEF entre 3 y 12 meses	TPEF entre 1 y 5 años	TPEF entre 5 y 10 años	TPEF mayor a 10 años
Valor	1	0,9	0,8	0,6	0,4

Fuente: Estudio de criticidad de equipo Repsol YPF.

Influencia sobre la producción

Para establecer la importancia entre los diferentes equipos y poder determinar la prioridad que será requerida por cada máquina, es conveniente estudiar cada equipo con respecto al conjunto de instalaciones con que cuenta la empresa. Los parámetros asociados están referidos a:

- Porcentaje de tiempo de uso del equipo, Tabla 2.5.

Tabla 2.5: Ponderación de uso de equipo. [Unidad adimensional]

PONDERACIÓN	% DE USO
4	80
2	Entre 50 y 80
1	50

Fuente: Estudio de criticidad de equipo Repsol YPF.

- Equipo duplicado o posibilidad de recuperar la producción con otro equipo, Tabla 2.6.

Tabla 2.6: Ponderación de alternativa de equipo. [Unidad adimensional]

PONDERACIÓN	ALTERNATIVA
5	Sin Posibilidad
4	Recurso Externo
2	Recurso en Stock
1	Equipo Duplicado

Fuente: Estudio de criticidad de equipo Repsol YPF.

Influencia sobre el mantenimiento

La influencia sobre el mantenimiento se medirá con los parámetros presentados a continuación:

a) Costos de reparación.

Los costos de reparación incluirán mano de obra, materiales y repuestos asociados a las mantenciones. A continuación, se muestra las alternativas de costos promedio de reparación para cada equipo.

Tabla 2.7: Ponderación de costos de reparación.

PONDERACIÓN	COSTOS DE REPARACIÓN PROMEDIO (\$)
14	Más de 8.000.000
7	Entre 2.600.001 - 8.000.000
5	Entre 530.001 - 2.600.000
4	Entre 260.001 - 530.000
2	Entre 130.001 - 260.000
1	Menos de 130.000

Fuente: Estudio de criticidad de equipo Repsol YPF.

b) Tiempo promedio para reparar (MTTR).

Es un indicador que señala el tiempo promedio utilizado tanto para realizar una mantención preventiva, como correctiva. Se calcula simplemente como el tiempo de una mantención determinado en un período de tiempo, dividido por el número de fallas ocurridas en ese período, la que se ve de mejor manera en la ecuación (3)

$$MTTR = \left[\frac{h_p}{p} \right] \times 100 \quad (3)$$

Donde:

h_p : Horas de paro del periodo de evaluación.

p : Número de paros durante el periodo de evaluación.

2.3.3.2) Fase 2: Determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos.

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento de cada equipo se hayan definido, el paso siguiente es identificar cómo puede fallar cada elemento en la realización de sus funciones. Esto lleva al concepto de una falla funcional, que se define como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Fallos Funcionales

Definiremos como fallo funcional aquel fallo que impide al sistema en su conjunto cumplir con su función principal. Naturalmente, son los más importantes.

Fallos Técnicos

Los fallos técnicos afectan tanto a sistemas como a subsistemas o equipos. Un fallo técnico es aquel que, no impidiendo al sistema cumplir su función, supone un funcionamiento anormal de una parte de éste. Estos fallos, suponen funcionamientos anormales que pueden tener como consecuencia una degradación acelerada del equipo y acabar convirtiéndose en fallos funcionales del sistema.

Fuentes de Información

Las fuentes de información para determinar los fallos (y los modos de fallo que veremos en el apartado siguiente) son muy diversas. Entre las principales podemos citar las siguientes: consulta al histórico de averías, consultas al personal de mantenimiento y de producción y estudio de los diagramas lógicos y funcionales de la planta.

- **Histórico de averías**

Fuente de información valiosísima a la hora de determinar los fallos potenciales de una instalación. El estudio del comportamiento de una instalación, equipo o sistema a través de los documentos en los que se registran las averías e incidencias que pueda haber sufrido en el pasado nos aporta una información esencial para la identificación de fallos.

En algunas plantas no existe un archivo histórico de averías suficientemente fiable, un archivo en el que se hayan registrado de forma sistemática cada una de las averías que haya tenido cada equipo en un periodo determinado. Pero con algo de imaginación, siempre es posible buscar una fuente que nos permita estudiar el historial del equipo:

- Estudio de los partes de trabajo, de averías, entre otros. Agrupando los partes de trabajo por equipos es posible deducir las incidencias que han afectado a la máquina en un periodo determinado.
- Facturas de repuesto. Es laborioso, pero en caso de necesitar, puede recurrirse al departamento de contabilidad para que facilite las facturas del material consumido en mantenimiento en un periodo determinado. De esta información es posible deducir las incidencias que han podido afectar al equipo que se estudia.
- Diarios de incidencias. El personal del turno utiliza en ocasiones diarios en los que refleja los incidentes sufridos, como medio para comunicarle al turno siguiente. Del

estudio de estos diarios también es posible obtener información sobre averías e incidentes en los equipos.

- **Personal de mantenimiento**

Siempre es conveniente conversar con cada uno de los miembros que componen la plantilla, para que den su opinión sobre los incidentes más habituales y las formas de evitarlos. Esta consulta ayudará, además, a que el personal de mantenimiento se implique en el RCM II. La falta de implicación del personal de mantenimiento será una dificultad para su puesta en marcha del plan de mantenimiento resultante.

- **Personal de producción**

La consulta al personal de producción nos ayudará a identificar los fallos que más interfieren con la operación de la planta.

- **Diagramas lógicos y diagramas funcionales**

Estos diagramas suelen contener información valiosa, incluso fundamental, para determinar las causas que pueden hacer que un equipo o un sistema se detengan o se disparen sus alarmas. Los equipos suelen estar protegidos contra determinados fallos, mostrando una alarma como aviso del funcionamiento incorrecto, deteniendo o impidiendo que se pongan en marcha si no se cumplen determinadas condiciones. El estudio de la lógica implementada en el sistema de control puede indicarnos posibles problemas que pudiera tener la instalación.

Hay que señalar que éste debe incluir no sólo los fallos que hayan ocurrido al elemento, sino el conjunto de los fallos posibles, que pueden ser entonces prevenidos en su totalidad. Para cada elemento será entonces necesario clasificar sus fallos posibles, teniendo en cuenta los posibles fallos ocultos y en función de las consecuencias que éstos tengan en la seguridad, el medioambiente, la producción y el mantenimiento.

2.3.3.3) Fase 3: Determinación de los modos de fallo o causas de cada uno de los fallos encontrados en la fase anterior.

El paso siguiente es tratar de identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función. Esto permite comprender exactamente qué es lo que puede que se esté tratando de prevenir.

Cuando se está realizando este paso, es importante identificar cuál es la causa origen de cada falla. Esto asegura que no se malgaste el tiempo y el esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Al mismo tiempo, cada modo de falla debe ser considerado en el nivel más apropiado, para asegurar que no se malgasta demasiado tiempo en el análisis de falla en sí mismo.

Una vez determinados todos los fallos que pueden presentar un sistema, un subsistema o uno de los equipos significativos que lo componen, deben estudiarse los modos de fallo. Se puede definir 'modo de fallo' como la causa primaria de un fallo, o como las circunstancias que acompañan un fallo concreto. Cada fallo, funcional o técnico, puede presentar, múltiples modos de fallo. Cada modo de fallo puede tener a su vez múltiples

causas, y estas a su vez otras causas, hasta llegar a lo que se denomina ‘causas raíces’.

No obstante, la experiencia demuestra que si se trata de hacer un estudio tan exhaustivo, los recursos necesarios son excesivos. El análisis termina con pocos avances, se bloquea. Por tanto, es importante definir con qué grado de profundidad se van a estudiar los modos de fallo, de forma que el estudio sea abordable y técnicamente factible.

Es aconsejable estudiar modos de fallo y causas primarias de estos fallos, y no seguir profundizando. De esta forma, se perderá una parte de la información valiosa, pero a cambio, lograremos realizar el análisis de fallos de toda la instalación con unos recursos razonables y en un tiempo también razonable. Recordemos que, según Pareto, el 20% de las causas son responsables del 80% de los problemas.

2.3.3.4) Fase 4: Estudio de las consecuencias de cada modo de fallo.

El siguiente paso es determinar los efectos de cada modo de fallo y, una vez determinados, clasificarlos según la gravedad de las consecuencias.

Cuando se identifica cada modo de falla, los efectos de las fallas también deben registrarse (en otras palabras, lo que pasaría si ocurriera). Este paso permite decidir la importancia de cada falla, y por lo tanto qué nivel de mantenimiento (si lo hubiera) sería necesario.

El proceso de contestar sólo a las cuatro primeras preguntas produce oportunidades sorprendentes y a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento y la seguridad, y también de eliminar errores. También mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos

La primera pregunta a responder en cada modo de fallo es, pues: ¿qué pasa si ocurre? Una sencilla explicación de lo que sucederá será suficiente. A partir de esta explicación, estaremos en condiciones de valorar sus consecuencias para la seguridad y el MA, para la producción y para el mantenimiento. Consideraremos tres posibles casos: que el fallo sea crítico, que el fallo sea importante o que sea tolerable.

En lo referente a la seguridad y al impacto medioambiental del fallo, se considera que el fallo es crítico si existen ciertas posibilidades de que pueda ocurrir, y ocasionaría un accidente grave, bien para la seguridad de las personas o bien para el medioambiente. Se considera que es importante, aunque las consecuencias para la seguridad y el medioambiente fueran graves, la probabilidad de que ocurra el fallo es baja. Por último, se considera que el fallo es tolerable si el fallo tiene poca influencia en estos dos aspectos.

En cuanto a la producción, se puede decir que un fallo es crítico si este supone una parada de planta, una disminución del rendimiento o de la capacidad productiva, y además, existe cierta probabilidad de que el fallo pudiera ocurrir. Si la probabilidad es muy baja, aunque pueda suponer una parada o afecte a la potencia o al rendimiento, el fallo debe ser considerado como importante. Y por último, el fallo será tolerable si no afecta a la

producción, o lo hace de modo despreciable.

Desde el punto de vista del mantenimiento, si el coste de la reparación (de la suma del fallo más otros fallos que pudiera ocasionar este) supera una cantidad determinada (por ejemplo, \$7.000.000), el fallo será crítico. Será importante si está en un rango inferior (por ejemplo, entre \$700.000 y \$7.000.000) y será tolerable por debajo de cierta cantidad (por ejemplo, \$700.000). Las cantidades indicadas son meras referencias, aunque pueden considerarse aplicables en muchos casos.

En resumen, para que un fallo sea crítico se deben cumplir alguna de estas condiciones:

- Que pueda ocasionar un accidente que afecte a la seguridad o al medioambiente, y que existan ciertas posibilidades de que ocurra.
- Que suponga una parada de planta o afecte al rendimiento o a la capacidad de producción.
- Que la reparación del fallo más los fallos que provoque este (fallos secundarios) sea superior a cierta cantidad.

Para que un fallo sea importante debe cumplir alguna de estas condiciones:

- Que pueda ocasionar un accidente grave, aunque la probabilidad sea baja.
- Que pueda suponer una parada de planta, o afecte a la capacidad de producción y/o rendimiento, pero que la probabilidad de que ocurra sea baja.
- Que el coste de reparación sea medio

Por último, para que un fallo pueda ser considerado tolerable, no debe cumplir ninguna condición que le haga ser crítico o importante, y además, debe tener poca influencia en seguridad y MA, no afecte a la producción de la planta y tenga un coste de reparación bajo.

2.3.3.5) Fase 5: Determinación de medidas preventivas.

Una vez que se hayan determinado las funciones, las fallas funcionales, los modos de falla y los efectos de los mismos en cada elemento significativo, el próximo paso en el proceso del RCM es preguntar cómo y (cuánto) importa cada falla. La razón de esto es porque las consecuencias de cada falla dicen si se necesita tratar de prevenirlos. Si la respuesta es positiva, también sugieren con qué esfuerzo debemos tratar de encontrar las fallas. El RCM clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro grupos.

- **Consecuencias de las fallas no evidentes:** Las fallas que no son evidentes no tienen impacto directo, pero exponen a la organización a otras fallas con consecuencias serias, a menudo catastróficas. Un punto fuerte del RCM es la forma en que trata los fallas que no son evidentes, primero reconociendo las fallas como tales, en segundo lugar otorgándoles una prioridad muy alta y finalmente adoptando un acceso simple, práctico y coherente con relación a su mantenimiento.
- **Consecuencias en la seguridad y el medioambiente:** Una falla tiene consecuencias sobre la seguridad si puede afectar físicamente a alguien. Tiene consecuencias sobre

el medioambiente si infringe las normas gubernamentales relacionadas con el medioambiente. RCM considera las repercusiones que cada falla tiene sobre la seguridad y el medioambiente, y lo hace antes de considerar la cuestión del funcionamiento. Pone a las personas por encima de la problemática de la producción.

- **Consecuencias Operacionales:** Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta la producción (capacidad, calidad del producto, servicio al cliente o costos industriales en adición al costo directo de la reparación). Estas consecuencias cuestan dinero, y lo que cueste, sugiere cuánto se necesita gastar en tratar de prevenirlas.
- **Consecuencias que no son operacionales:** Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, por lo que el único gasto directo es el de la reparación.

Si una falla tiene consecuencias significativas en los términos de cualquiera de estas categorías, es importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces no merece la pena hacer cualquier tipo de mantenimiento sistemático que no sea el de las rutinas básicas de lubricación y servicio.

Por eso en este punto del proceso del RCM, es necesario preguntar si cada falla tiene consecuencias significativas. Si no es así, la decisión normal a falta de ellas es un mantenimiento que no sea sistemático. Si por el contrario fuera así, el paso siguiente sería preguntar qué tareas sistemáticas (si las hubiera) se deben de realizar. Sin embargo, el proceso de selección de la tarea no puede ser revisado significativamente sin considerar primero el modo de falla y su efecto sobre la selección de los diferentes métodos de prevención.

Determinados los modos de fallo del sistema que se analiza y clasificados estos modos de fallo según su criticidad, el siguiente paso es determinar las medidas preventivas que permiten bien evitar el fallo bien minimizar sus efectos. Desde luego, este es el punto fundamental de un estudio RCM II.

Las medidas preventivas que se pueden tomar son de cinco tipos: tareas de mantenimiento, mejoras, formación del personal, modificación de instrucciones de operación y modificación de instrucciones de mantenimiento. Es aquí donde se ve la enorme potencia del análisis de fallos: no sólo se obtiene un conjunto de tareas de mantenimiento que evitaren estos fallos, sino que además se obtendrán todo un conjunto de otras medidas, como un listado de modificaciones, un plan de formación, una lista de procedimientos de operación necesarios. Todo ello, con la garantía de que tendrán un efecto muy importante en la mejora de resultados de una instalación.

Tareas de Mantenimiento

Son los trabajos que se pueden realizar para cumplir el objetivo de evitar el fallo o minimizar sus efectos. Las tareas de mantenimiento pueden, a su vez, ser de los siguientes tipos:

- **Tipo 1: Inspecciones visuales.** Las inspecciones visuales siempre son rentables. Sea cual sea el modelo de mantenimiento aplicable, las inspecciones visuales suponen un

coste muy bajo, por lo que parece interesante echar un vistazo a todos los equipos de la planta en alguna ocasión.

- **Tipo 2: Lubricación.** Las tareas de lubricación, por su bajo coste, siempre son rentables.
- **Tipo 3: Verificaciones del correcto funcionamiento realizados con instrumentos propios del equipo (verificaciones on-line).** Este tipo de tareas consiste en la toma de datos de una serie de parámetros de funcionamiento utilizando los propios medios de los que dispone el equipo. Si en esta verificación se detecta alguna anomalía, se debe proceder en consecuencia. Por ello es necesario, en primer lugar, fijar con exactitud los rangos que entenderemos como normales para cada una de las puntos que se trata de verificar, fuera de los cuales se precisará una intervención en el equipo. También será necesario detallar como se debe actuar en caso de que la medida en cuestión esté fuera del rango normal.
- **Tipo 4: Verificaciones del correcto funcionamiento realizado con instrumentos externos del equipo.** Se pretende, con este tipo de tareas, determinar si el equipo cumple con unas especificaciones prefijadas, pero para cuya determinación es necesario desplazar determinados instrumentos o herramientas especiales, que pueden ser usadas por varios equipos simultáneamente, y que por tanto, no están permanentemente conectadas a un equipo.
- **Tipo 5: Tareas condicionales.** Se realizan dependiendo del estado en que se encuentre el equipo. No es necesario realizarlas si el equipo no da síntomas de encontrarse en mal estado. Estas tareas pueden ser: Limpiezas condicionales, si el equipo da muestras de encontrarse sucio; Ajustes condicionales, si el comportamiento del equipo refleja un desajuste en alguno de sus parámetros; o cambio de piezas, si tras una inspección o verificación se observa que es necesario realizar la sustitución de algún elemento.
- **Tipo 6: Tareas sistemáticas.** Realizadas cada ciertas horas de funcionamiento, o cada cierto tiempo, sin importar como se encuentre el equipo. Estas tareas pueden ser: Limpiezas, ajustes, sustitución de piezas.
- **Tipo 7: Grandes revisiones, también llamados *Mantenimiento cero hora, Uveral o Hard Time*,** que tienen como objetivo dejar el equipo como si tuviera cero hrs de funcionamiento.

Una vez determinado los modos de fallo posibles en un ítem, es necesario determinar qué tareas de mantenimiento podrían evitar o minimizar los efectos de un fallo. Pero lógicamente, no es posible realizar cualquier tarea que se les ocurra que pueda evitar un fallo. Cuanto mayor sea la gravedad de un fallo, mayores recursos se podrán destinar a su mantenimiento, y por ello, más complejas y costosas podrán ser las tareas de mantenimiento que tratan de evitarlo.

Si el fallo ha resultado ser crítico, casi cualquier tarea que se nos ocurra podría ser de aplicación. Si el fallo es importante, se tendrán algunas limitaciones, y si por último, el fallo es tolerable, sólo serán posibles acciones sencillas que prácticamente no supongan ningún coste.

En este último caso, el caso de fallos tolerables, las únicas tareas sin apenas coste son las de tipo 1, 2 y 3. Es decir, para fallos tolerables se puede pensar en inspecciones visuales, lubricación y lectura de instrumentos propios del equipo. Apenas tienen coste, y se justifica tan poca actividad porque el daño que puede producir el fallo es perfectamente asumible.

La siguiente Tabla 2.8, trata de aclarar qué tipos de tareas de mantenimiento se pueden aplicar dependiendo de la criticidad del fallo que eviten o atenúen los efectos de los fallos.

Tabla 2.8: Tipos de tareas de mantenimiento.

TIPOS DE TAREAS DE MANTENIMIENTO	TIPOS DE FALLAS A LOS QUE PUEDE APLICARSE
1. Inspecciones visuales	Todos los fallos
2. Tareas de lubricación	Todos los fallos
3. Verificaciones ON-LINE	Todos los fallos
4. Verificaciones OFF-LINE ⇒ Verificaciones sencillas ⇒ Verificaciones con instrumentos complejos	Fallos importantes y críticos
5. Tareas condicionales (según los resultados de las verificaciones anteriores) ⇒ Limpiezas según condición ⇒ Ajustes según condición ⇒ Sustituciones de piezas según su estado	Fallos importantes y críticos
6. Tareas sistemáticas (haya o no síntomas de fallo) ⇒ Limpiezas sistemáticas ⇒ Ajustes sistemáticos ⇒ Sustitución sistemática de piezas de desgaste	Solo fallos críticos
7. Mantenimiento cero horas (sustitución de todos los elementos sometidos a desgaste)	Solo fallos críticos

Fuente: Elaboración propia.

En caso de fallos importantes, a los dos tipos anteriores podemos añadirle ciertas verificaciones con instrumentos externos al equipo y tareas de tipo condicional; estas tareas sólo se llevan a cabo si el equipo en cuestión da signos de tener algún problema. Es el caso de las limpiezas, los ajustes y la sustitución de determinados elementos. Todas ellas son tareas de los tipos 4 y 5. En el caso anterior, se puede permitir el fallo, y solucionarlo si se produce. En el caso de fallos importantes, se trata de buscar síntomas de fallo antes de actuar.

Si un fallo resulta crítico, y por tanto tiene graves consecuencias, se justifica casi cualquier actividad para evitarlo. Tratamos de evitarlo o de minimizar sus efectos limpiando, ajustando, sustituyendo piezas o haciéndole una gran revisión sin esperar a que dé ningún síntoma de fallo.

Determinación de la frecuencia de las tareas de mantenimiento

Una vez determinadas las tareas, es necesario determinar con qué frecuencia se deben realizar. Existen tres posibilidades para determinar esta frecuencia:

1. Si se tienen datos históricos que nos permitan conocer la frecuencia con la que se

produce el fallo, se puede utilizar cualquier técnica estadística que permita determinar cada cuanto tiempo se produce el fallo si no actuamos sobre el equipo. Se deben contar con un número mínimo de valores (recomendable más de 10, aunque cuanto mayor sea la población más exactos serán los resultados). La frecuencia estará en función del coste del fallo y del coste de la tarea de mantenimiento (mano de obra + materiales + pérdida de producción durante la intervención).

2. Si se dispone de una función matemática que permitan predecir la vida útil de una pieza, se puede estimar la frecuencia de intervención a partir de dicha función. Suele ser aplicable para estimar la vida de determinados elementos.
3. Si no se dispone de las informaciones anteriores, la determinación de la frecuencia con la que deben realizarse las tareas de mantenimiento propuestas debe hacerse en base a la opinión de expertos. Es la más subjetiva, la menos precisa de las formas de determinar la frecuencia de intervención, y sin embargo, la más utilizada. No siempre es posible disponer de información histórica o de modelos matemáticos que permitan predecir el comportamiento de una pieza.

Si no se dispone de datos históricos ni de fórmulas matemáticas, se pueden seguir estos consejos:

- Fijar una frecuencia diaria para tareas de muy bajo coste, como las inspecciones visuales o las lecturas de parámetros.
- La frecuencia mensual es aconsejable para tareas que supongan montajes o desmontajes complejos, y no esté justificado hacer a diario.
- La frecuencia anual se reserva para tareas que necesitan que la planta se encuentre parada, y que no se justifica realizarlas con frecuencia mensual.

Estas frecuencias indicativas no son sino meras guías de referencia. Para cada caso, es conveniente comprobar si la frecuencia propuesta es la más indicada. Por último, y con el fin de facilitar la elaboración del plan de mantenimiento, es conveniente especificar la especialidad de la tarea (mecánica, eléctrica, de operación, entre otros.)

Mejoras y Modificaciones de la Instalación

Determinados fallos pueden prevenirse más fácilmente modificando la instalación, o introduciendo mejoras. Las mejoras pueden ser, entre otras, de los siguientes tipos:

- **Cambios en los materiales:** Manteniendo el diseño de las piezas, el único cambio que se realiza es en la calidad de los materiales que se emplean.
- **Cambios en el diseño de una pieza:** La geometría de algunas piezas hace que en determinados puntos acumulen tensiones que facilitan su falla. Un simple cambio en el diseño de estas piezas puede hacer que cumplan su función perfectamente y que su probabilidad de rotura, disminuya sensiblemente.
- Instalación de sistemas de detección, bien de aviso o bien para evitar que el equipo funcione en condiciones que puedan ser perjudiciales
- **Cambios en el diseño de una instalación:** En ocasiones no es una pieza, sino todo un conjunto el que debe ser rediseñado, para evitar determinados modos de fallo.
- **Cambios en las condiciones de trabajo del ítem:** Por último, en ocasiones la forma de evitar la falla de una pieza o un equipo no es actuar sobre éstos, sino sobre el medio

que los rodea.

Cambios en los procedimientos de operación

El personal que opera suele tener una alta incidencia en los problemas que presenta un equipo. Podemos decir, sin lugar a dudas, que esta es la medida más barata y más eficaz en la lucha contra las averías. En general, las tareas de mantenimiento tienen un costo, tanto en mano de obra como en materiales. Las mejoras tienen un costo añadido, relacionado con el diseño y con las pruebas. Pero un cambio en un procedimiento de operación tiene en general un costo muy bajo, y un beneficio potencial altísimo. Como inconveniente, todos los cambios suelen tener una inercia alta para llevarlos a cabo, por lo que es necesario prestar la debida atención al proceso de implantación de cualquier cambio en un procedimiento.

En ocasiones, para minimizar los efectos de un fallo es necesario adoptar una serie de medidas provisionales si este llegara a ocurrir. Dentro de los cambios en procedimientos de operación, un caso particular es este: instrucciones de operación para el caso de que llegue a ocurrir un fallo en concreto.

Cambios en procedimientos de mantenimiento

Algunas averías se producen porque determinadas intervenciones del personal de mantenimiento no se hacen correctamente. La redacción de procedimientos en los que se indique claramente cómo deben realizarse determinadas tareas, y en los que figuren determinados datos (tolerancias, ajustes, pares de apriete, entre otros.) es de gran utilidad.

Formación

Bien para evitar que determinados fallos ocurran, o bien para resolverlos rápidamente en caso de que sucedan, en ocasiones es necesario prever acciones formativas, tanto para el personal de operación como para el de mantenimiento.

2.3.3.6) Fase 6: Agrupación de las medidas preventivas en sus diferentes categorías.

Determinadas las medidas preventivas para evitar los fallos potenciales de un sistema, el siguiente paso es agrupar estas medidas por tipos (tareas de mantenimiento, mejoras, procedimientos de operación, procedimientos de mantenimiento y formación), lo que luego facilitará su implementación. El resultado de esta agrupación será:

- **Plan de Mantenimiento.** El plan de mantenimiento lo componen el conjunto de tareas de mantenimiento resultante del análisis de fallos.
- **Lista de mejoras técnicas a implementar.** Tras el estudio, se tendrá una lista de mejoras y modificaciones que es conveniente realizar en la instalación.
- **Actividades de formación.** Las actividades de formación determinadas están divididas normalmente en formación para personal de mantenimiento y formación para personal de operación.
- **Lista de Procedimientos de operación y mantenimiento a modificar.** Generar una lista de procedimientos a elaborar o a modificar que tienen como objetivo evitar fallos

o minimizar sus efectos. Como ya se ha comentado, habrá un tipo especial de procedimientos, que serán los que hagan referencia a medidas provisionales en caso de fallo.

RCM reconoce cada una de las tres categorías más importantes de tareas preventivas, éstas son:

Tareas “A Condición”

La necesidad continua de prevenir ciertos tipos de falla, y la incapacidad creciente de las técnicas tradicionales para hacerlo, han creado los nuevos tipos de prevención de fallas. La mayoría de estas técnicas nuevas se basan en el hecho de que la mayor parte de las fallas dan alguna advertencia de que están a punto de ocurrir. Estas advertencias se conocen como fallas potenciales, y se definen como las condiciones físicas identificables que indican que va a ocurrir una falla funcional o que está en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas se usan para determinar cuándo ocurren las fallas potenciales de forma que se pueda hacer algo antes de que se conviertan en verdaderas fallas funcionales. Estas técnicas se conocen como tareas a condición, porque los elementos se dejan funcionando a condición de que continúen satisfaciendo los estándares de funcionamiento deseado.

Muchas fallas serán detectables antes de que ellas alcancen un punto donde la falla funcional donde se puede considerar que ocurre la falla funcional.

Tareas de Reacondicionamiento Cíclico y de Sustitución Cíclica

Los equipos son revisados o sus componentes reparados a frecuencias determinadas, independientemente de su estado en ese momento.

Si la falla no es detectable con tiempo suficiente para evitar la falla funcional entonces la lógica pregunta si es posible reparar el modo de falla del ítem para reducir la frecuencia (índice) de la falla.

Algunas fallas son muy predecibles aún si no pueden ser detectadas con suficiente tiempo. Estas fallas pueden ser difíciles de detectar a través del monitoreo por condición a tiempo para evitar la falla funcional, o ellas pueden ser tan predecibles que el monitoreo para lo evidente no es está garantizado. Si no es práctico reemplazar componentes de manera que queden en condición "como nuevos" a través de algún tipo de uso o acción basada en el tiempo entonces puede ser posible reemplazar el equipo en su totalidad.

2.3.3.7) Fase 7: Puesta en marcha de las medidas preventivas.

Es imprescindible formar al personal de mantenimiento en el nuevo plan, explicando en qué consiste, cuáles son las diferencias con el anterior, y que fallos se pretenden evitar con estos cambios.

Puesta en marcha del plan de mantenimiento

Determinado el nuevo plan de mantenimiento, hay que sustituir el plan anterior. Es conveniente revisarlo una vez más, por si se hubieran olvidado tareas. Sobre todo, es necesario comprobar que las tareas recomendadas por los fabricantes han sido tenidas en cuenta, para asegurar que no se olvida en el nuevo plan ninguna tarea importante. Pero una vez revisado, hay que tratar de que la implementación sea lo más rápida posible.

Implementación de mejoras técnicas

La lista de mejoras obtenida y depurada hay que presentarla a la Dirección de la planta para su realización. Habrá que calcular el coste que supone, solicitar algunos presupuestos y preseleccionar posibles contratistas. También habrá que exponer y calcular los beneficios que se obtienen de la implementación de cada una de ellas.

Puesta en marcha de las acciones formativas

Para implementar las acciones formativas determinadas en el análisis, no hay más que incluirlas en el Plan de Formación de la planta. La gran diferencia entre las acciones formativas propuestas por el RCM II y la mayoría de las que suelen formar parte de los planes de formación suele ser que los propuestos por el RCM II tienen como objetivo la solución a problemas tangibles, y por tanto, se traducen rápidamente en una mejora de los resultados.

Puesta en marcha de los cambios en procedimientos de operación y mantenimiento

Para la implementación de estos cambios en procedimientos de operación y mantenimiento es necesario asegurar que todos los implicados conocen y comprenden los cambios. Para ello es necesario organizar sesiones formativas en las que se explique a todo el personal que tiene que llevar a cabo cada uno de los puntos detallados en los nuevos procedimientos, verificando que se han entendido perfectamente.

2.4) Resumen de la metodología

En este capítulo se explica la metodología a utilizar para cumplir los objetivos específicos con el fin de llegar al objetivo general, que es “*Generar un plan de mantenimiento que ataque la no disponibilidad de los equipos críticos propios de la empresa BAILAC SAN LTDA., en su planta de Santiago.*”

La metodología se divide en 4 etapas que serán definidas a continuación.

Etapas 1: Identificación de equipos críticos e impacto en los servicios.

En esta etapa se identificarán los equipos críticos la empresa, a través del análisis de criticidad e impacto en el servicio y del mantenimiento.

Etapas 2: Cuantificación de costos de los equipos críticos.

Se cuantificarán los costos asociados para el mantenimiento preventivo y correctivo que cuenta la empresa.

Etapas 3: Aplicación de la metodología RCM II

Durante éste análisis se contará con la participación de personal de BAILAC SAN LTDA., planta Santiago. En la primera parte se aplicará la metodología AMFE para determinar las funciones de cada equipo, como podría fallar en el cumplimiento de esas funciones y las consecuencias de las fallas operacionales. Finalmente, haciendo uso del árbol lógico de decisión RCM II, se someterán a análisis las consecuencias y se determinarán las actividades de mantención necesarias para reducirlas o evitarlas. Los resultados serán registrados en la hoja de decisión RCM II.

Etapas 4: Elaboración de los POE y propuesta de un Plan de Mantención

Una vez determinadas las necesidades reales de mantenimiento de los activos físicos, se seleccionarán las actividades de mantención necesarias y se elaborará un procedimiento operativo estándar (POE) para cada equipo.

El diagrama de flujo mostrado en la Figura 2.8, es el resumen de la aplicación del RCM II adaptado para este Trabajo de Título, ya que no se contempla la fase 7 de puesta en marcha de las medidas preventivas.

Finalmente, se presentará en el presente Trabajo de Título una propuesta de mantenimiento a los equipos sujetos a análisis, de acuerdo a las actividades de mantenimiento que arroje la metodología RCM II.

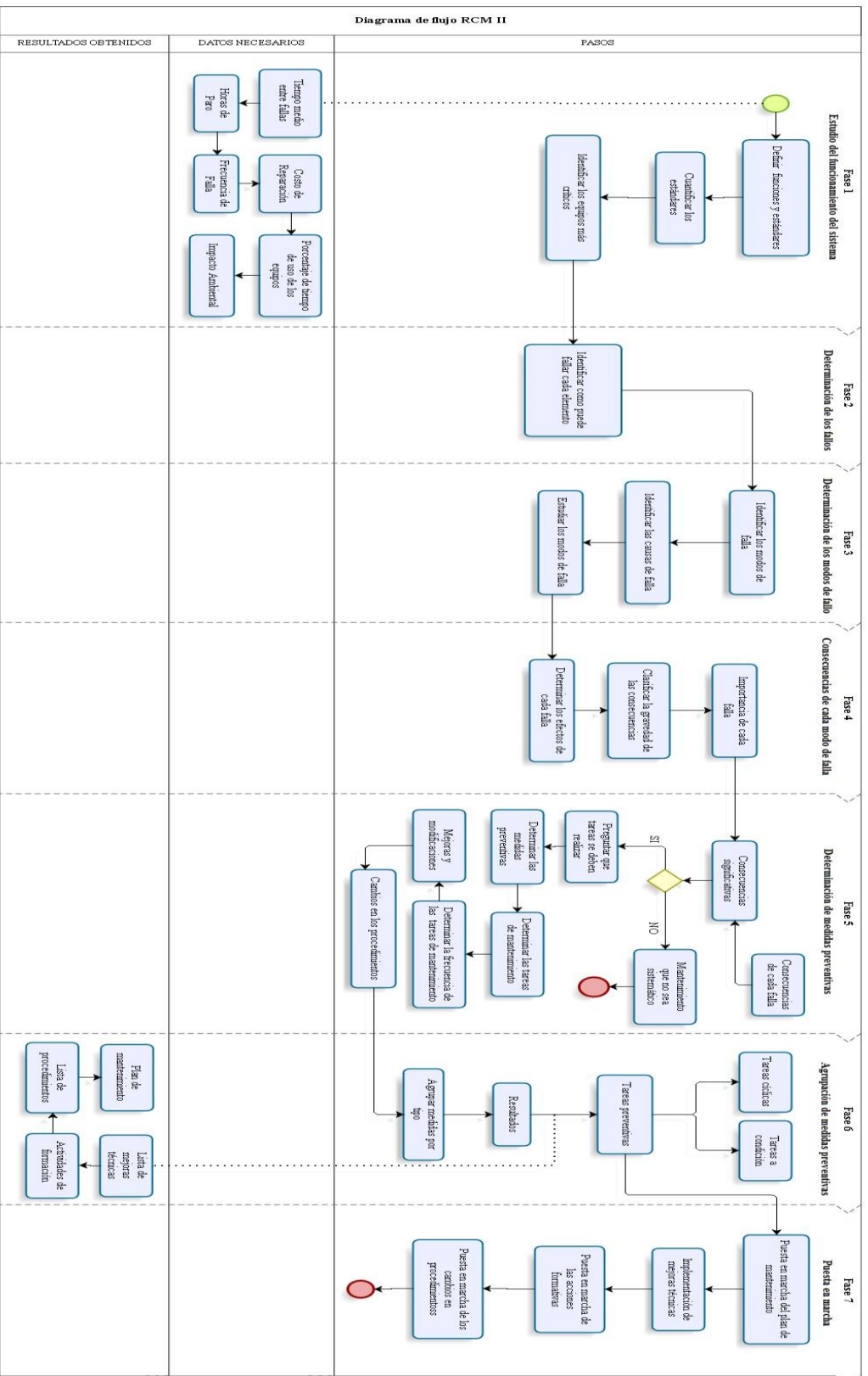


Figura 2.8: Diagrama de flujo RCM II.
Fuente: Elaboración propia

3 Aplicación de la Metodología

En este capítulo se aplicará la metodología elegida RCM II a través de 4 etapas, las cuales son:

- **Etapa 1:** Identificación de los equipos críticos e impacto en los servicios.
- **Etapa 2:** Cuantificación de los costos.
- **Etapa 3:** Identificación de los modos de falla, efectos y funcionamiento de los equipos críticos.
- **Etapa 4:** Propuesta del tipo de mantención a los equipos críticos.

3.1) Etapa 1: Identificación de equipos críticos e impacto en los servicios

En la primera etapa se identificarán los equipos críticos de BAILAC, planta Santiago, a través del análisis de criticidad (basado en [RepsolYPF05]), para lograr una buena gestión de activos, priorizando los esfuerzos en post de racionalizar los recursos.

Para eso primero se agruparon las fallas por equipo, debido a que se encontraron equipos con más de una ubicación técnica, luego se procedió a realizar los siguientes pasos:

- a) **Frecuencia de falla:** Se calcularán los tiempos medios entre fallas de los equipos para identificar el factor de frecuencia.
- b) **Influencia en el servicio prestado:** Por medio de los tiempos de trabajo se identificarán los tiempos de uso del equipo y además se identificará si existe alternativa de equipo e influencia sobre los elementos del servicio prestado.
- c) **Influencia sobre el mantenimiento:** Se calcularán los tiempos promedios para reparar y los costos de reparación total de los equipos.

3.1.1) Frecuencia de fallas

Tabla 3.1: Frecuencia de fallas por equipos año 2014.

FRECUENCIA DE FALLAS	EQUIPO	TIEMPO TOTAL (HR)	TPEF (HR)
12	Aspiradora Industrial	7728	4032
6	Compresor	7728	2520
8	Camión Pluma	8064	3696
3	Barrenado y Torneado	7728	1680
4	Hidrolavadora	3864	1848
6	Soldadura SMAW 500 A	7728	1008
4	Soldadura V350 PRO	7728	1344
3	Barredora Industrial	3864	1512

Fuente: Elaboración propia.

Para identificar los tiempos medios entre fallas, se cuantificará el tiempo total que el equipo trabajó durante el año 2014, al que se le descontarán los tiempos por pérdida, detenciones de planta, tiempo de indisponibilidad por mantención preventiva. Estos datos se pueden observar en la Tabla 3.1.

Una vez que se obtuvieron los tiempos de parada promedio, se identificó el factor de frecuencia de falla, el cual se puede ver reflejado en la Tabla 3.2. El rango del factor de frecuencia fue entre el nivel alto y medio-alto, esto se generó debido a que se tomó en consideración sólo las fallas de un periodo de tiempo equivalente a un año. Este resultado se produjo, ya que no se tomó en cuenta la información de años anteriores, pues no existía dicho registro, por lo que fue imposible recopilarla.

Tabla 3.2: Factor de frecuencia de fallas por equipos año 2014.

EQUIPO	TIEMPO TOTAL (HR)	TPEF (HR)	TPEF (MES)	NIVEL	VALOR
Aspiradora Industrial	7728	4032	134,4	Alta	1
Compresor	7728	2520	84	Alta	1
Camión Pluma	8064	3696	123,2	Alta	1
Barrenado y Torneado	7728	1680	56	Media Alta	0,9
Hidrolavadora	3864	1848	61,6	Media Alta	0,9
Soldadura SMAW 500 A	7728	1008	33,6	Alta	1
Soldadura V350 PRO	7728	1344	44,8	Media Alta	0,9
Barredora Industrial	3864	1512	50,4	Media Alta	0,9

Fuente: Elaboración propia.

3.1.2) Influencia en los servicios

Se identificará el porcentaje de uso de los equipos por medio del tiempo disponible real versus el tiempo disponible teórico. La Tabla 3.3 muestra el porcentaje de uso con su ponderación.

Tabla 3.3: Ponderación de uso de equipo.

EQUIPO	% DE USO	PONDERACIÓN
Aspiradora Industrial	85,81	4
Compresor	85,68	4
Camión Pluma	88,81	4
Barrenado y Torneado	75,81	2
Hidrolavadora	86,78	4
Soldadura SMAW 500 A	75,48	3
Soldadura V350 PRO	78,98	3
Barredora Industrial	84,19	4

Fuente: Elaboración propia.

Para calcular el tiempo real se descartará el tiempo por mantenimiento preventivo, fallas y paradas en la planta; en cambio el tiempo teórico se calculó por medio del tiempo que el equipo debe estar en funcionamiento por el fabricante.

Se procedió a identificar las alternativas de los equipos de BAILAC, las cuales fueron desarrolladas en conjunto con el Departamento de Administración del Contrato, pues tienen una base de datos con los equipos que monitorean y se les realiza mantenimiento en forma rotativa.

En la Tabla 3.4 se muestra la ponderación con respecto a equipos alternativos.

Tabla 3.4: Ponderación de alternativa de equipo. [Unidad adimensional]

EQUIPO	PONDERACIÓN	ALTERNATIVA
Aspiradora Industrial	2	Recurso en Stock
Compresor	5	Sin Posibilidad
Camión Pluma	5	Sin Posibilidad
Barrenado y Torneado	2	Recurso en Stock
Hidrolavadora	5	Sin Posibilidad
Soldadura SMAW 500 A	2	Recurso en Stock
Soldadura V350 PRO	2	Recurso en Stock
Barredora Industrial	5	Sin Posibilidad

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3) Influencia en el mantenimiento

Para medir la influencia sobre el mantenimiento se identificó en la Tabla 3.5, el tiempo promedio para reparar en conjunto con sus costos de reparación.

Tabla 3.5: Ponderación de tiempo promedio por reparar (MTTR).

EQUIPO	DURACIÓN DE REPARACIÓN (HR)	FRECUENCIA DE FALLAS	MTTR (HR)
Aspiradora Industrial	30,72	12	2,56
Compresor	8,82	6	1,47
Camión Pluma	25,75	5	5,15
Barrenado y Torneado	6,68	4	1,67
Hidrolavadora	13,98	6	2,33
Soldadura SMAW 500 A	13,64	4	3,41
Soldadura V350 PRO	4,02	3	1,34
Barredora Industrial	7,95	5	1,59

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se procedió a cuantificar los costos totales de reparación, tanto de mano de obra como de materiales y repuestos de los equipos. Estos datos de los costos de reparación de cada equipo fueron facilitados por la empresa, los cuales se muestran en la Tabla 3.6.

Tabla 3.6: Ponderación de los costos de reparación.

EQUIPO	COSTO PROMEDIO POR FALLA (\$)	PONDERACIÓN
Aspiradora Industrial	542.836	5
Compresor	874.038	5
Camión Pluma	2.659.575	7
Barrenado y Torneado	537.032	5
Hidrolavadora	565.495	5
Soldadura SMAW 500 A	289.084	4
Soldadura V350 PRO	326.526	4
Barredora Industrial	448.174	4

Fuente: Elaboración propia.

3.1.4) Descripción de equipos críticos

Para el desarrollo del Trabajo de Título se identificaron 5 equipos críticos. Estos equipos fueron considerados a través de los datos recabados y en una cuantificación obtenida de una “encuesta a expertos”. Gracias a esto, se pudo obtener cuáles eran los equipos más críticos, los cuales están detallados a continuación:

Camión Pluma

Un Camión Pluma es aquel que lleva incorporado en su chasis una grúa, que se utiliza para cargar y descargar mercancías en el propio camión, o para desplazar dichas mercancías dentro del radio de acción de la grúa. Con la incorporación de una grúa en el camión se consigue una mayor independencia a la hora de carga y descarga del material transportado, no dependiendo de maquinaria auxiliar como carretillas elevadoras.

BAILAC cuenta con un Camión Pluma marca Mack Euro V, modelo Granite Gu 813, con una pluma National Crane, modelo 800D, los cuáles son principalmente usados en el servicio de mantenimiento integral de neumáticos y cadenas que presta a sus clientes.

Barredora Industrial

Vehículo equipado para la limpieza de las calles. Normalmente está construido especialmente para este fin, pero también puede realizarse montando los equipos necesarios en un camión normal. La barredora es una máquina que puede barrer cualquier superficie pavimentada (incluyendo las alfombras), recogiendo tanto el sucio grueso como el polvo más fino.

La Barredora Industrial es una máquina que por sí sola sirve para el aseo de varias superficies, pero también realiza una función complementaria a otros equipos de limpieza industrial como la aspiradora y la Hidrolavadora.

Su equipo consiste en dos o tres cepillos circulares o en forma de rodillo que, ayudados por pequeños chorros de agua, limpian el suelo procediendo al mismo tiempo a recoger los desperdicios por aspiración, almacenados en un recipiente adecuado. Poseen radios de giro reducidos y una carga útil de aproximadamente 1 t. Su velocidad de trabajo suele ser de unos 20 km/h.

BAILAC usa la Barredora Industrial Jonas 900, para prestar el servicio de mantenimiento y aseo de infraestructura.

Hidrolavadora

Una Hidrolavadora, es una máquina que bombea agua a alta presión a través de una manguera. Hay nombres comerciales como "Karcher", es decir, es como un pequeño cañón de agua.

La línea de agua se conecta a la máquina, la cual contiene una bomba, que revoluciona el agua y la expulsa por otra boquilla. Sirve para limpiar pisos o paredes, más rápidamente, y como es agua a presión, puede remover más fácilmente la suciedad. En el ámbito de la construcción, se utiliza para limpiar el terreno, o bien, la obra en construcción.

La Hidrolavadora se utiliza por BAILAC para prestar el servicio de lavado de equipos y aseo nave como preparación para trabajos de mantención, es la Hidrolavadora NorthStar. Este servicio incluye el mantenimiento exclusivo de la infraestructura que compone el lavado de los equipos. El sistema permite el uso de agua reciclada para su funcionamiento.

Compresor

Un Compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como gases y vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el Compresor es transferido a la sustancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Los Compresores son usados principalmente en dos de los servicios prestados por BAILAC, estos servicios son el servicio de mantenimiento integral de neumáticos y cadenas y el servicio de mantenimiento de sistema A/C y cabinas.

Aspiradora Industrial

Una aspiradora es un dispositivo que utiliza una bomba de aire para aspirar el polvo y otras partículas pequeñas de suciedad, generalmente del suelo. Este equipo se utiliza para prestar los servicios de mantenimiento de sistema A/C y de cabinas.

En resumen, gracias a la encuesta a expertos, con toda la información recabada de los equipos críticos se puede estimar y respaldar los equipos más relevantes en la influencia de los servicios, ya que consideran factores de equipos alternativos, además del porcentaje de uso de los mismos.

3.2) Etapa 2: Cuantificación de los costos de los equipos críticos

Los costos dentro de una empresa son la inversión que ésta realiza con el fin de producir un bien, comercializar un producto y/o prestar un servicio. Estos son importantes porque ayudan a la toma de decisiones que permiten mejorar los resultados financieros del negocio y a su vez permiten el control de la materia prima, mano de obra y costos generales de producción o servicio.

Los objetivos de los costos son: conocer la cantidad a invertir para producir un bien o prestar un servicio, establecer las bases para fijar un precio de venta o servicio, llevar un control de los costos y comparar los costos reales versus los presupuestados para poder controlar todo el proceso.

Debido a las razones recién expuestas es que se cuantificarán los costos del mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos críticos de BAILAC planta Santiago, para lo cual se recopilará información entregada por el Departamento de Administración del Contrato.

La información que se requerirá para llevar a cabo esta etapa es la siguiente:

- Mano de obra requerida (HH/\$).
- Materiales y repuestos (cantidad y valor \$).

Cabe señalar, que para efectos de cálculo, el dólar tendrá el valor de \$615.

3.2.1) Mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

En este punto se identificarán los costos de la mano de obra y de los materiales y/o repuestos tanto para el mantenimiento preventivo como para el mantenimiento correctivo.

3.2.1.1) *Mano de obra.*

Los sueldos totales de los trabajadores del Departamento de Administración del Contrato, durante el año 2014, fueron de US\$482.375 (ver Anexo 3.2 para mayor información). Esta mano de obra es independiente a la cantidad de fallas que se producen durante un mes, es decir no influye en los costos por falla, ya que representan un costo fijo mensual para la empresa.

3.2.1.2) *Materiales y repuestos.*

Los costos por materiales y repuestos tienen un total de US\$6.019 para el mantenimiento correctivo y US\$1.294 para el mantenimiento preventivo.

Costos de materiales y repuestos de los equipos críticos

Los costos de los materiales y repuestos para los equipos críticos, con respecto al mantenimiento correctivo, muestran que el Camión Pluma tiene un costo de US\$4.083 durante el año 2014, llevándose un 67,84% de los costos totales de los equipos críticos. Los demás equipos tienen costos por US\$142 el Compresor, US\$350 la Hidrolavadora, US\$60 la Aspiradora Industrial y US\$1.184 la Barredora Industrial (ver Anexo 3.3 para mayor información).

El mantenimiento preventivo tiene un costo por materiales y/o repuestos de US\$1.294, el cual corresponde solo al Camión Pluma, ya que como se ha dicho en varias ocasiones, este equipo es el único dentro de la empresa al cual se le aplica este tipo de mantenimiento (ver Anexo 3.3 para mayor información).

3.3) Etapa 3: Aplicación de la metodología RCM II

En esta etapa se identificará la funcionalidad de los equipos por medio de la metodología AMFE para poder determinar sus respectivas fallas, modos de fallas y consecuencias operacionales.

Finalmente, haciendo uso del árbol lógico de decisión RCM II, las consecuencias se someterán a análisis y se determinarán las actividades de mantención necesarias para reducirlas o evitarlas. Los resultados serán registrados en la hoja de decisión RCM II.

Cabe señalar que en esta etapa es fundamental la participación del personal del Departamento de Administración del Contrato.

3.3.1) Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)

Para comenzar con la aplicación de la etapa 3, serán definidos los parámetros de funcionamiento deseados y las funciones principales de cada componente en su contexto operacional.

Luego se definirá la falla funcional, determinando de qué manera podrían dejar de cumplir con dichas funciones, considerando tanto fallas totales como parciales. Cabe mencionar que en esta parte, serán incluidas las fallas ocasionadas tanto como por desgaste natural del equipo como por errores humanos por el mal o desconocimiento del uso de los equipos.

Una vez identificadas las fallas funcionales, se procederá a la identificación de las causas de cada falla, las cuales para éste análisis, serán denominadas como modos de fallas.

Finalmente serán detallados los efectos de cada modo de falla, considerando efectos operacionales, seguridad ambiental y personal e incidencia que podrían tener en el funcionamiento de los demás equipos.

Los resultados del AMFE se registraron en la hoja de información RCM II. A modo de ejemplo, en la Tabla 3.7 se puede observar un extracto del AMFE realizado al subsistema “Aspiradora Industrial”. Las hojas de información correspondientes a los demás subsistemas se pueden ver en el Anexo 3.4.

Tabla 3.7: Extracto Hoja de información RCM II.

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE A/C Y CABINAS		
		SUBSISTEMA: ASPIRADORA INDUSTRIAL		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFECTO DE FALLA
Aspirar el polvo y otras partículas pequeñas de suciedad para mantener de manera óptima el sistema de A/C y de las cabinas.	A Potencia de succión es débil	1	La manguera está obstruida	Genera desgaste del equipo, reduciendo la vida útil de éste, genera problemas en el funcionamiento del equipo, filtraciones y escapes del flujo.
		2	Accesorio obstruido	
		3	Manguera dañada	
		4	La cubierta motor no está asegurada	
		5	La manguera y/o conector no están bien conectados a la aspiradora	
		6	El regulador de succión del mango está abierto	
		7	El filtro del motor está sucio	

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2) Árbol lógico de decisión RCM II

Luego de elaborar las hojas de información para los equipos críticos sujetos al análisis, se procederá a clasificar cada efecto de falla de acuerdo al tipo y gravedad de las consecuencias que éstos podrían generar en caso de ocasionarse la falla funcional, utilizando para esto el árbol lógico de decisión RCM II (ver Figura 2.6). En la Tabla 3.8 se muestran los tipos de consecuencias, tareas proactivas y acciones a falta de aplicadas.

Tabla 3.8: Consecuencias, tareas proactivas y “acciones a falta de”.

Consecuencias	<ul style="list-style-type: none"> • Consecuencias de fallas ocultas. • Consecuencias operacionales. • Consecuencias no operacionales. • Consecuencias ambientales y para la seguridad.
Tareas proactivas	<ul style="list-style-type: none"> • Reacondicionamiento cíclico. • Sustitución cíclica. • Tarea a condición.
Acciones a falta de	<ul style="list-style-type: none"> • Búsqueda de fallas. • Rediseño. • Ningún mantenimiento programado.

Fuente: Elaboración propia.

Para finalizar este proceso, se determinará la posibilidad de aplicar una tarea proactiva que disminuya el riesgo de las fallas operacionales. En casos donde no fuese posible establecer una tarea proactiva técnicamente factible, se deberá tomar una “acción a falta de” adecuada para tratar directamente el estado de falla. Para cada tarea propuesta se estableció el intervalo en el cual se aplicará y el encargado de realizarla.

Los resultados obtenidos, luego de aplicar el árbol de decisión, se registran en la hoja de decisión RCM II. A modo de ejemplo, en la Tabla 3.9 se muestra un extracto de la hoja de decisión RCM II correspondiente al subsistema “Camión Pluma”. Las hojas de decisión correspondientes a los demás subsistemas se pueden ver en el Anexo 3.5.

Tabla 3.9: Extracto Hoja de decisión RCM II.

HOJA DE DECISIÓN RCM II			SISTEMA: SERV. DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE NEUMATICOS Y CADENAS						FACILITADOR: NORA MELO – CONSTANZA VASQUEZ				FECHA: MARZO 2015				
			SUBSISTEMA: CAMIÓN PLUMA						AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO								
REFERENCIA DE INFORMACIÓN			EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS				H ₁	H ₂	H ₃	ANÁLISIS A FALTA DE				TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR	
							S ₁	S ₂	S ₃								O ₁
F	FF	F M	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃								
1	A	1	S	S			S						Realizar limpieza en la manguera	Cada meses	2	Mecánico	
	B	1	S	N	N	S	N	S					Realizar cambio de filtro	Cada meses	6	Mecánico	
	C	1	S	N	N	S	N	S					Realizar cambio de manguera	Cada 1 año		Mecánico	
	D	1	S	N	N	S	S							Verificar que el pistón sea el original	Cada 1 año		Mecánico
		2	S	N	N	S	S							Revisar pasos de encendido de motor	Cada vez de encendido		Conductor

Fuente: Elaboración propia.

3.4) Etapa 4: Elaboración de los POE y propuesta de un plan de mantención a los equipos críticos.

Luego de haber determinado todas las necesidades reales de mantenimiento de los activos físicos en cuestión, se seleccionarán las actividades necesarias para la mantención, estableciendo así, la frecuencia en que se deben realizar estas mantenciones y los encargados a llevar estas tareas a cabo. Estos resultados se presentan en un procedimiento operativo estándar (POE) para cada equipo, el cual se puede ver en detalle en el Anexo 3.7.

Como resultado del presente Trabajo de Título, se elaboró un plan de mantenimiento, el cual será propuesto al Departamento de Administración del Contrato de la empresa BAILAC SAN LTDA. El objetivo principal de este plan de mantenimiento es que la empresa pueda emplear un mantenimiento preventivo para aumentar la vida útil de sus equipos, mejorar su imagen y disminuir los costos empleados en este tipo de tareas.

Con su aplicación se pretende asegurar la funcionalidad de los equipos hasta el próximo período de mantención preventiva y así disminuir los costos por concepto de mantención correctiva.

3.5) Resumen de la aplicación de la metodología

En este capítulo se realizó la aplicación de las etapas del Trabajo de Título, donde en una primera instancia se identificaron los equipos críticos de la empresa BAILAC SAN LTDA., planta Santiago. El análisis de criticidad que se utilizó cuantificó que 5 equipos eran los más críticos según su frecuencia de falla, consecuencias de producción y mantenimiento. Estos equipos son la Aspiradora Industrial, el Compresor, el Camión Pluma, la Hidrolavadora y la Barredora Industrial. El impacto en los servicios prestados, arrojaron que el equipo más relevante para el mantenimiento correctivo y preventivo fuese el Camión Pluma, ya que éste equipo es el que tiene mayores costos para el mantenimiento correctivo y es el único al cual se le mantiene un mantenimiento preventivo.

Posteriormente en la etapa 2 se cuantificaron los costos del mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos críticos, la cual arrojó que el equipo más importante para el mantenimiento correctivo fuera el Camión Pluma.

En la etapa 3 se procedió a investigar la funcionalidad de los equipos críticos, para complementar de esta forma con los modos de fallas y efectos que la falla funcional producía en los equipos críticos, con el fin de apoyar a la etapa 4.

Con la información técnica más detallada, se procedió a realizar una encuesta a expertos los cuales fueron 6 técnicos (2 técnicos en cabinas, 2 técnicos en mantenimiento y 2 técnico lavador), 3 Jefes de turno y al Jefe de Administración del Contrato de la planta Santiago, para poder aplicar el diagrama de decisión de RCM II en los equipos críticos, el cual arrojó que se debe hacer mantenimientos más regulares, programados y preventivos, para disminuir las fallas que los aquejan actualmente.

4 Análisis de Resultados

En el siguiente capítulo, se realizará un análisis de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología RCM II, identificando las fallas más frecuentes, cuantificando los costos de la aplicación del plan de mantenimiento propuesto, analizando la criticidad de los equipos, además se realizará una identificación de los modos de fallas, efectos y funciones de los equipos críticos arrojados por el análisis AMFE y por último se identificará la decisión del mantenimiento basado en el diagrama de decisión de RCM II.

4.1) Denominación de las fallas más frecuentes

Durante el año 2014, en la planta de BAILAC Santiago, se presentaron 145 intervenciones, donde las 9 fallas más frecuentes por denominación del Departamento de Administración del Contrato, se pueden ver en el siguiente extracto de la Tabla 1.13.

Extracto Tabla 1.13: Fallas frecuentes de BAILAC SAN LTDA. Planta Stgo. [Unidad adimensional]

FALLAS	FRECUENCIA
Filtración	20
Obstrucción	29
Vibración	14
Corrosión	5
Desgaste	6
Término Vida Útil	10
Suciedad	16
Sobrecarga	10
Rotura	9

Fuente: Elaboración propia.

Estas 9 fallas más frecuentes, ocurrieron 119 veces de un total de 145 intervenciones, ocupando el 82,07% de las intervenciones totales.

4.2) Cuantificación de los costos del plan de mantenimiento propuesto

El costo de una mantención correctiva, a largo plazo, siempre superará considerablemente a los costos de una mantención preventiva, debido a que ante cualquier llamado de emergencia las empresas contratistas acuden de inmediato a solucionar la avería, cobrando altas sumas de dinero por trabajos imprevistos. Además aparte de pagar el arreglo de la falla, se debe considerar el pago de la garantía que cubre la nueva ejecución del trabajo y/o la reposición de las partes, repuestos o materiales que deben ser utilizados. Si BAILAC no efectúa el trabajo de reparación en virtud de la garantía, en un plazo de 3 días, el contratante tiene el derecho a encargar su ejecución a un tercero a cuenta de BAILAC.

El plan de mantenimiento propuesto, consistirá en un mantenimiento preventivo, ya que en un largo plazo será siempre más conveniente que el correctivo. Es por esto, que se desarrolló un presupuesto donde se consideró aumentar la sustitución de algunos materiales y repuestos para ciertos equipos durante el año. Por ejemplo, en el caso de la Aspiradora Industrial, la empresa actualmente sustituye la manguera 3 veces al año, en cambio con el nuevo presupuesto, se realizarán 4 sustituciones al año.

Este presupuesto considerará además, una vez que sea implementado, que el mantenimiento preventivo realice todas las sustituciones antes de que se produzca cualquier falla, los cuales serán en tiempos fijados por la misma empresa, para así evitar cualquier falla que se pueda presentar en los equipos mientras se trabaja con ellos.

Al comparar los dos costos, el que mantiene la empresa con el mantenimiento correctivo y el que se calculó con el mantenimiento preventivo, se puede observar que este último tiene un aumento monetario. Esto se debe, como se dijo anteriormente, se realizarán mayores cambios de repuestos y materiales. Si bien es cierto, la empresa deberá invertir más al implementar el mantenimiento preventivo en una primera instancia, el ahorro monetario se verá reflejado en la disminución de la garantía que debía cancelar al momento en que se presentaban las fallas.

Siempre será mejor incrementar los costos en mantenimiento preventivo para reducir los costos de mantenimiento correctivo.

En la Tabla 4.1 se muestra el aumento monetario que implica el mantenimiento propuesto versus el mantenimiento con que actualmente cuenta la empresa. Lo anterior, se detallará a continuación:

Aspiradora Industrial

La Aspiradora Industrial incrementará su costo en US\$64, debido a que aumenta el cambio de manguera de 3 a 4 veces al año y el filtro del motor de 2 a 4 veces al año.

Compresor

El costo del Compresor incrementará en US\$70, esto se debe a que se aumenta la sustitución de la válvula de seguridad de 1 a 3 veces al año y el pistón de 1 vez a 2 veces al año.

Hidrolavadora

La Hidrolavadora tendrá un incremento de US\$87. Esto se debe a que se aumentará la sustitución de la bujía de 1 a 2 veces al año y de la manguera, el rodamiento y la boquilla de 1 a 3 veces al año. Cabe destacar que además se agregará la sustitución de la bobina, debido a que la empresa no mantiene el cambio de ésta, la cual se realizará 2 veces por año.

Barredora Industrial

La Barredora Industrial aumentará sus costos en US\$852, ya que para este equipo los cambios de los cepillos rotativos, de las escobas laterales y del depósito de basura, se incrementarán de 1 a 4 veces al año. Y en el caso de la tapa del filtro y del filtro, se incrementará de 1 a 2 veces al año.

Camión Pluma

Actualmente el Camión Pluma, presenta un mantenimiento correctivo y uno preventivo. Debido a esto, es que se le realizó un presupuesto de sus costos pasando este mantenimiento correctivo a uno preventivo, esto produjo que se le aumentaran los cambios de algunos materiales y repuestos para el caso del mantenimiento preventivo. Su costo aumentará US\$958, ya que se considera la suma del mantenimiento correctivo más el mantenimiento preventivo actual. Las sustituciones de materiales y repuestos que se aumentarán serán para el pistón y la válvula de 1 a 2 veces al año. Además se le agregará la sustitución del sincronizador en una cantidad de 4 veces por año. (Para verificar esta información se sugiere revisar el Anexo 3.3).

En la Tabla 4.1 se muestra una comparación entre los costos de mantenimiento actual y el mantenimiento propuesto.

Tabla 4.1: Comparación de costos de mantenimiento actual vs el propuesto.

EQUIPO	MANTENIMIENTO ACTUAL (US\$)		MANTENIMIENTO PROPUESTO (US\$)
	CORRECTIVO	PREVENTIVO	
Aspiradora Industrial	260	-	324
Compresor	142	-	212
Hidrolavadora	350	-	437
Barredora Industrial	1.184	-	2.036
Camión Pluma	4.083	1.294	6.335
TOTAL	6.019	1.294	9.344

Fuente: Elaboración propia.

4.3) Análisis de criticidad de los equipos

Para identificar la criticidad de los equipos que fallaron durante el año 2014 en la planta de Santiago, es que se dividió en 3 ítems de importancia la información para su elección. Estos ítems fueron: frecuencia de falla, influencia en el servicio e influencia sobre el mantenimiento. Las 145 intervenciones por mantención correctiva que ocurrieron durante el año 2014 fueron realizadas a equipos, entre los cuales, según el análisis, se encuentran como los más críticos la Hidrolavadora, la Aspiradora Industrial, el Compresor, el Camión Pluma y la Barredora Industrial.

Para cuantificar, se utilizaron las siguientes variables:

- **Frecuencia de falla:** se calculó por medio del factor de frecuencia, basado en la frecuencia de falla y su tiempo entre fallas.

- **La influencia en el servicio:** se identificó el porcentaje de uso del equipo, si el equipo tenía duplicado y su influencia en otros equipos.
- **La influencia en el mantenimiento:** Se desarrolló por medio de la identificación del tiempo promedio para reparar (MTTR) y los costos de reparación promedio.

Extracto Tabla 3.2: Factor de frecuencia de fallas.

Aspiradora Industrial	Alta
Compresor	Alta
Camión Pluma	Alta
Soldadura SMAW 500 A	Alta

Fuente: Elaboración propia.

Al evaluar la influencia del servicio, se analizó el porcentaje de uso de los equipos. Este análisis arrojó que 5 de los equipos cuentan con un porcentaje sobre el 84% de uso, como se muestra en la Tabla 3.3.

Posteriormente se cuantificó la influencia en el mantenimiento, el cual arrojó los costos promedio por fallas en estos 4 equipos, por sobre los \$540.000 por falla. Esto se muestra en el extracto de Tabla 3.6.

Extracto Tabla 3.6: Ponderación de los costos de reparación.

EQUIPO	COSTO PROMEDIO POR FALLA (\$)
Aspiradora Industrial	542.836
Compresor	874.038
Camión Pluma	2.659.575
Hidrolavadora	565.495

Fuente: Elaboración propia.

Como base lo anterior, el análisis de criticidad arrojó que se encontraban 5 equipos con clase A de nivel “crítico”.

Tabla 4.2: Análisis de criticidad de equipos críticos.

EQUIPO	CRITICIDAD	CLASE
Aspiradora Industrial	40	A
Compresor	100	A
Camión Pluma	140	A
Hidrolavadora	90	A
Barredora Industrial	72	A

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 4.2 se puede identificar los equipos elegidos como críticos por medio del análisis de criticidad, el que entregó una puntuación entre 40 y 140 puntos. Cabe considerar que el puntaje mínimo deseado para ser escogido como equipo crítico es de 40 puntos.

4.4) Identificación de los modos de falla, efectos y funciones de los equipos críticos

Para poder aplicar el diagrama de decisión RCM II como apoyo, se deben responder las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el funcionamiento?
2. ¿De qué forma puede fallar?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando falla?

Para la primera pregunta se utilizó la metodología FAST, la que entregó como resultado el funcionamiento general del equipo, luego se dio paso a responder las preguntas dos, tres y cuatro con la metodología AMFE para identificar las causas de fallas y efectos de los equipos críticos, ya que con estas 4 preguntas se espera dar un apoyo al tipo de mantenimiento a utilizar.

La Aspiradora Industrial tuvo fallas de potencia de succión débil, ruido extraño en el equipo y no funcionamiento. Estas causas se relacionan directamente con el funcionamiento del equipo, ya que éste trabaja aspirando polvo y partículas que no necesariamente son pequeñas y constantes, con un alto desgaste de trabajo, además de estar en un lugar de difícil mantención. Sus consecuencias son filtraciones, escapes del flujo, desgaste del equipo y disminución y retraso del servicio.

El Compresor, como se expresa en su funcionamiento, se encarga de aumentar la presión y desplazar fluidos compresibles. Este equipo tuvo fallas de calor excesivo, retorno del líquido refrigerante, problemas de lubricación y contaminación del sistema. Las consecuencias son un aumento en la corriente eléctrica, rotura mecánica, alta y/o baja presión de succión, daño del aislamiento, daño en el equipo, golpe de líquido, dilución de aceite, disminución de la capacidad de cambio de calor y desgaste del equipo y sus piezas.

El funcionamiento de la Hidrolavadora consta del proceso de lavado de equipos y aseo nave. La falla más frecuente que tuvo este equipo fue problemas de ruido, disminución del flujo, vibraciones en la manguera, ausencia de flujo y no arranque del motor. Las consecuencias que generan estas fallas son el desgaste del equipo y de la manguera, filtraciones, inexistencia de presión, escape del flujo y aumento de presión, los cuales provocan una disminución de la disponibilidad del servicio, principalmente por la mala utilización de éste.

El Camión Pluma se utiliza para cargar y descargar mercancías en el propio camión y para desplazar dichas mercancías dentro del radio de acción de la grúa. Las fallas que presentó este equipo consistieron en la pérdida de presión de aire y de fuerza del motor, falla en la caja de cambio, calentamiento del motor y no arranque. Las consecuencias que conllevan estas fallas son el funcionamiento forzado del motor, el deterioro del equipo y una provocación de una capa de aceite inadecuada, lo cual incrementa el desgaste, las posibilidades de una falla catastrófica y un consumo excesivo de combustible.

La Barredora Industrial es la encargada de hacer el aseo de varias superficies, para capturar desde polvo hasta desechos pesados. Las fallas que generó este equipo, fue que

levantó polvo, no barrió bien y no se pudo poner en marcha. Lo anterior trae como consecuencia un desgaste del equipo, lo que reduce su vida útil, además de generar problemas en el funcionamiento, disminuyendo la disponibilidad del servicio.

4.5) Identificación del diagrama de decisión del RCM II

Por medio de la “encuesta a experto” se quiere contestar las pregunta de consecuencia y la estrategia de mantención que se necesita para utilizar el diagrama de decisión de RCM II.

Las consecuencias que afectan al equipo crítico son operacional, no operacional, falla oculta, de impacto ambiental y de seguridad, en cambio las tareas de mantenimiento que pueden ser relacionadas con las consecuencias son reacondicionamiento cíclico, tarea a condición y sustitución cíclica.

Para poder tomar la decisión de qué consecuencia y tarea de mantenimiento realizar, la encuesta a experto se cuantificó por medio de un rango de 1 a 4 y fue realizada por 6 técnicos, 3 Jefes de turno y al Jefe de Administración del Contrato de la planta Santiago. Luego de sumar todos los puntos, se calcula el promedio para poder utilizarlo en la toma de decisión correcta, siendo desde 3 puntos (generalmente) con aproximación, el mínimo para ser considerado como consecuencia y tarea de mantenimiento.

Se puede identificar la tarea de mantenimiento que cada equipo crítico tendrá que realizar, en la siguiente Tabla 4.4. La tarea de mantenimiento se realizará para disminuir los costos de mantenimiento correctivo. Este análisis entregó como resultado general la tarea a condición, siendo el único diferente la Hidrolavadora, ya que actualmente no existen los recursos necesarios para aplicar tarea de reacondicionamiento cíclico.

Tabla 4.3: Consecuencia y tareas de Mantenimiento

EQUIPO	CONSECUENCIA DIAGRAMA DECISIÓN RCM II	TAREA DE MANTENIMIENTO
Barredora Industrial	Consecuencia Operacional	Tarea a condición
Camión Pluma	Consecuencia Operacional	Tarea a condición
Hidrolavadora	Consecuencia Operacional	Reacondicionamiento cíclico
Aspiradora Industrial	Consecuencia Operacional	Tarea a condición
Compresor	Consecuencia Operacional	Tarea a condición

Fuente: Elaboración propia.

Gracias a esto, se puede saber con precisión la aplicabilidad del tipo de tarea de mantención idónea para el equipo crítico, apoyado en todo lo anterior más los modos de fallas y las funcionalidades.

5 Conclusiones y Recomendaciones

En el presente capítulo, se muestran las conclusiones y recomendaciones finales del Trabajo de Título. Primero se presentan las respuestas a los objetivos específicos, posteriormente al objetivo general. Para concluir este capítulo, se harán una seguidilla de recomendaciones, que tienen como propósito sugerir áreas de mejora en el servicio ofrecido por la empresa BAILAC SAN LTDA.

5.1) Conclusiones

El presente Trabajo de Título se enmarcó en los procesos de la Ingeniería de mantenimiento, con el fin de generar una propuesta de mantención basada en el método RCM II a los equipos críticos de BAILAC SAN LTDA., en su planta de Santiago de Chile. Esto se desarrolló por medio de 3 objetivos específicos.

Para resolver el primer objetivo, se diagnosticó la situación actual de la empresa, específicamente en el Departamento de Administración del Contrato en su planta de Santiago, donde se concluyó que la empresa no cuenta con la disponibilidad adecuada para entregar un servicio como se está estipulado en el contrato, según los requerimientos del propio cliente. Esta información, entregó la base para identificar los equipos, el proceso del servicio y los antecedentes generales. Se identificó los tipos de mantenimiento que se realizan, su funcionamiento y la gestión que se desarrolla con ellos. Con este objetivo, se obtuvo la información necesaria de la situación actual, que sirvió para identificar la raíz del problema y la mejor metodología a utilizar.

La metodología idónea para este Trabajo de Título se debe a adaptar de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la empresa, esto se debe a que la metodología RCM está en base a procesos productivos, pero BAILAC es una empresa de servicios. Además en este análisis, no se toma en cuenta la fase de la puesta en marcha.

Se identificaron los equipos críticos mediante el análisis de criticidad, el cual se divide en 3 partes: frecuencia de falla, influencia sobre el servicio, y por último, la influencia sobre el mantenimiento. Este análisis concluyó que BAILAC planta Santiago, cuenta con 5 equipos críticos los cuáles fueron el Camión Pluma, Barredora Industrial, Aspiradora Industrial, Hidrolavadora y Compresor.

Además, se identificaron los costos actuales del mantenimiento correctivo y preventivo de los equipos críticos, donde se arrojó que los costos de mantención se dividen en: correctivos por US\$6.019 y preventivo por US\$1.294. En esta etapa se puede observar que los costos de mano de obra y de los materiales y/o repuestos no son costos tan significativos, por lo que realmente influye en el costo del mantenimiento correctivo, es el valor que se debe desembolsar cuando se hace efectiva la garantía por la no disponibilidad de realizar el servicio contratado. El valor de esta garantía, según datos informados por el responsable del Departamento de Administración del Contrato, puede equivaler incluso al doble de lo que fue cancelado por la empresa.

Se generó una propuesta de mantención basado en RCM II, para los equipos críticos propios de BAILAC, en su planta de Santiago de Chile, y se concluyó que el tipo de tarea de mantenimiento idónea es la tarea a condición. Para esto, se utilizó el diagrama de decisión de RCM II, el cual se apoya en la metodología de “encuesta a experto” basado en la experiencia del personal de mantención, que se encuentra en el Departamento de Administración del Contrato. El diagrama de decisión se divide en 5 consecuencias, las que son: operacional, no operacional, falla oculta, impacto ambiental y de seguridad, y luego se subdivide en 3 tareas importantes, las que son: tarea de sustitución cíclica, tarea a condición y tarea a reacondicionamiento cíclico.

Los equipos críticos fueron clasificados según sus consecuencias a través de pregunta simple, donde se obtiene que la Aspiradora Industrial, el Compresor y el Camión Pluma presentaron un nivel alto de criticidad. Los que alcanzaron una mayor influencia en el servicio por el porcentaje de uso son el Camión Pluma, la Hidrolavadora, la Aspiradora Industrial, el Compresor y la Barredora Industrial. Los equipos que lograron una mayor influencia en el mantenimiento fueron el Camión Pluma, el Compresor, la Hidrolavadora y la Aspiradora Industrial.

Además, se pudo concluir lo siguiente:

- Se definieron indicadores de gestión en el proceso de RCM, que permitirán medir la calidad de los trabajos de mantenimiento. El mejor indicador para medir la confiabilidad es el tiempo promedio entre paradas (TPEF) un incremento en el TPEF indica un incremento en la confiabilidad del equipo y una mejora en la calidad de los trabajos de mantenimiento.

- El aumento sostenido que ha tenido el costo de mantención (ver Tabla 1.11), se debió principalmente al pago de la garantía del servicio. Si la empresa realizara mantenciones preventivas, sus equipos deberían cumplir con la disponibilidad preestablecida en el contrato, disminuyendo o incluso no ocupando dicha garantía por parte del cliente.

- De manera resumida, los factores que afectan la disponibilidad de equipos, no obedecen solo a una causa en particular. Algunos de estos factores dependen directamente de la empresa, pero en otros casos son productos de agentes externos, entre los que se mencionan:

- Desconocimiento y poca experiencia técnica actualizada en los encargados de llevar a cabo los mantenimientos.
- Maniobra inadecuada y falta de conocimiento de las maquinarias por parte de los operadores.
- Ejecución de mantenimientos incorrectos a los equipos siendo pertinente aplicar los recomendados por los proveedores.

- Finalmente se obtuvo como resultado una propuesta de un Plan de Mantenimiento para los equipos críticos propios de BAILAC SAN LTDA., en su planta de Santiago de Chile, utilizando la metodología RCM II, lo cual se refleja en el documento “Manual de Procedimiento: Mantenimiento de equipos y máquinas” (ver Anexo 3.8).

5.2) Recomendaciones

En relación a la información recopilada y los resultados obtenidos después de hacer los análisis, se plantean las siguientes recomendaciones importantes para la empresa.

- Asignar un departamento o área exclusiva de “Mantenimiento”, que esté a cargo del mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los equipos de BAILAC.
- Utilizar formatos para los registros de las fallas de los equipos, para poder estandarizar la información.
- Considerar en un futuro utilizar el manual de procedimientos propuesto (Ver Anexo 3.8), o uno similar para estandarizar la información.
- Modificar el actual método de mantenimiento, que corresponde a un mantenimiento correctivo, por uno de tipo preventivo, que incluya la inspección periódica de los equipos, para posibilitar el uso de acciones convenientes y así prevenir su ocurrencia a través de la identificación de fallas potenciales.
- Se sugiere aplicar los mantenimientos preventivos adecuadamente en el tiempo recomendado por los proveedores de materiales y repuestos. Con el fin que ayude a mantener los equipos en condiciones óptimas de trabajo y así reducir el uso de la garantía utilizada por los clientes, debido a la no disponibilidad del servicio contratado.
- Analizar los planes de mantenimiento, hoja de ruta, órdenes y sub-órdenes en SAP, para identificar los planes repetidos o que no se encuentran actualizados, ya que no permiten cambiar satisfactoriamente los planes de mantención correctiva a preventiva.
- Crear una relación más directa entre el mantenimiento preventivo y la confiabilidad de RCM II, ya sea estadísticamente o por medio de encuestas a expertos. Es necesario un seguimiento constante de las fallas que se producen.
- Ocupar mayor tecnología en el desarrollo del mantenimiento preventivo, como monitoreo online o sensores eléctricos en equipos críticos. Con el fin de aumentar el tiempo de funcionamiento de los equipos y disminuir los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.
- Dar motivación y capacitación a los trabajadores acerca del funcionamiento de los equipos, para aumentar el compromiso y entrega para con la empresa, con el fin de disminuir las fallas por errores humanos y descuidos.
- Establecer una calendarización oficial respecto a las mantenciones preventivas, con el fin de favorecer la coordinación entre personal de mantención, concesionarios/consignatarios y el Departamento de Mantención.

- Asignar una cantidad de personal necesaria para la realización de mantenciones preventivas y correctivas de acuerdo a su complejidad.

- Crear la existencia de una copia del plan de mantenimiento en cada equipo y su repartición a personal de mantenimiento, de manera de facilitar la realización de las mantenciones mediante el uso de procedimientos operativos estándar. Esto además, facilitaría el control de los trabajos realizados.

- Conseguir una asignación de presupuestos adecuada, de acuerdo a la importancia y necesidades del Departamento de Mantenimiento.

- Capacitar al personal que se encarga de la operación de los equipos y ejecución del mantenimiento, a fin de que puedan obtener una actualización y acceso a nuevas técnicas usadas en estas áreas. Esto aportaría mejoras durante el desempeño de sus actividades.

Anexos

Anexo 3.1: Equipos críticos

Barredora Industrial

El equipo Hako-Jonas 900 de tecnología alemana, ofrece un barrido profesional a un precio atractivo, junto con la demostrada calidad Hako. El grado de maniobrabilidad combinado con el gran rendimiento asegura que la limpieza de zonas de tamaño medio sea fácil y eficiente. El panel de mandos particularmente sencillo permite que cada usuario pueda operar la barredora de forma segura. Hako-Jonas 900 está disponible con tracción hidrostática y motor de gasolina con revoluciones reguladas (Jonas 900 V) para el trabajo en exteriores.



Una palanca de accionamiento en la parte posterior baja los depósitos, para tirar los residuos más grandes o para facilitar su extracción. Los depósitos de residuos se dividen (2x25l.), distribuyendo el peso y facilitando el vaciado.

Sus características técnicas son:

Modelo	Jonas 900
Motor	Gasolina
Potencia Motor (kW)	4,9
Velocidad de Trabajo (km/HR)	6.0
Pendiente Superable (%)	12
Ancho Barr. (cm) / Rend. Teór. (m²/HR)	70 / 4.200
... con 1 cepillo lateral (m²/HR)	95 / 5.700
... con 2 cepillos laterales (m²/HR)	120 / 7.200
Depósito de Residuos	2 x 30
Superficie Filtrante (m²)	3
Eficiencia del filtro (%)	> 99
Sistema de filtrado	Electric
Peso listo para trabajar (kg)	350
Largo x Ancho (mm)	1.500 x 1.000
Alto (mm)	1.330



Aspiradora Industrial

La Aspiradora Industrial para polvo y agua marca Soteco es una máquina para aspirado grandes superficies, con sus ruedas unidireccionales que permiten un fácil traslado. Su motor posee la capacidad suficiente para el aspirado de suciedad de una superficie. Permite el aspirado de agua o líquidos (no combustibles, no tóxicos), como también el aspirado de polvo. Con sus variados accesorios permite llegar a todos los lugares incluyendo rincones. El aspirado de suciedad depositada en las superficies de talleres, en la faena de terminaciones inmobiliarias, aspirado de automóviles. Cuenta con un filtro de poliéster con gran capacidad de filtrado, y es fácil de limpiar para volver a usar.



Es silenciosa y de fácil traslado.

Modelo	Europa 429
Capacidad de estanque (lts)	72
Potencia motor (kW / HP)	2,4 / 3,2
Numero de motores	2
Flujo de aire aspirado (m³ / HR)	340
Depresión columna agua (mm)	2.200
Diámetro accesorios (mm)	38

Hidrolavadora

La Hidrolavadora NorthStar® produce tanto en agua fría y caliente rociado de alta presión, así como rociado de vapor. Limpieza de productos químicos se pueden incorporar en el aerosol si se desea. La bomba de presión para este equipo es alimentado por un motor de combustión interna de gasolina y el agua se calienta por un queroseno/combustible gas oil, quemador de llama abierta. Consiste en un conjunto del caldero es totalmente encerradas en una cámara de moldeado a medida combustión de fibra cerámica refractaria con baja conductividad térmica y resistencia al choque térmico.

Los pequeños detalles hacen una gran diferencia. La bomba Cat utilizada en este alto rendimiento NorthStar hidrolimpiadora ha sido creada con pistones de cerámica de alta calidad para proporcionar la máxima resistencia a la corrosión y la abrasión, lo que ayuda a prolongar la vida útil de la bomba.

La cesta de primera calidad con grandes neumáticos 14 pulgadas, hacen que sea fácil de maniobrar de trabajo en trabajo, ahorrando tiempo y esfuerzo. Un robusto 1¼ in, acero jaula antivuelco completa proporciona la máxima protección, una característica esencial para soportar los duros golpes de los sitios de trabajo.

La Hidrolavadora NorthStar va más allá de la energía y el rendimiento con una larga lista de características de conveniencia. Presión ajustable significa que está listo para prácticamente cualquier trabajo, grande o pequeño. Cheques de aceite de la bomba son rápidos y conveniente usando la mirilla de la mano.

Presión (PSI)	3.000 – 206 Bar
Caudal (GPM)	15 lts x min
Motor	Honda
Capacidad de combustible (lts)	32
HP	13
Cilindrada (cc)	390
Torque bruto	18,5
Bomba	CAT 66DX
Pistola	Industrial entrada trasera w / 3 in lanza
Manguera	15 metros gris de alta presión
Tamaño de acoplamiento (mm)	3/8
Carro	marco de acero w / 1 ¼ in y 14 in tubos neumáticos
Combustible Capacidad del quemador (lts)	32
Tipo de combustible (quemador)	Diesel
Max. Entrada de agua Temp (°C)	60
Max. Temperatura del agua de salida (°C)	120
Motor Tipo de Aceite	SAE30 aceite de motor
Tipo de bomba de aceite	SAE30 no detergente aceite



Compresor

Un Compresor es una máquina de fluido que está construida para aumentar la presión y desplazar cierto tipo de fluidos llamados compresibles, tal como lo son los gases y los vapores. Esto se realiza a través de un intercambio de energía entre la máquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido por el Compresor es transferido a la substancia que pasa por él convirtiéndose en energía de flujo, aumentando su presión y energía cinética impulsándola a fluir.

Al igual que las bombas, los Compresores también desplazan fluidos, pero a diferencia de las primeras que son máquinas hidráulicas, éstos son máquinas térmicas, ya que su fluido de trabajo es compresible, sufre un cambio apreciable de densidad y, generalmente, también de temperatura; a diferencia de los ventiladores y los sopladores, los cuales impulsan fluidos compresibles, pero no aumentan su presión, densidad o temperatura de manera considerable.

El Compresor utilizado por BAILAC es el Compresor Schulz de la línea MAX, modelo de uso profesional, fueron desarrollados con la más avanzada tecnología, para seguir rigurosos modelos internacionales de calidad y garantizar una buena performance con bajos niveles de ruido y de consumo de energía. Los reservorios son producidos dentro de la norma NR 13 del Ministerio del Trabajo de Brasil, tienen prontuario de test hidrostático y son fácilmente adaptados en cualquier ambiente. Además de eso, la durabilidad hace de estos Compresores ideales para talleres mecánicos, de chapa y pintura, gomerías, puestos de servicios y fábricas de muebles, entre otros.

Modelo	MSV30MAX
Potencia	7.5 HP – 5.5 kW
N° de polos	2
Corriente	Trifásico
Flujo de salida (lts/min)	850
Presión de Operación (bar)	9,3 – 12
Tanque (lts)	350
Motor (HP)	7,5



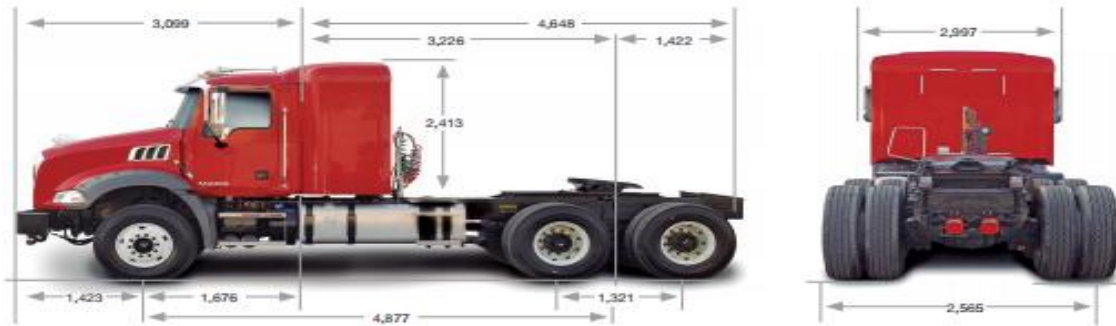
Camión Pluma

El camión Mack modelo Granite Gu 813 Euro 5, es fabricado en EEUU, es el equipo de trabajo formado por un vehículo portante, sobre ruedas, con sistema de propulsión y dirección propia, en cuyo chasis se acopla un aparato de elevación tipo pluma. El camión Mack Granite representa un hito en la ingeniería profesional de camiones. Con una estructura más fuerte, se encuentra especialmente diseñado para el trabajo duro en zonas de construcción, con un motor aún más potente y de alto rendimiento, hasta una cabina que brinda un confort inigualable.

Las características de este camión, son que cuenta con:

- Mack Co-pilot (computador a bordo).
- Bloqueo de diferenciales traseros.
- Radio con Bluetooth y mp3.
- Piso de goma, aislante de calor y ruido.
- Doble pulmón neumático de cabina.
- Visera exterior parasol.
- Espejos laterales abatibles, e incluye espejo cóncavo.
- Salida de 12 volts en litera para accesorios.
- Columna de dirección ajustable en profundidad y altura.
- Un capot de fibra de vidrio montado sobre bujes separados de cabina.
- Paquete de aislación para cabina.
- Aire acondicionado.
- Un cortacorriente exterior.
- Tapabarros de silicona reemplazables.
- Parabrisas de 2 piezas embutido en cabina.
- Un tacógrafo.

A continuación, se muestra una imagen referencial del camión Mack modelo Granite Gu 813 Euro 5 con sus dimensiones en milímetros.



La pluma es una grúa montada de la marca National Crane, modelo 800D es una máquina de 23 toneladas, que cuenta con un aumento de capacidad de 10,5% sobre la 800C. El largo de pluma mejor en su categoría permite al operador realizar más elevaciones sin un plumín. Las cinco configuraciones de montaje disponibles y las cuatro combinaciones básicas de pluma y plumín aseguran adaptabilidad para cualquier trabajo.

Las características de la pluma National Crane modelo 800D, son:

- Cuenta con plumas de tres y cuatro secciones.
- La capacidad máxima es de 23 ton.
- La extensión máxima de la pluma es de 44 in.
- La altura máxima de la punta es de 152 in.
- Prevención del contacto entre bloques interna
- Tiene almohadillas de desgaste “Easy Glide” autolubrificantes.
- Cuenta con un sistema de advertencia de capacidad hidráulica (HCAS) o sistema de indicador del momento de carga (LMI).
- Tiene un sistema hidráulico de tres bombas para servicio severo.
- Cuenta con una extensión de pluma proporcional.



Anexo 3.2: Sueldos del Departamento de Administración del Contrato

Costos de mano de obra

CARGO	SUELDO MENSUAL (\$)	DOTACIÓN DE PERSONAL	TOTAL MENSUAL (\$)	TOTAL ANUAL	
				(\$)	(US\$)
Administrador del contrato	1.426.577	1	1.426.577	17.118.924	27.836
Preveccionista	653.624	1	653.624	7.843.488	12.754
Planificador	879.285	1	879.285	10.551.420	17.157
Metalúrgico	590.322	1	590.322	7.083.864	11.518
Jefe de operaciones	1.084.801	1	1.084.801	13.017.612	21.167
Jefe de turno	550.542	4	2.202.168	26.426.016	42.969
Técnico de neumáticos y cabinas	357.687	22	7.869.114	94.429.368	153.544
Soldador	382.540	14	5.355.560	64.266.720	104.499
Técnico en cabinas	358.401	4	1.433.604	17.203.248	27.973
Técnico en mantenimiento	432.068	4	1.728.272	20.739.264	33.722
Técnico lavador	374.600	4	1.498.400	17.980.800	29.237
Total	Total	57	24.721.727	296.660.724	482.375

Anexo 3.3: Costos de los materiales y/o repuestos

Mantenimiento correctivo actual

	MATERIAL Y/O REPUESTO	COSTO POR UNIDAD (\$)	CAMBIOS AL AÑO	COSTO ANUAL		TOTAL ANUAL	
				(\$)	(US\$)	(\$)	(US\$)
Aspiradora Industrial	Manguera	15.000	3	45.000	73	159.970	260
	Filtro de motor	12.000	2	24.000	39		
	Depósito	20.000	2	40.000	65		
	Válvula de seguridad	10.990	3	32.970	54		
	Motor	18.000	1	18.000	29		
	Acete Lubrificante	5.060	1	5.060	8		
Compresor	Refrigerante	5.590	2	11.180	18	87.230	142
	Válvula	6.990	1	6.990	11		
	Piston	29.000	1	29.000	47		
	Motor	35.000	1	35.000	57		
	Manguera	9.990	1	9.990	16		
	Válvula	10.000	1	10.000	16		
Hidrolavadora	Rodamiento	1.500	1	1.500	2	215.321	350
	Boquilla	5.831	1	5.831	9		
	Motor	169.000	1	169.000	275		
	Bujía	19.000	1	19.000	31		
	Motor	478.900	1	478.900	779		
	Cepillo rotativo	61.500	1	61.500	100		
Barredora Industrial	Escobas laterales	58.260	1	58.200	95	728.403	1.184
	Depósito de basura	17.444	1	17.444	28		
	Tapa de filtros	84.117	1	84.117	137		
	Filtro	28.242	1	28.242	46		

MATERIAL Y/O REPUESTO	COSTO POR UNIDAD (\$)	CAMBIOS AL AÑO	COSTO ANUAL		TOTAL ANUAL		
			(\$)	(US\$)	(\$)	(US\$)	
Motor	1.281.150	1	1.281.150	2.083			
Pistón	180.000	1	180.000	293			
Bomba de agua	260.473	1	260.473	424	2.510.873	4.083	
Válvula	89.250	1	89.250	145			
Caja de cambio	700.000	1	700.000	1.138			
TOTAL					3.701.767	6.019	

Mantenimiento preventivo actual

MATERIAL Y/O REPUESTO	COSTO POR UNIDAD (\$)	CAMBIOS AL AÑO	COSTO ANUAL		TOTAL ANUAL	
			(\$)	(US\$)	(\$)	(US\$)
Manguera	39.990	1	39.990	65		
Filtro	15.623	2	31.246	51		
Aceite	35.938	4	143.752	234	795.638	1.294
Refrigerante	53.550	3	160.650	261		
Disco de freno	70.000	6	420.000	683		

Mantenimiento preventivo propuesto

MATERIAL Y/O REPUESTO	COSTO POR UNIDAD (\$)	CAMBIOS AL AÑO	COSTO ANUAL		TOTAL ANUAL	
			(\$)	(US\$)	(\$)	(US\$)
Manguera	15.000	4	60.000	98		
Filtro de motor	12.000	4	48.000	78		
Depósito	20.000	2	40.000	65	198.970	324
Válvula de	10.990	3	32.970	54		
Motor	18.000	1	18.000	29		

	MATERIAL Y/O REPUESTO	COSTO POR UNIDAD (\$)	CAMBIOS AL AÑO	COSTO ANUAL		TOTAL ANUAL		
				(\$)	(US\$)	(\$)	(US\$)	
Compresor	Aceite Lubrificante	5.060	1	5.060	8			
	Refrigerante	5.590	2	11.180	18			
	Válvula	6.990	3	20.970	34	130.210	212	
	Piston	29.000	2	58.000	94			
	Motor	35.000	1	35.000	57			
	Manguera	9.990	3	29.970	49			
Hidrolavadora	Válvula	10.000	1	10.000	16			
	Rodamiento	1.500	3	4.500	7			
	Boquilla	5.831	3	17.493	28	268.963	437	
	Motor	169.000	1	169.000	275			
	Bujía	19.000	2	38.000	62			
	Bobina	137.500	2	275.000	447			
Barredora Industrial	Motor	478.900	1	478.900	779			
	Cepillo rotativo	61.500	4	246.000	400			
	Escobas laterales	58.260	4	233.040	379	1.252.434	2.036	
	Depósito de basura	17.444	4	69.776	113			
	Tapa de filtros	84.117	2	168.234	274			
	Filtro	28.242	2	56.484	92			
	Motor	1.281.150	1	1.281.150	2.083			
	Piston	180.000	2	360.000	585			
	Bomba de agua	260.473	1	260.473	424			
	Válvula	89.250	2	178.500	290			
Camión Pluma	Caja de cambio	700.000	1	700.000	1.138			
	Manguera	39.990	1	39.990	65	3.895.761	6.335	
	Filtro	15.623	2	31.246	51			
	Aceite	35.938	4	143.752	234			
	Refrigerante	53.550	3	160.650	261			
	Disco de freno	70.000	6	420.000	683			
	Sincronizador	80.000	4	320.000	520			
	TOTAL				5.746.338	9.344		

Anexo 3.4: Hojas de Información RCM II

Hoja de Información RCM II, Subsistema Aspiradora Industrial

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIO DE MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE A/C Y CABINAS		
SUBSISTEMA: ASPIRADORA INDUSTRIAL		MODDO DE FALLA		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	EFECTO DE FALLA		
1 Aspirar el polvo y otras partículas pequeñas de suciedad para mantener de manera óptima el sistema de A/C y de las cabinas.	A Potencia de succión es débil	1	La manguera está obstruida	Genera desgaste del equipo, reduciendo la vida útil de éste; genera problemas en el funcionamiento del equipo; filtraciones y escapes del flujo.
		2	Accesorio obstruido	
		3	Manguera dañada	
		4	La cubierta motor no está asegurada	
		5	La manguera y/o conector no están bien conectados a la aspiradora	
		6	El regulador de succión del mango está abierto	
		7	El filtro del motor está sucio	
		1	Depósito sobrepasa su máximo nivel	
		2	Válvula de seguridad cerrada	
		B	Ruido en el equipo	
C	No funciona			
1	Fallas varias del motor			
		2	Mal encendido del equipo	

Hoja de Información RCM II, Subsistema Compresor

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIOS DE MANTENIMIENTO DE CABINAS, SISTEMAS DE A/C Y MANTENIMIENTO INTEGRAL DE NEUMATICOS Y CADENAS		
		SUBSISTEMA: COMPRESOR		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTO DE FALLA
<p>1</p> <p>Aumentar la presión y desplazar fluidos compresibles como gases y vapores.</p>	<p>A</p> <p>Calor excesivo</p>	1	Sobrecalentamiento	Carbonización del aceite lubricante y la consecuente rotura mecánica del Compresor.
		2	Falta de Refrigerante	Daño en el equipo, provocando su rotura mecánica.
		3	Obstrucciones en el evaporador y falta de ventilación	Alta presión en la cabeza del Compresor y/o baja presión de succión, haciendo excesiva la T° de descarga del Compresor.
		4	Bajo voltaje	Aumento en la corriente eléctrica, provocando calentamiento en los devanados y daño del aislamiento.
	<p>B</p> <p>Retorno del refrigerante líquido</p>	1	Válvula de expansión impropia	Daño en el equipo, provocando su rotura mecánica y quemado de motor.
		2	Mala distribución del aire en el evaporador	
		3	Carga reducida de flujo	
		4	Migración del refrigerante	
		5	Retorno de aceite	
	<p>C</p> <p>Problemas de lubricación</p>	1	Dilución del aceite	Desgaste y posterior rotura del pistón.
		2	Perdida de aceite	Desgaste del equipo.
		3	Viscosidad reducida del aceite	Desgaste del equipo por uso de aceite inadecuado y/o el aceite diluido por el refrigerante.
	<p>D</p> <p>Contaminación del sistema</p>	1	Humedad	Provoca que el equipo se oxide, se corroe, se descomponga el refrigerante o se deteriore el equipo en general.
2		Aceites impropios	Provocan fallas, una inadecuación para uso prolongado.	
3		Suciedad o aire	Producen desequilibrios químicos que provocan la rotura de las moléculas de aceites, provocando la formación de ácidos, incrustaciones o una combinación de ambos.	

Hoja de Información RCM II, Subsystema Hidrolavadora

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIO DE LAVADO DE EQUIPOS			
SUBSISTEMA: HIDROLAVADORA		EFFECTO DE FALLA			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTO DE FALLA	
1 Lavado de equipos y aseo nave.	A Vibraciones en la manguera de alta presión	1	Aspiración de aire	Genera desgaste del equipo, reduciendo la vida útil de éste. Además se genera problemas en el funcionamiento del equipo.	
		2	Cuerpo extraño en una válvula		
		1	Material extraño en equipo		
	B Equipo ruidoso	2	Rodamiento gastado	Genera desgaste de la manguera que puede producir fugas, disminuyendo el flujo.	
		3	T° excesiva del líquido		
		1	Corrosión de la manguera		
	C Disminución del flujo	2	1	Pérdida de hermeticidad en la conexión	Produce filtraciones hacia el exterior de la manguera, lo que conlleva a una disminución de la línea de presión.
			3	Generación de suciedad en la entrada de la manguera	
			1	Boquilla dañada u obstruida	
	D Ausencia de flujo	2	1	Manguera desconectada o mal conectada	Escapa del flujo.
			1	Depósito vacío	
			2	Bujía de encendido sucia	
	E El motor no arranca	3	1	Desconexión por baja de petróleo	Disminuye la disponibilidad del servicio, retrasa la entrega del servicio a los clientes, genera problemas en el funcionamiento del equipo por la mala utilización de éste.
4			Bobina de encendido falla		
5			Fallas varias del motor		
6			Motor frío		
7			Mal encendido del equipo		

Hoja de Información RCM II, Subistema Camión Pluma

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIOS DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE NEUMATICOS Y CADENAS			
SUBSISTEMA: CAMION PLUMA		SUBSISTEMA: CAMION PLUMA			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
<p>1</p> <p>Se utiliza para cargar y descargar mercancías en el propio camión, o para desplazar dichas mercancías dentro del radio de acción de la grúa.</p>	<p>D</p> <p>Motor no arranca</p>	<p>A</p> <p>Perdida de presión de aire del motor</p>	<p>1</p> <p>Manguera de alimentación de aire sucia</p>	<p>Funcionamiento forzado del motor.</p>	
		<p>B</p> <p>Pérdida de fuerza del motor</p>	<p>1</p> <p>Filtro de combustible sucio</p>		
		<p>C</p> <p>Calentamiento del motor</p>	<p>1</p> <p>Manguera de enfriamiento rota</p>		<p>Deterioro del equipo.</p>
		<p>1</p> <p>Uso de pistón alternativo</p>	<p>Provoca una capa de aceite inadecuada, incrementando el desgaste y las posibilidades de una falla catastrófica.</p>		
		<p>2</p> <p>Mal encendido del equipo</p>	<p>Provoca que el motor se recaliente, incrementando el deterioro del equipo.</p>		
		<p>3</p> <p>Bomba de agua defectuosa</p>	<p>Provoca un consumo excesivo de combustible.</p>		
	<p>E</p> <p>Falla en la caja de cambio</p>	<p>1</p> <p>Mal uso del pedal de embrague</p>	<p>4</p> <p>Nivel bajo del refrigerante</p>	<p>Provoca un arranque forzado, un mal funcionamiento de los frenos y de los cambios, aumentando el deterioro del equipo.</p>	
			<p>5</p> <p>Desgaste interno del motor</p>		
			<p>6</p> <p>Válvulas desgastadas</p>		
			<p>2</p> <p>Daños en el disco de freno de caja</p>		
<p>3</p> <p>Uso de aceite inadecuado</p>	<p>3</p> <p>Palanca de cambio entra forzada</p>	<p>4</p> <p>Sincronizador neumático dañado</p>			
	<p>4</p> <p>Palanca de cambio entra forzada</p>	<p>5</p> <p>Sincronizador neumático dañado</p>			
<p>5</p> <p>Sincronizador neumático dañado</p>	<p>5</p> <p>Sincronizador neumático dañado</p>	<p>6</p> <p>Palanca de cambio emite sonidos</p>			
	<p>6</p> <p>Palanca de cambio emite sonidos</p>	<p>6</p> <p>Palanca de cambio emite sonidos</p>			

Hoja de Información RCM II, Subsystema Barredora Industrial

HOJA DE INFORMACIÓN RCM II		SISTEMA: SERVICIO DE ASEO Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA		
SUBSISTEMA: BARREDORA INDUSTRIAL		EFFECTO DE FALLA		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA		EFFECTO DE FALLA
1 Aseo de varias superficies, con el fin de capturar todos los elementos, desde polvo hasta desechos pesados.	A No se puede poner en marcha el equipo	1 Palanca de marcha en otra posición	Disminuye la disponibilidad del servicio, retrasa la entrega del servicio a los clientes, genera problemas en el funcionamiento del equipo por la mala utilización de éste.	
		2 Mal encendido del equipo		
		3 Fallas varias del motor		
	B No barre bien	1 Cepillos rotativos desgastados		
		2 Escobas laterales desgastadas		
		3 Tapa de suciedad llena		
	C Equipo levanta polvo	1 Depósito de basura llena o averiada		
		2 Tapa de suciedad abierta		
		3 Filtro de polvo lleno o roto		

Anexo 3.5: Hojas de Decisión RCM II

Hoja de Decisión RCM II, Subsistema Barredora Industrial

HOJA DE DECISION RCM II		SISTEMA: SERV. DE ASEO Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA										FACILITADOR: NORA MELO - CONSTANZA VASQUEZ		FECHA: MARZO 2015			
REFERENCIA DE INFORMACION		EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS						ANALISIS A FALTA DE				AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO		INTERVALO INICIAL		REALIZARSE POR	
F	FF	FM	H	S	E	O	O ₁	O ₂	O ₃	H ₄	H ₅	S ₆	TAREA PROPUESTA			INTERVALO INICIAL	REALIZARSE POR
1	A	1	N				S						Realizar inspección visual de la palanca de marcha	Cada vez de encendido	Conductor		
		2	N				S						Revisar pasos de encendido de motor	Cada vez de encendido	Conductor		
		3	S	S			N	N	N	S			Revisar estado del motor	Cada 3 meses	Mecánico		
	B	1	N				N	S						Realizar sustitución de cepillos rotativos	Cada 3 meses	Mecánico	
		2	N				N	S						Realizar sustitución de escobas laterales	Cada 3 meses	Mecánico	
		3	N				S							Realizar limpieza de tapa de suciedad	Cada 2 semanas	Mecánico	
	C	1	1	S	N	N	S	S						Realizar limpieza del depósito de basura	Cada 2 semanas	Mecánico	
			2	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de la tapa	1 vez al mes	Mecánico	
			3	S	N	N	S	S						Realizar limpieza de filtro de polvo	Cada 1 semana	Mecánico	

Hoja de Decisión RCM II, Subistema Camión Pluma

HOJA DE DECISION RCM II	SISTEMA: SERV. DE MANTENIMIENTO INTEGRAL DE NEUMATICOS Y CADENAS										FACILITADOR: NORA MELO - CONSTANZA VASQUEZ	FECHA: MARZO 2015								
	SUBSISTEMA: CAMIÓN PLUMA										AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO									
REFERENCIA DE INFORMACION	EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS					ANÁLISIS A FALTA DE					TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR							
	F	FF	FM	H	S	E	O	O ₁ N ₁	O ₂ N ₂	O ₃ N ₃				H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	S ₄	
1	A	1	1	S	S			S									Realizar limpieza en la manguera	Cada 2 meses	Mecánico	
	B	1	1	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio de filtro	Cada 6 meses	Mecánico	
	C	1	1	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio de manguera	Cada 1 año	Mecánico	
	D	1	1	1	S	N	N	S	S									Verificar que el pistón sea el original	Cada 1 año	Mecánico
		2	2	2	S	N	N	S	S									Revisar pasos de encendido de motor	Cada vez de encendido	Conductor
		3	3	3	S	N	N	S	S									Revisar funcionamiento de bomba de agua	Cada 4 meses	Mecánico
		4	4	4	S	N	N	S	S									Revisar nivel de refrigerante	Cada 2 meses	Mecánico
		5	5	5	S	S			N	S								Realizar mantención al motor	Cada 6 meses	Mecánico
		6	6	6	S	S			N	S								Realizar sustitución de válvulas	Cada 6 meses	Mecánico
	E	1	1	1	S	N	N	S	S									Revisar el correcto uso del embrague	Cada vez de encendido	Conductor
		2	2	2	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio de disco de freno	Cada 2 meses	Mecánico
		3	3	3	N				S									Verificar utilización del aceite adecuado	Cada 3 meses	Mecánico
		4	4	4	N				S									Realizar cambio correctamente	Cada vez	Conductor
		5	5	5	S	N	N	S	N	S								Realizar cambio de sincronizador	Cada 3 meses	Mecánico
		6	6	6	S	N	N	S	N	S								Realizar mantención a los cambios	Cada 2 meses	Mecánico

Hoja de Decisión RCM II, Subsistema Hidrolavadora

HOJA DE DECISION RCM II		SISTEMA: SERV. DE LAVADO DE EQUIPOS										FACILITADOR: NORA MELO - CONSTANZA VASQUEZ	FECHA: MARZO 2015		
		SUBSISTEMA: HIDROLAVADORA										AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUENCIAS	H1			H2			H3			ANÁLISIS A FALTA DE	TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR	
		S1	S2	S3	O1	O2	O3	H4	H5	S4					
F	FF	FM	H	S	E	O	O1	O2	O3	H4	H5	S4			
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar monitoreo de presión	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	S					Realizar limpieza de la válvula	Cada 3 meses	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	N	S					Realizar restauración del equipo	Cada 6 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	S					Realizar cambio de rodamiento	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S	S					Realizar monitoreo de la T°	Cada 3 meses	Mecánico
	C	1	S	N	N	S	N	S					Reemplazar mangueras corroídas	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S	S					Realizar monitoreo de hermeticidad	Cada 6 meses	Mecánico
3		S	N	N	S	N	S					Realizar limpieza en la manguera	Cada 3 meses	Mecánico	
1	D	1	S	N	N	S	N	S					Realizar reemplazo de boquillas	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S	S					Verificar conexión de manguera	Cada 6 meses	Mecánico
	E	1	S	N	N	S	S	S					Revisar niveles del depósito	Cada 6 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	S					Realizar limpieza o reemplazo de bujías	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S	S					Revisar niveles de petróleo	Cada 4 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	N	S					Reemplazar bobina de encendido	Cada 6 meses	Mecánico
		5	S	N	N	S	N	S					Realizar chequeo al motor	Cada 4 meses	Mecánico
6	S	N	N	S	S	S					Calentar motor antes de partir	Cada vez de encendido	Conductor		
7	S	N	N	S	S	S					Revisar pasos de encendido de motor	Cada vez de encendido	Conductor		

Hoja de Decisión RCM II, Subistema Aspiradora Industrial

HOJA DE DECISIÓN RCM II		SISTEMA: SERV. DE MANTENIMIENTO DEL SIST. DE A/C Y CABINAS											FACILITADOR: NORA MELO - CONSTANZA VASQUEZ	FECHA: MARZO 2015		
		SUBSISTEMA: ASPIRADORA INDUSTRIAL											AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO			
REFERENCIA DE INFORMACIÓN	EVALUACIÓN DE LAS CONSECUCIAS	H	S	E	O	H ₁	H ₂	H ₃	ANÁLISIS A FALTA DE			TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR		
						O ₁	O ₂	O ₃	H ₄	H ₅	S ₆					
1	A	1	S	N	N	S	N	N				Realizar destape de manguera	1 vez al mes	Mecánico		
		2	S	N	N	S	N	S				Realizar sustitución de accesorio	Cada 2 meses	Mecánico		
		3	S	N	N	S	N	S				Realizar sustitución de manguera	Cada 3 meses	Mecánico		
		4	N				S						Realizar inspección visual de la cubierta	Cada 3 meses	Mecánico	
		5	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de la manguera	Cada 3 meses	Mecánico	
		6	N				S						Realizar inspección visual del regulador	Cada 3 meses	Mecánico	
	B	7	S	N	N	S	N	N	S				Realizar sustitución del filtro	Cada 3 meses	Mecánico	
		1	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Jefe	
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de la válvula	Cada 3 meses	Mecánico	
		1	S	N	N	S	N	N	S				Revisar estado del motor	Cada 3 meses	Mecánico	
		C	2	S	N	N	S	S						Revisar pasos de encendido de motor	Cada vez de encendido	Conductor

Hoja de Decisión RCM II, Subsistema Compresor

HOJA DE DECISION RCM II		SISTEMA: SERV. DE MANTENIMIENTO DE CABINAS, SIST. DE A/C Y MANTENIMIENTO INTEGRAL DE NEUMATICOS Y CADENAS										FACILITADOR: NORA MELO - CONSTANZA VASQUEZ	FECHA: MARZO 2015	
		SUBSISTEMA: COMPRESOR										AUDITOR: JEFE DE DEPARTAMENTO ADM. DEL CONTRATO		
REFERENCIA DE INFORMACION	EVALUACION DE LAS CONSECUENCIAS	H ₁	H ₂	H ₃	ANÁLISIS A FALTA DE						TAREA PROPUESTA	INTERVALO INICIAL	A REALIZARSE POR	
					O ₁	O ₂	O ₃	H ₄	H ₅	S ₆				
F	FM	H	S	E	O	N ₁	N ₂	N ₃	H ₄	H ₅	S ₆			
1	A	1	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo a la T°	1 vez al mes	Mecánico
		2	N			S						Realizar inspección del nivel de refrigerante	Cada 2 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	N	S				Realizar limpieza para desobstruir el evaporador	Cada 4 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo de voltaje	1 vez al mes	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	N	S				Realizar cambio de válvula de expansión	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	N	S				Realizar reacondicionamiento del evaporador	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S					Revisar visualmente el nivel de carga del flujo	Cada 2 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo al nivel de refrigerante	Cada 2 meses	Mecánico
	C	5	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo al nivel de aceite	Cada 3 meses	Mecánico
		1	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo a la viscosidad	Cada 2 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo al nivel de aceite	Cada 2 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo a la viscosidad	Cada 2 meses	Mecánico
D	1	S	N	N	S	S					Realizar monitoreo de humedad	1 vez al mes	Mecánico	
	2	S	N	N	S	N	S				Realizar cambio de aceites compatibles	Cada 3 meses	Mecánico	
	3	S	N	N	S	S					Realizar limpieza del sistema	Cada 2 meses	Mecánico	

Anexo 3.6: Imágenes de los servicios prestados

Servicio de Lavado de equipos



Servicio de Mantenimiento de A/C y cabinas



Servicio de Mantenimiento integral de neumáticos y cadenas



Servicios de Soldadura especial y SERM



Anexo 3.7: Procedimientos operativos estándar (POE)

POE subsistema Aspiradora Industrial

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: ASPIRADORA INDUSTRIAL	
INTERVALO	REALIZADO POR
MENSUAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Inspección visual</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Detener el suministro de electricidad. 3- Realizar inspección de la manguera y realizar limpieza en caso de haber suciedad. 4- Asegurar cubierta del motor. 5- Chequear si el depósito se encuentra vacío, si esto no ocurre se debe proceder a vaciar. 6- Conectar el equipo al suministro eléctrico. 7- Despejar zona de trabajo. 	
TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Mantenimiento interno</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Quitar accesorios que obstruyen la aspiradora. 3- Cambiar la manguera si ésta se encuentra dañada. 4- Verificar si la manguera o el conector se encuentran correctamente conectados. 5- Corroborar que el regulador de succión del mango se encuentre cerrado. 6- Verificar que el equipo se está prendiendo de forma correcta. 7- Inspeccionar la válvula de seguridad para asegurarse que mientras el equipo se encuentre en funcionamiento esta se mantenga abierta. 8- Realizar una inspección visual de los componentes internos y una limpieza de estos, si se encuentran sucios. 9- Si se encuentra algún componente dañado, se debe sustituir para continuar con el funcionamiento del equipo. <p><i>Revisión del cableado</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 10- Hacer revisión visual del estado en que se encuentra el cableado. 11- Si algún cable se encuentra desconectado se debe proceder a realizar la reconexión de este. 12- En caso de que algún cable se encuentre en mal estado se debe realizar el cambio de este. 13- Realizar limpieza constante del cableado. 	

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: ASPIRADORA INDUSTRIAL	
INTERVALO	REALIZADO POR
PREVENTIVO	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Sustitución de la manguera</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Verificar si la aspiradora se encuentra desconectada. 3- Hacer inspección interna y externa de la manguera. 4- Desconectar la manguera que será sustituida. 5- Instalar la nueva manguera. 6- Realizar inspección de la nueva instalación. 7- Despejar zona de trabajo. 	

POE subsistema Compresor

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: COMPRESOR	
INTERVALO	REALIZADO POR
MENSUAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Inspección visual</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Cortar el suministro eléctrico que alimenta al Compresor. 3- Verificar que el equipo no se encuentra sobrecalentado. 4- Realizar inspección visual del estado en que se encuentran los cables. 5- Si algún cable se encuentra dañado se debe proceder a hacer cambio de este. 6- Hacer limpieza de cables sucios. 7- Verificar si el equipo contiene el refrigerante necesario para su correcto funcionamiento. 8- Verificar si el Compresor tiene la ventilación necesaria. 9- Controlar el nivel de aceite que mantiene el equipo. 10- Controlar la humedad del equipo. 11- Restablecer el suministro eléctrico. 12- Despejar zona de trabajo. 	
TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Mantenimiento interno</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Cortar el suministro eléctrico que alimenta al Compresor. 3- Realizar inspección interna del equipo. 4- Si se observa daño de algún componente se debe proceder a hacer cambio de este. 5- Verificar si el equipo tiene rotura mecánica interna. 	

6- Verificar si hay obstrucciones en el evaporador. 7- Revisar si el voltaje es el adecuado para el funcionamiento del equipo. 8- Chequear que no hay fugas de refrigerante o de aceite. 9- Verificar que el pistón se encuentra en buen estado. 10- Chequear si el equipo presenta oxidación interna. 11- Restablecer el suministro eléctrico.	
PREVENTIVO	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Cambio de válvula</i></p> 1- Definir zona a intervenir. 2- Verificar que el Compresor se encuentra desconectado. 3- Visualizar el lugar donde se encuentra la válvula de seguridad. 4- Verificar que la válvula se encuentre cerrada antes de retirarla. 5- Retirar válvula que será cambiada, retirando los tornillos y los pernos. 6- Instalar nueva válvula según especificaciones establecidas. 7- Restablecer suministro eléctrico. 8- Despejar zona de trabajo.	

POE subsistema Camión Pluma

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: CAMIÓN PLUMA	
INTERVALO	REALIZADO POR
MENSUAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Inspección visual</i></p> 1- Definir zona a intervenir. 2- Inspeccionar visualmente el estado en que se encuentra el camión. 3- Abrir estanque de combustible para inspeccionarlo. 5- Inspeccionar ruedas del camión para verificar que se encuentran con la presión necesaria. 7- Verificar que la temperatura del camión es la adecuada. 8- Despejar zona de trabajo.	
TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Mantenimiento interno</i></p> 1- Definir zona a intervenir. 2- Hacer inspección del motor para asegurarse que se encuentra en buen estado. 3- Hacer inspección del filtro de combustible para verificar que no tenga alguna fuga. 4- Revisar el pistón, si este se encuentra en mal estado se debe reemplazar. 5- Controlar constantemente el nivel de aceite que mantiene el camión. 6- Realizar inspección de la bomba de agua.	

- 7- Controlar constantemente el nivel de refrigerante que se mantiene.
- 8- Hacer inspección de las válvulas, si se encuentran gastadas se debe hacer cambio de estas.
- 9- Revisar el nivel de consumo de combustible que mantiene el equipo.
- 10- Hacer inspección del pedal de embrague para verificar que este no está fallando.
- 11- Revisar los discos de frenos para asegurarse que estos no fallen.
- 12- Hacer inspección de la palanca y caja de cambio.
- 13- Despejar zona de trabajo.

PREVENTIVO**TÉCNICO EN MANTENIMIENTO*****Sustitución del pistón***

- 1- Definir zona a intervenir.
- 2- Verificar que el camión se encuentra apagado.
- 3- Hacer inspección interna y externa del pistón.
- 4- Retirar el pistón que será reemplazado.
- 5- Instalar el nuevo pistón.
- 6- Realizar supervisión de la nueva instalación.
- 7- Despejar zona de trabajo.

POE subsistema Hidrolavadora**PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR****SUBSISTEMA: HIDROLAVADORA****INTERVALO****REALIZADO POR****MENSUAL****TÉCNICO EN MANTENIMIENTO*****Inspección visual***

- 1- Definir zona a intervenir.
- 2- Detener el suministro eléctrico que alimenta la Hidrolavadora.
- 3- Abrir cubierta para realizar la inspección visual del equipo.
- 4- Revisar manguera para ver si esta se encuentra en buen estado.
- 5- Verificar que dentro del equipo no se encuentre ningún cuerpo extraño.
- 6- Revisar todos los rodamientos para ver si alguno se encuentra gastado.
- 7- Realizar lecturas constantes de la T° del líquido para asegurar que este no exceda la T° máxima.
- 8- Cerrar cubierta del equipo.
- 9- Restablecer el suministro el eléctrico.
- 10- Despejar zona de trabajo.

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: HIDROLAVADORA	
INTERVALO	REALIZADO POR
TRIMESTRAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Mantenimiento interno</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Revisar todo el equipo para ver si este se encuentra con alguna fuga. 3- Controlar cantidad del flujo que debe tener la Hidrolavadora. 4- Revisar si el equipo presenta filtraciones. 5- Medir la presión en los tiempos estipulados. 6- Realizar limpieza profunda del equipo. 7- Verificar si la manguera se encuentra conectada de la forma correcta. 8- Verificar boquilla, si hay alguna falla se debe proceder a hacer cambio de esta. 9- Hacer chequeo constante del estado en que se encuentra el motor. 10- Despejar zona de trabajo. 	
PREVENTIVO	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Cambio de válvula</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Verificar que el Compresor se encuentra desconectado. 3- Visualizar el lugar donde se encuentra la válvula de seguridad. 4- Verificar que la válvula se encuentre cerrada antes de retirarla. 5- Retirar válvula que será cambiada, retirando los tornillos y los pernos. 6- Instalar nueva válvula según especificaciones establecidas. 7- Restablecer suministro eléctrico. 8- Despejar zona de trabajo. 	

POE subsistema Barredora Industrial

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR	
SUBSISTEMA: BARREDORA INDUSTRIAL	
INTERVALO	REALIZADO POR
MENSUAL	TÉCNICO EN MANTENIMIENTO
<p><i>Inspección visual</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1- Definir zona a intervenir. 2- Cortar suministro eléctrico que alimenta al equipo. 3- Probar la marcha del equipo para ver si está funcionando bien. 4- Hacer inspección de la palanca de marcha. 5- Hacer inspección visual del motor para ver si se encuentra en buen estado. 6- Hacer inspección visual de los cepillos y escobas. 	

- 7- Revisar si el depósito de suciedad se encuentra lleno.
8- Despejar zona de trabajo.


TRIMESTRAL**TÉCNICO EN MANTENIMIENTO*****Mantenimiento interno***

- 1- Definir zona a intervenir.
- 2- Cortar suministro eléctrico que alimenta al equipo.
- 3- Hacer inspección de suciedad de todo el equipo, si se encuentra sucio se debe proceder a limpiar.
- 4- Revisar en qué posición se encuentra la palanca de marcha.
- 5- Probar el encendido del equipo para verificar que está funcionando en forma correcta.
- 6- Realizar inspección interna del motor.
- 7- Hacer inspección interna de los cepillos y escobas, si alguno se encuentra en mal estado se debe sustituir.
- 8- Realizar inspección interna del depósito de basura para ver si se encuentra en buen estado.
- 9- Verificar que la tapa de suciedad se cierra y abre en forma correcta.
- 10- Hacer inspección interna del filtro de polvo, si este se encuentra en mal estado se debe sustituir.
- 11- Despejar zona de trabajo.

PREVENTIVO**TÉCNICO EN MANTENIMIENTO*****Cambio cepillo rotativo***


- 1- Definir zona a intervenir.
- 2- Verificar que la Barredora Industrial se encuentre desconectada.
- 3- Realizar inspección interna y externa del cepillo para verificar que se encuentra efectivamente en mal estado.
- 4- Quitar el cepillo rotativo que se encuentra en mal estado.
- 5- Instalar el nuevo cepillo que reemplazará el anterior.
- 6- Realizar supervisión del trabajo para verificar que se realizó de forma correcta.
- 7- Restablecer el suministro eléctrico del equipo.
- 8- Despejar zona de trabajo.

Anexo 3.8: Manual de procedimiento: Mantenimiento de equipos y máquinas

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 1 de 17


MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS

ELABORADO POR	REVISADO POR	APROBADO POR	EN REVISION
CONSTANZA VASQUEZ NORA MELO	DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION DEL CONTRATO	JEFE DE MANTENIMIENTO	Versión : 00

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 2 de 17

INDICE

CARATULA	1
INDICE	2
1. MODIFICACIONES	3
2. OBJETIVO	3
3. CAMPO DE APLICACIÓN	3
4. POLITICA	3
5. DEFINICIONES	3
6. DESARROLLO	4
7. SITUACIONES EXCEPCIONALES	5
8. RESPONSABILIDADES	5
9. ARCHIVOS Y REGISTROS ASOCIADOS	5
10. DOCUMENTOS ASOCIADOS	5
11. ANEXOS	7

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 3 de 17

1. MODIFICACIONES

REVISION N°	FECHA	PAGINA	MODIFICACION	CAUSA DE LA MODIFICACION

2. OBJETIVOS

El presente documento establece el procedimiento para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo a los equipos y máquinas de la empresa BAILAC SAN LTDA., con el fin de asegurar su desempeño confiable.

3. CAMPO DE APLICACION

Este procedimiento se aplica para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo de todos los equipos y máquinas de la empresa BAILAC SAN LTDA.


4. POLITICA

Mantener operativo los equipos y máquinas de BAILAC SAN LTDA.

5. DEFINICIONES

- **Mantenimiento Correctivo:** Es aquel que se realiza cuando el equipo se avería, con el fin de devolverlo a sus condiciones normales de trabajo.

- **Mantenimiento Preventivo:** Tareas de revisión de los elementos del equipo con el fin de detectar a tiempo posibles fallos, además de labores de engrase, ajustes, limpieza, entre otros.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 4 de 16

6. DESARROLLO

Cuando el Jefe o los operarios del Departamento de Administración del Contrato observen un fallo o problema en el equipo o la máquina, se avisa al Responsable de Mantenimiento para que proceda a gestionar su reparación.

Las averías o labores de mantenimiento, en caso de ser resueltas con medios propios se anotan en la ficha de mantenimiento de la máquina, indicando las horas de paro, los materiales utilizados y su costo. En el caso de que se contrate la reparación, se anota en la ficha del equipo la descripción de la tarea, la referencia del parte de trabajo, albarán o factura de la reparación y las horas de paro de la máquina.


Al menos una vez al año, el Responsable de Mantenimiento estudia el mantenimiento realizado durante el ejercicio anterior y propone acciones de mejora para el periodo siguiente (búsqueda de proveedores de repuestos o consumibles, variación en la frecuencia del mantenimiento de cierto equipo, cambiar el modo de mantenimiento de un equipo de correctivo a preventivo o viceversa, propuestas de formación, mejoras en la maquinaria, entre otros.).

El Responsable de Mantenimiento es responsable de analizar y presentar en la revisión del sistema, los datos más representativos del plan de mantenimiento realizado así como los recursos que estime necesarios adquirir. En estas revisiones se estudiará la conveniencia o no de las propuestas.

Todas las labores de reparación y mantenimiento han de quedar registradas en el formato “Historial de Revisiones/Reparaciones” (Ver Anexo D), siendo responsabilidad del Responsable de Mantenimiento que esto se lleve a cabo, bien por él, o bien por el personal responsable del equipo o máquina si es el caso.

Mientras no se indique lo contrario en el “Listado de equipos y máquinas bajo mantenimiento” (Ver Anexo A), se aplicará Mantenimiento Correctivo. No obstante, es indispensable recoger en el “Historial de Revisiones/Reparaciones” (Ver Anexo D) los trabajos que se realicen en estos equipos y máquinas sea cual sea el tipo de mantenimiento aplicado.

En caso de aplicar Mantenimiento Preventivo, se debe determinar previamente un “Plan de Mantenimiento” (Ver Anexo B) en el que se indicarán las labores a realizar y su periodicidad. Estos planes de mantenimiento son elaborados por el Responsable de Mantenimiento, con ayuda de Oficina Técnica si es necesario, y son aprobados por Gerencia tras la revisión anual del sistema de gestión de calidad o tras una revisión extraordinaria si es necesario.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 5 de 17

7. SITUACIONES EXCEPCIONALES

En principio, se excluyen de este procedimiento aquellas máquinas y equipos cuyo funcionamiento no afecte sustancialmente a la calidad de los materiales y/o servicios prestados por empresa a sus clientes (impresoras, fotocopiadoras, entre otros.). En cualquier caso, tras la revisión del sistema de gestión de calidad, se puede estudiar la posibilidad de incluir algunos de estos equipos en función del costo de reparación, del valor del equipo, entre otros. Estas inclusiones quedan reflejadas en el Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento. (Ver Anexo A)

8. RESPONSABILIDADES


En general, los trabajos de mantenimiento y reparación son realizados por el Responsable de Mantenimiento y el personal a su cargo, a excepción de aquellas labores que puedan ser realizadas con eficacia y eficiencia por el personal responsable de la máquina o equipo correspondiente.

Además, el personal es responsable de mantener los documentos generados por este procedimiento en buenas condiciones, evitando su deterioro o pérdida.

El departamento de Planificación y Control posee copia de los formatos necesarios para este proceso, y velará por el correcto cumplimiento del mismo.

9. ARCHIVOS Y REGISTROS ASOCIADOS

ARCHIVO/REGISTRO	PROPIETARIO	TIEMPO RETENCION
Reg. Listado de Equipos bajo Mantenimiento	Responsable Mantenimiento	> 3 años
Reg. Plan de Mantenimiento	Responsable Mantenimiento	> 3 años
Reg. Ficha Equipo	Responsable Mantenimiento	Indefinido
Reg. Historial revisiones y reparación	Responsable Mantenimiento	Indefinido

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 6 de 17

10. DOCUMENTOS ASOCIADOS

El responsable del Mantenimiento dispone de la siguiente documentación para gestionar el mantenimiento de equipos y máquinas.

- Listado de equipos y maquinas bajo mantenimiento
- Hoja de Vida del equipo
- Plan de Mantenimiento de equipos y máquinas
- Plan de Mantenimiento Preventivo
- Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal
- Ficha Técnica de equipos y máquinas
- Listado General de Partes
- Historial de revisiones y reparaciones
- Diagrama del Proceso


A continuación se explica la utilidad y el uso de cada uno de estos documentos.

Listado de equipos y máquinas Bajo Mantenimiento; Hoja de vida del equipo

Lista de todas las máquinas y equipos que van a ser objeto de este procedimiento (Ver Anexo A y B). Este Listado de Equipos y Máquinas Bajo Mantenimiento será elaborado por el Responsable de Mantenimiento, y aprobado por Gerencia. En esta lista se indica el código de cada máquina, su descripción y también el tipo de mantenimiento que va a tener. Por defecto, el mantenimiento será correctivo (se arregla cuando ocurre avería), hasta que se demuestre y apruebe que un mantenimiento preventivo (se revisa, engrasa, ajusta, entre otros., antes de que falle, en periodos programados y periódicos) pueda resultar económico para la empresa y permita evitar deficiencias en el servicio prestado, teniendo en cuenta las horas de paro, personal necesario, pérdidas por no-mantenimiento, entre otros.

Plan de Mantenimiento de equipos y máquinas; Plan de Mantenimiento Preventivo

En caso de aprobarse el mantenimiento preventivo, el Responsable de Mantenimiento (con ayuda de oficina técnica o fuentes externas si es necesario), debe elaborar un Plan donde se reflejen las tareas periódicas a realizar para minimizar o hacer desaparecer las averías imprevistas que el equipo o máquina pueda sufrir. El Plan de Mantenimiento Preventivo es individual para cada una de las máquinas y/o equipos.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 7 de 17

En caso de optar por mantenimiento correctivo no se rellena este formato, por carecer de sentido, aunque se siguen registrando las labores de mantenimiento en el historial del equipo.

Ficha Técnica del equipo o máquina; Listado General de Partes

Documento donde se reflejan datos del equipo o máquina, tales como código, fabricante, fecha de entrada en la empresa, fecha de fabricación, descripción, situación en el almacén y otros datos de interés, como número de serie, entre otros.

Se recogen aquí además, datos de contacto de las personas que suministraron el equipo, representantes de la zona, entre otros., que pudieran ser de interés ante cualquier avería o consulta. Existe una Ficha Técnica para cada equipo o máquina bajo mantenimiento.

Además de la ficha técnica, el Responsable de Mantenimiento archiva otros documentos relacionados con el equipo o máquina, como pueden ser catálogos, manual del usuario, esquemas de funcionamiento, instrucciones de uso, medidas preventivas a tomar para evitar riesgos sobre las personas y material, entre otros., y el resto de documentos citados en este procedimiento. (Ver Anexos F y G)


Historial de Revisiones y Reparaciones; Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal

Formato en el que se registra cada una de las operaciones realizadas en el equipo o máquina, tanto si se trata de mantenimiento preventivo como correctivo.

En caso de que sea necesaria la sustitución o reparación de un componente del equipo o de la máquina, se anota en el campo correspondiente de la ficha, así como la fecha, las horas de parada, el importe del repuesto/reparación, entre otros., con el fin de que el Responsable de Mantenimiento lleve un control de repuestos y gastos.

Existe un historial de revisiones y reparaciones para cada equipo y/o máquina bajo mantenimiento. (Ver Anexos E y H).

NOTA: En el Departamento Planificación y Control se guardan los formatos necesarios en este proceso.


	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 8 de 17

11. ANEXOS

Para dicho Manual de Procedimiento, se generaron diferentes documentos, los cuales se presentan a continuación en los Anexos. Estos documentos sirven para la aplicación, control y estandarización de éste manual.


- **Anexo A:** Listado de Equipos y Máquinas bajo Mantenimiento.

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-01	PAG. DE
Fecha Aprobación:		Fecha Próxima Evaluación:	
LISTADO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS BAJO MANTENIMIENTO			
MAQUINA/EQUIPO	CODIGO	CORRECTIVO	PREVENTIVO
APROBACIÓN DEL LISTADO			
Fecha:		Firma	
ELABORADO POR:		V° B° GERENCIA	
OBSERVACIONES:			

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 9 de 17


- **Anexo B:** Hoja de Vida del Equipo

MDP - MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-02		PAG. DE		
HOJA DE VIDA DEL EQUIPO					N°	
Nombre del equipo		Código		Sección		
Fecha de adquisición		Factura N°		Garantía		
Modelo		Serie		Ubicación		
Dimensiones		Peso		Valor		
DATOS FABRICANTE						
Nombre		Representante				
Dirección		Fax				
E-mail		Teléfono				
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS						
Voltaje		Resistencia		Agua		
Consumo		Tipo de control		Aire		
Potencia		Tipo de operación		Vapor		
INTERVENCIONES REALIZADAS AL EQUIPO						
N°	Fecha	Descripción de la Actividad	Repuestos	Materiales	Tiempo	Responsable
1	ENTREGA EQUIPO					QUIEN RECIBE
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 10 de 16

- **Anexo C:** Plan de Mantenimiento de Equipos y Máquinas.

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	REGISTRO-MANT-03	PAG. DE
Fecha Aprobación:	Fecha Próxima Revisión:	
PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
MAQUINA/EQUIPO		CODIGO
APROBACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Fecha:	Firma	
ELABORADO POR:	V° B° GERENCIA	
OBSERVACIONES:		

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 11 de 17

- **Anexo D:** Plan de Mantenimiento Preventivo


MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS					REGISTRO-MANT-04				PAG. DE	
PLAN MAESTRO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO									N°	
REGISTRO Y CONTROL					Nombre:		Código:		Ubicación:	
MES	SEMANA				FRECUENCIA				OBSERVACIÓN	
	1 ^a	2 ^a	3 ^a	4 ^a	MEN.	TRIM.	SEM.	ANU.		
ENE										
FEB										
MAR										
ABR										
MAY										
JUN										
JUL										
AGO										
SEP										
OCT										
NOV										
DIC										

FORMATO-MANT-04

Simbología:


L = Lubricación.	I = Inspección.	IT=Inspección de Tortillería
M = Mecánico.	R = Reparación.	MGA=Mantenimiento General Anual
E = Eléctrico.	A = Aseo.	MPS=Mantenimiento Parcial Semestral
EE = Electrónico.	C = Cambio.	
H = Hidráulico.	CP = Completar.	

Observación: Los mantenimientos se realizaran teniendo en cuenta las inspecciones generales y estado o condición de las partes o elementos, así como la vida útil recomendada.

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 12 de 17


- **Anexo E:** Hoja de Rutina de Inspección y Limpieza Semanal

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-05	PAG.	DE
HOJA DE RUTINA DE INSPECCIÓN Y LIMPIEZA SEMANAL				N°
Nombre equipo		Código		Ubicación
Marca		Modelo		Serie
FOTO EN EXPLOSION DE PARTES PRINCIPALES DEL EQUIPO A INSPECCIONAR				
No.	Rutina de Trabajo	Sistema / Partes/Estado y Criticidad / Observaciones y Recomendaciones para ejecución de Mantenimiento		
1	Limpieza General			
2	Inspección y Ajuste			
3	Lubricación General			
4	Inspección Periódica Programada			

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 13 de 17

- **Anexo F:** Ficha Técnica de Equipos y Máquinas.


MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-06	PAG. DE
FICHA TÉCNICA DE LA MAQUINA/EQUIPO			
CÓDIGO		FABRICANTE	
FECHA ENTRADA		FECHA FABRICACIÓN	
DESCRIPCIÓN			
CONTACTOS			
NOMBRE	CARGO	EMPRESA	TELÉFONO
IMAGEN DE LA MÁQUINA/EQUIPO			

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 14 de 17

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-07	PAG. DE
FICHA TÉCNICA			N°
Nombre del equipo	Código	Dependencia	
Marca	Modelo	Serie	
Factura	Garantía N°	Ubicación	
Proveedor	Documentos	Cantidad	
Dirección:	Planos:		
E mail:	Manuales:		
Teléfono:	Catálogos:		


DIMENSIONES, CARACTERÍSTICAS GENERALES Y EQUIPO AUXILIAR:

REQUERIMIENTOS ESPECÍFICOS DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN:

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 15 de 17


- **Anexo G:** Listado General de Partes

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS		REGISTRO-MANT-08	PAG.	DE	
LISTADO GENERAL DE PARTES Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES					N°
Fecha		Nombre del equipo			
Sección		Ubicación del equipo		Código	
N°	Descripción General	Código	Material	Cantidad	Dimensiones
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
Observaciones:					

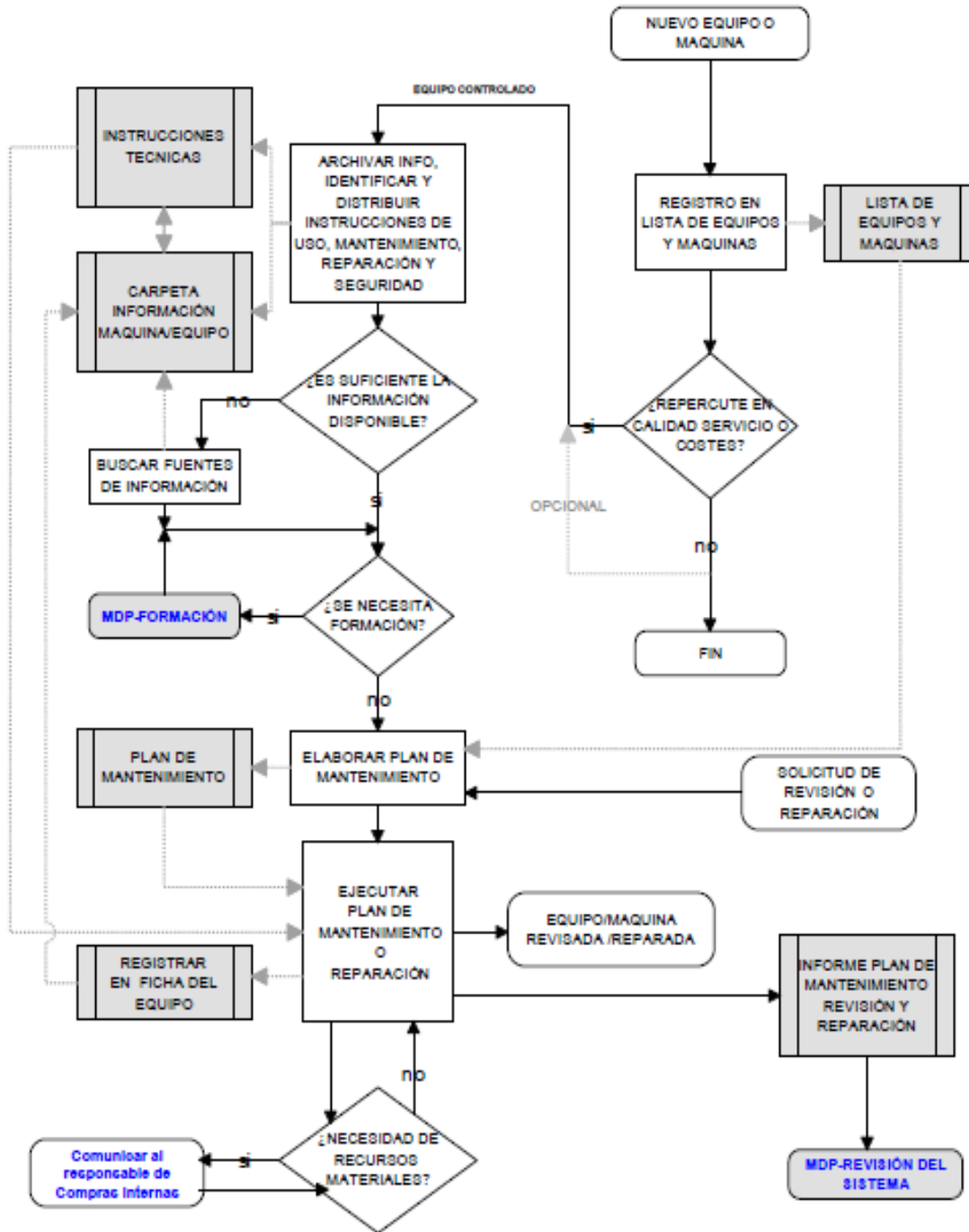
	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	Revisión:
		Fecha:
		Página: 16 de 17

- **Anexo H:** Historial de Revisiones y Reparaciones.

MDP-MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	REGISTRO-MANT-09	PAG. DE
HISTORIAL DE REVISIONES/REPARACIONES		
MÁQUINA/EQUIPO		CÓDIGO
TAREA (DESCRIPCIÓN, HRS., PERSONAL, REPUESTOS, IMPORTE, ETC.)		HORA/FECHA
		INICIO
		FINALIZACIÓN
		INICIO
		FINALIZACIÓN
		INICIO
		FINALIZACIÓN

	MANUAL DE PROCEDIMIENTO	Código: MDP-01-BSL
	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS Y MÁQUINAS	
	Revisión:	
	Fecha:	
		Página: 17 de 17

• **Anexo I:** Diagrama del Proceso



Bibliografía

[**Aguilar,Torres&Magaña0?**] José R. Aguilar Otero, Rocío Torres Arcique, Diana Magaña Jiménez. “*Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad*”. Corporación Mexicana de Investigación en Materiales, Edición 25.

[**Améndola06**] Luis José Améndola. “*Gestión de Proyectos de Activos Industriales*”. Editorial de la UPV, 2006

[**Arata&Furlanetto05**] Adolfo Arata & Luciano Furlanetto. “*Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento*”. Editorial Ril, 2005.

[**BAILAC SAN LTDA.**] www.BAILAC.cl

[**Cuartas08**] Luis Alberto Cuartas Pérez. “*¿Qué es un mantenimiento mecánico?*”. Universidad Nacional de Colombia, 2008.

[**DMLE07**] Diccionario Manual de la Lengua Española Vox. Editorial Larousse, S.L, 2007.

[**DRAE14**] Diccionario de la Real Academia Española. Edición 23, 2014.

[**EjércitoEEUU49**] Ejército de EEUU. “*Procedimiento para la ejecución de un AMEF*”. Procedimiento Militar MIL-P-1629, 1949.

[**Espinosa0?**] Fernando Espinosa Fuentes. “*Gestión del Mantenimiento Industrial*”. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ing. Mecánica. Universidad de Talca.

[**García03**] Santiago García Garrido. “*Organización y gestión integral de mantenimiento*”. Ediciones Díaz de Santos, S.A. 2003.

[**González05**] Francisco Javier González Fernández. “*Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado*”. Editorial FC, 2005.

[**Juran91**] Joseph M. Juran & Frank M. Gryna. “*Quality Planning and Analysis*”. Editorial McGraw-Hill, 1991.

[**Kotler,Bloom&Hayes04**] Kotler Philip, Bloom Paul y Hayes Thomas. “*El marketing de Servicios Profesionales*”. Editorial Paidós SAICF, 2004.

[**Meruane0?**] Viviana Meruane. “*Gestión de Activos Físicos*”. Facultad de Cs. Físicas y Matemáticas, Departamento de Ing. Mecánica. Universidad de Chile.

[**Moubray04**] John Moubray. “*Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM II*”. Edición en Español, 2004.

[**Linston&Turoff75**] H. Linston & M. Turoff. “*The Delphi Method. Techniques and Applications*”. Addison-Wesley, 1975.

[**Olives0?**] Ramon Olives Masip. “Mantenimiento preventivo”. Departamento de Empresa y Empleo Barcelona.

[**PCManagement11**] “*Manual del Ingeniero de Mantenimiento*”. Editorial PC Management, 2011.

[**Pinto97**] A. K. Pinto. “*Contratação por Disponibilidade*”. 12° Congresso Brasileiro de Manutenção, Sao Paulo, 1997.

[**R&D57**] Grupo Asesor de confiabilidad de equipos electrónicos militares, Oficina del Subsecretario de Defensa (R&D). “*Informe AGREE*”. 1957

[**RepsolYPF05**] Repsol YPF. “*Estudio de Criticidad de equipos*”. Ingeniería de Mantenimiento, Staff técnico ABB, 2005.

[**Suárez03**] Daniel Suárez Rovello. “*Diseño de un Plan de Mantenimiento para la Infraestructura e Instalaciones Técnicas de los Túneles de Guayaquil*”. Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica, 2003.

[**Tavares00**] Lourival Augusto Tavares. “*Administración Moderna de Mantenimiento*”. Novo Polo Publicaciones, 2000.

[**Wolfgang99**] F. E. Wolfgang Schuch. “*Manual de la técnica del automóvil*”. Editorial Reverté, 1999.