

U N I V E R S I D A D   D E   C O N C E P C I O N

FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES

Departamento Manejo de Bosques y Medio Ambiente

SISTEMA DE GESTION Y CONTROL PARA LA MANTENCION DE EQUIPOS  
DE TRANSPORTE FORESTAL DE EMPRESAS DE SERVICIOS QUE OPERAN  
EN BOSQUES ARAUCO S.A.



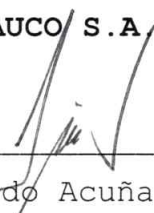
MEMORIA PARA OPTAR  
AL    TITULO    DE  
INGENIERO FORESTAL.

CONCEPCION - CHILE

2001

**SISTEMA DE GESTION Y CONTROL PARA LA MANTENCION DE  
EQUIPOS DE TRANSPORTE FORESTAL DE EMPRESAS DE SERVICIOS QUE  
OPERAN EN BOSQUES ARAUCO S.A.**

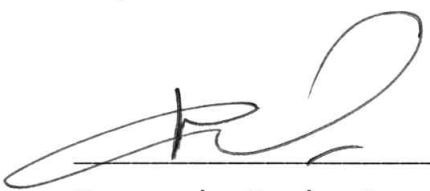
Profesor Asesor



---

Eduardo Acuña Carmona  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal.


Profesor Asesor



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal.

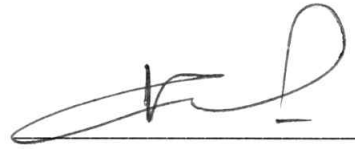
Director Departamento  
Manejo de Bosques y  
Medio Ambiente



---

Manuel Lineros Parra  
Profesor Asistente  
Ingeniero Forestal; M.Sc.

Decano Facultad de  
Ciencias Forestales



---

Fernando Drake Aranda  
Profesor Asociado  
Ingeniero Forestal

Calificación de la memoria de título:

Eduardo Acuña Carmona	: 90 puntos (noventa)
Fernando Drake Aranda	: 90 puntos (noventa)



*Dedicado a mis padres Elvira y Arturo,  
y a mis hermanos Gustavo y Brenda.*

**AGRADECIMIENTOS**

En estas líneas quisiera dar las gracias a todos y cada uno de los que con su apoyo, ayuda y compañía, hicieron posible, no tan solo, la realización de esta memoria sino que además, me permitieron formarme como Ingeniero Forestal y como persona.

Le doy gracias a Dios por haberme dado la salud y la fortaleza que me permitió cumplir con esta importante etapa.

Gracias a mis padres y hermanos por darme esta oportunidad, por su confianza e incondicional apoyo en todo momento.

A mis profesores asesores Eduardo Acuña C. y don Fernando Drake A..

A Carole por todo el amor, apoyo, compañía y comprensión que como pareja y amiga me ha entregado, y a su familia por el constante respaldo que a ambos nos han dado.

A mis primos Alex y Claudio por ser mi segunda familia durante mis primeros años de estudio fuera de mi casa.

A mis amigos y compañeros Pacho, Chico Jorge, Michael, Lete, Roberto, Negro, Coty, Chasca, Julián y Carlos, por su sincera amistad.

Finalmente doy gracias al personal administrativo de la facultad en especial a Martita, Sra. Mónica, Alejandro, René, don Leo y don Diony.

## INDICE DE MATERIAS

CAPITULOS	PAGINA
I	INTRODUCCION.....1
	1.1 Antecedentes generales.....1
	1.2 Objetivos del trabajo.....5
	1.2.1 Objetivo general.....5
	1.2.2 Objetivos específicos.....6
	1.3 Justificación del tema.....6
II	MATERIALES Y METODOS.....8
	2.1 Metodología..... 8
	2.2 Antecedentes teóricos.....10
	2.2.1 Mantenimiento productivo total.....10
	2.2.1.1 Porque aplicar TPM.....15
	2.2.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad.....16
	2.3 Descripción de un sistema de información.....27
III	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....29
	3.1 Sistema de administración de mantención propuesto.....29
	3.1.1 Objetivos del nuevo sistema de administración de la mantención.....29
	3.1.2 Desarrollo del sistema de administración de la mantención.....30
	3.1.3 Descripción del proceso utilizado.....32

3.1.3.1 Mantenimiento preventivo y predictivo.....	32
3.1.3.2 Mantenimiento correctivo o de emergencia.....	34
3.1.3.3 Mantenimiento de mejoras.....	34
3.1.4 Base de datos para el sistema de información.....	37
3.2 Definición de índices de gestión.....	41
3.2.1 OTT (ordenes de trabajo totales).....	42
3.2.2 MTBF (tiempo promedio entre fallas).....	43
3.2.3 MTTR (tiempo promedio para reparación)...	43
3.2.4 CM/O (costo mantención v/s operación)....	43
3.2.5 OT cumplidas.....	43
3.2.6 TPMP (tiempo promedio para mantenimiento preventivo).....	44
3.2.7 TPEP (tiempo promedio entre mantenimiento preventivo).....	44
3.2.8 PT totales.....	44
3.2.9 PT cumplidos.....	44
3.2.10 Cumplimiento.....	45
3.2.11 Efectividad.....	45
3.2.12 Eficiencia.....	45
3.2.13 Arrastre.....	46
3.2.14 Apoyo.....	46
3.3 Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM II).....	47
3.3.1 Actividades de instalación del TPM.....	47
3.3.1.1 Preparación inicial.....	47
3.3.1.2 Determinación y adquisición de recursos necesarios.....	47
3.3.1.3 Preparación cursos.....	48

3.3.1.4	Desarrollo de metas y políticas.....	49
3.3.1.5	Lanzamiento piloto.....	51
3.3.1.6	Preparación del plan maestro.....	52
3.3.1.7	Perpetuidad.....	52
3.3.2	Plan de instalación piloto.....	53
3.3.2.1	Mantenimiento preventivo.....	53
3.3.2.1.1	Mantenimiento centrado en la confiabilidad. RCM II.....	54
3.3.2.2	Mantenimiento autónomo.....	56
IV	CONCLUSIONES.....	58
6.1	Conclusiones y recomendaciones.....	58
V	RESUMEN.....	63
VI	SUMARY.....	64
VII	BIBLIOGRAFIA.....	65



## INDICE DE TABLAS

TABLA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1. Clasificación de equipos.....	37
2. Criticidad de los equipos.....	37
3. Parámetros técnicos.....	38
4. Tipos de funcionamiento.....	38
5. Causas de fallas.....	39
6. Motivo falla.....	39





## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°	PAGINA
<u>En el texto</u>	
1. Curvas de la probabilidad de deterioro.....	15
2. Etapas de reparación de una falla típica utilizando TPM.....	17
3a. Diagrama de decisión RCM II.....	25
3b. Diagrama de decisión RCM II.....	26
4. Diagrama de flujo: "propuesta estructura sistema administración de información en mantenimiento.....	31
5. Diagrama propuesto para situaciones de mantenimiento preventivo o predictivo (MP).....	33
6. Diagrama correspondiente al procedimiento propuesto para el mantenimiento correctivo o de emergencia.....	35
7. Diagrama que muestra la forma de trabajo propuesta para el mantenimiento de mejoras....	36

8. Relación de las herramientas metodologicas  
utilizadas en el nuevo sistema de mantención....41



## I INTRODUCCION

### 1.1 Antecedentes generales.

La actividad forestal es una actividad económica que debe velar por el uso eficiente de los recursos forestales, de las personas que en él laboran y también de los recursos económicos, además de haber alcanzado un importante significado económico, ha tomado gran relevancia para la sociedad, en especial para el desarrollo de las regiones donde se concentran sus operaciones.

En la actualidad la globalización de las economías ha hecho que los mercados sean cada vez más competitivos. Por este motivo, se debe estar en constante modernización, atento a las señales del mercado y preocupados en mejorar la eficiencia de esta actividad.

Debido precisamente a la búsqueda de una mejor eficiencia es que las empresas del sector han dejado en manos de empresas de servicios especializadas algunas funciones insertas dentro de su ciclo de producción, para así poder concentrar su atención en las tareas que le son propias.

Es necesario tener en cuenta que las actividades terciarias tiene cada vez un mayor peso relativo en el conjunto de las economías desarrolladas, ya catalogadas como post-industriales (Fuchs, V., 1968. citado por Guillén, 1987). En la economía de nuestro país, el crecimiento sostenido que el sector servicios ha experimentado, es una muestra de ello.

Entre los estudios de la economía de servicios existe un consenso por el cual se vincula el crecimiento del sector

servicios a los cambios en los sistemas de producción y en la organización empresarial. Estas teorías se apoyan en dos hipótesis fundamentales, que el crecimiento relativo y absoluto de los servicios se debe en gran medida al incremento en los niveles de integración de este sector en el sistema productivo y que tal integración debe atribuirse sobre todo al particular crecimiento de los servicios utilizados por la industria manufacturera de bienes.

De esta forma los servicios se consideran estratégicos en los procesos de innovación, en el aumento de la productividad y en la mejora de la competitividad de las empresas con el objetivo final de modificar y diferenciar productos y procesos productivos que marquen una opción distinta de decisión para el consumidor final. Tienen en suma, una influencia decisiva en el desarrollo y crecimiento económico (Guillén, 1987).

Progresivamente. las economías occidentales van pasando de la mera producción de bienes a integrar estos con los servicios. Las empresas dedican cada vez más recursos a la calidad de la gestión, a la investigación, a la cualificación del personal, a la gestión de la información, al control de las operaciones, a la distribución, etc., lo que significa un creciente desarrollo y expansión del sector que nos ocupa (Gil, 1996).

Es esta creciente importancia estratégica la que también está incentivando a las empresas que prestan servicios en el sector forestal a enfocar sus esfuerzos en la incorporación de gestión y control en cada una de sus

operaciones, y el conjunto de actividades o funciones involucradas en ellas.

En la actualidad dentro de las empresas de servicios forestales una de las más importantes funciones involucradas en sus operaciones es la función de Mantenimiento, pilar fundamental para llevar a cabo la organización y funcionamiento de las tareas productivas ya que esta función es la encargada de mantener en todo momento operativo las máquinas y equipos\*.

En las dos últimas décadas, la idea general del mantenimiento ha ido evolucionando, debido a factores tales como un aumento de la mecanización, mayor complejidad de la maquinaria, nuevas técnicas de mantenimiento y principalmente a los cambios de visión de las organizaciones, hoy en día, enfocadas directamente en sus clientes, quienes al requerir mayor calidad en los productos o servicios, hacen patente la preocupación al interior de las empresas de contar con equipos y maquinarias confiables y seguros, capaces de garantizar tales exigencias (Saravia, 2000).

Ahora bien, producto del mayor conocimiento adquirido por los directivos a cerca de las conexiones existentes entre el mantenimiento y la calidad del producto o servicio; el aumento de la importancia entregada a los aspectos de seguridad y del medio ambiente, y por la necesidad de conseguir una alta disponibilidad de equipos, se hace

---

\* Ramón Figueroa, Jefe Unidad Transportes Bosques Arauco S.A.  
Comunicación personal.

precisa la necesidad de contar con un sistema de mantenimiento planificado que permita satisfacer estos requerimientos y que proporcione al mismo tiempo un control sobre los costos directos e indirectos producidos por las actividades de esta área (Saravia, 2000).

Frente a los cambios que han afectado a las empresas y por ende a las diversas funciones que las integran, se debe intentar encontrar un marco de trabajo estratégico; tarea a la que debe dedicarse el mantenimiento en conjunto con las diferentes áreas de la empresa. Esta necesidad lleva a la búsqueda de métodos efectivos en este campo, dentro de los cuales, la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), es un método de trabajo, cuyos buenos resultados han sido comprobados por distintas empresas a nivel mundial, en donde se involucra tanto a operarios y mantenedores en la búsqueda de una mayor eficiencia operacional, producto del doble objetivo que pretende lograr esta metodología, que consiste en cero averías y cero defectos, lo cual una vez obtenido, produce una mejora en el período de operación, disminución de costos, minimización de inventarios, y en consecuencia, un incremento de la productividad; beneficios deseados por cualquier empresa que se precie de competitiva en la actualidad (Gramsch, 1991).

TPM sólo da el marco de trabajo a seguir, no incorpora reglas de mantenimiento, por lo que debe hacerse notar que la introducción del TPM debe estar amparada en la utilización de herramientas que le permitan un mejor desempeño en el área de mantención, en este sentido la incorporación del Mantenimiento Centrado en la

Confiabilidad (RCM II), es una buena técnica que permite determinar lo que se debe hacer para asegurar que los equipos y maquinarias desempeñen sus funciones de la forma deseada (Gramsch, 1990).

Dentro de este plan de trabajo es preciso contar con un sistema de información, que ordene, controle, planifique las actividades del sistema de mantenimiento y a su vez entregue a los directivos un medio que les permita realizar una evaluación rápida del trabajo de esta área, lo que constituye una significativa ayuda al proceso de toma de decisiones (Lucía, 1990).

## **1.2 Objetivos del trabajo.**

**1.2.1 Objetivo general.** El objetivo de este trabajo es la creación de un sistema de gestión y control para las empresas de servicios forestales que operan en la Unidad de Transportes de Bosques Arauco S.A.(BASA), en el área del mantenimiento. Este estará basado en la implementación de la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), apoyado por las herramientas del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM II) y el respaldo de un sistema de administración de la información, el que será propuesto, de modo que resulten mejoras sustanciales en el área de mantención, tanto en su administración, como en su relación con producción; logrando de esta forma una mejor planificación y programación de las actividades de mantenimiento y por consecuencia un mayor control sobre los costos, un mejoramiento de la confiabilidad de los equipos, un mejor ambiente laboral y en general un mayor control de las operaciones que realicen las empresas de servicios.

**1.2.2 Objetivos específicos.** Para la consecución del objetivo general de este trabajo es necesario cumplir los siguientes objetivos específicos:

- a) Diseñar un sistema de trabajo basado en la incorporación de TPM, que permita el trabajo en conjunto entre operadores y mantenedores; proponiendo los recursos, la motivación y la formación necesaria para que los equipos que se formen sean capaces de diagnosticar posibles fallos y fomentar el establecimiento de soluciones rápidas y correctas.
- b) Desarrollar un plan de trabajo que permita la utilización de las herramientas que entrega el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, las que permitirán determinar las acciones que aseguren que los equipos se desempeñen en su contexto operacional.
- c) Incorporar al sistema de trabajo del área de mantención un sistema de información, el que permitirá redefinir la función de mantenimiento en la empresa con lo cual se logrará un mejoramiento de la administración de esta función.
- d) Definir índices de gestión de mantenimiento con el objetivo de evaluar el desempeño de esta área.

### **1.3 Justificación del tema.**

Debido a la particularidad con que opera la Unidad de Transportes de BASA, las actividades que se dejan en manos de empresas de servicios están insertas dentro del ciclo productivo de la empresa, por lo tanto es de suma importancia que éstas sean realizadas de la mejor forma posible, tal que puedan cumplir con los compromisos de producción encomendados por la empresa mandante.



La Unidad de Transportes de BASA, tiene como función la planificación, programación, operación y control del traslado de los diferentes productos que la empresa genera. Dentro de estas tareas, la unidad de transportes deja en manos de empresas de servicios las operaciones que implican: el carguío, descarguío y flete de los productos, tanto en los diferentes orígenes como en los respectivos destinos. Todo lo anterior coordinado a través de la central de transportes de la unidad.

Los diferentes programas de flete que genera la central de transportes para el traslado de los diferentes productos a plantas de proceso, centros industriales y canchas de almacenaje, están sujetas a un sinnúmero de factores e inconvenientes que afectan el normal desarrollo de éste. Dentro de las principales causas del incumplimiento de los programas está la falta de control de las operaciones por parte de las empresas de servicios, lo que se refleja en atrasos y tiempos de espera en origen y destino, y por otro lado están las inasistencias, por pannes, de los camiones y equipos. Sólo esta última provoca desde un 12% a un 15% de los incumplimientos mensuales de programa\*.

Por todo esto las empresas de servicios deben contar con un sistema de gestión y control del mantenimiento de manera que realicen en forma eficiente y oportuna las tareas de coordinación y control de las distintas actividades que involucran los eventos que éstas realizan.

---

\* Ramón Figueroa, Jefe de Unidad de Transporte BASA. Comunicación personal

## II MATERIALES Y METODOS.

### 2.1 Metodología.

Para desarrollar el sistema de Gestión y Control de las empresas de servicios que operan en la unidad de transportes de BASA, se efectuó en primera instancia un análisis detallado, tanto de la empresa mandante como del sistema operativo y administrativo de las empresas de servicios, con el fin de determinar las características y necesidades más significativas que el sistema debería recoger. La recopilación de la información se obtuvo a partir de reuniones de trabajo con los responsables de las empresas involucradas.

Se realizó un estudio del área de Gestión y Control en mantenimiento de otras empresas, con el fin de obtener un enfoque de la metodología que se utiliza en empresas del mismo sector económico (Bustos F., 1997.).

Debido al desconocimiento sobre los principales temas que trata esta Memoria de Título y por ende para una mayor comprensión de las materias que se abordaron, fué necesario una acabada búsqueda bibliográfica sobre mantenimiento, TPM y RCM II.

Posteriormente, se procedió a desarrollar la metodología TPM, la cual consiste en tres fases principales, cada una con sus respectivas actividades, que se indican a continuación (Saravia, 2000):

Fase I. Planificación y preparación para instalación del TPM.

- Estrategia de instalación
- Desarrollo y especificación de la organización
- Desarrollo de metas TPM
- Entrenamiento e información
- Plan de instalación piloto

Fase II. Implementación del plan piloto

- Mantenimiento Preventivo
- Mantenimiento Autónomo

Fase III. Implementación para toda la empresa

- Incorporación del plan maestro

Ahora bien, como se ha señalado, el programa de trabajo de TPM impone contar con un buen programa de mantención, el cual es posible de obtener apoyándose en las herramientas de trabajo que entrega el RCM II, que permiten un adecuado conocimiento de los equipos y de sus funciones; por lo tanto, dentro de la Fase II del TPM, en lo relacionado con el mantenimiento preventivo, se irá estableciendo el plan de trabajo que permita el desarrollo del RCM II, esto incluye la selección del personal y el entrenamiento necesario para llevar a cabo el proceso de revisión de los equipos de las empresas que propone esta herramienta de mantención.

Debido a que se está inserto en un plan de mejoramiento continuo será necesario incorporar al sistema índices de gestión de mantención que permitirán ir evaluando el desempeño de esta área, de modo de contar con una visión general del comportamiento del nuevo esquema de trabajo que asumirá la empresa, permitiendo a los directivos tener un

medio para la toma de decisiones y así para poder ir realizando acciones correctivas en los casos que lo requieran. A la vez, se recomienda dentro del sistema propuesto la incorporación de un software en la administración del mantenimiento, compatibilizando la información requerida para RCM II con la registrada en la base de datos del sistema informatizado y determinando los flujos de información que surgirán de este sistema como ayuda a mantenimiento, de esta forma será posible plantear el nuevo enfoque de trabajo que asumirán las empresas en cuanto al desarrollo de la función de mantenimiento (Rayo, 1991).

## **2.2 Antecedentes teóricos.**

**2.2.1 Mantenimiento productivo total.** El Mantenimiento Productivo Total (TPM), fue definido en 1971 por el Japan Institute of Plant Engineers. Es una aplicación práctica de calidad total que apunta al trabajo en equipo entre producción y mantenimiento a fin de cubrir en forma eficiente las tareas de la "Zona Gris" entre estos sectores, capacitando en forma cruzada a operadores de producción y mantenedores, con el objeto de mejorar la contabilidad de los equipos, la seguridad y la productividad de la mano de obra.

Tiene como concepto básico la reformulación y mejoría de la estructura empresarial a partir de la reestructuración y mejoría de las personas y de los equipos, con el compromiso de todos los niveles jerárquicos y el cambio de la postura organizacional (Bravo, 1993).

El TPM incluye las siguientes cinco metas, (Nakajima, 1993):

- Maximizar la eficacia del equipo.
- Desarrollar un sistema de mantenimiento productivo para toda la vida del equipo.
- Involucrar a todos los departamentos que planean diseñan, usan, o mantienen equipo, en la implementación de TPM.
- Activamente involucrar a todos los empleados, desde la alta dirección hasta los operadores de línea.
- Promover el TPM a través de motivación con actividades autónomas de pequeños grupos.

Como consecuencia de su aplicación, el TPM debe generar:

- Disminución de costos y el consecuente aumento de utilidades.
- La integración sistémica.
- El mantenimiento espontáneo ejecutado por el propio operador y actividades de pequeños grupos en cada nivel.

La filosofía del TPM tiene un doble objetivo: cero caídas en producción y cero defectos, cuando esto se ha logrado, son variadas las ventajas que se pueden obtener; entre las que se pueden nombrar:

1. Drástica reducción en fallas de los equipos, disminuyendo en algunos casos hasta en un 90%.
2. Aumento del tiempo de funcionamiento de los equipos producto de una reducción de paradas para mantenimiento por fallas y disminución del tiempo de reemplazo.

3. Aumento en la velocidad de los equipos, por un efectivo reemplazo de piezas desgastadas, mejoramiento de lubricación, en definitiva producto de un mejoramiento de un plan de mantención preventiva.
4. Reducción de los defectos de calidad causados por los equipos, por un adecuado ajuste y riguroso control de los equipos, efectivas inspecciones rutinarias y mejoramiento de los equipos.
5. Fuerte aumento de la productividad, principalmente debido a la disminución de fallas, mayor velocidad y menos rechazos.
6. Reducción de los costos de mantención, por disminución de tiempo de viaje de los mantenedores a los trabajos de mantención, menos atrasos en la entrega de reparaciones y por lo tanto mejor utilización del tiempo productivo, disminución de trabajos de rutina, como limpieza de equipos, ajustes, etc.
7. Menor número de accidentes laborales.
8. Orgullo del empleado por pertenecer a una organización de este tipo.

Para lograr los objetivos anteriormente mencionados, TPM busca eliminar los 6 tipos de pérdidas que disminuyen la eficiencia:

- Pérdida por roturas (paradas imprevistas).
- Pérdida por ajuste en las operaciones (cambio de fabricación).
- Pérdidas por paradas cortas y frecuentes, u operación en vacío.
- Pérdidas por disminución de velocidad.

- Pérdida resultante por faltas en el proceso (producción defectuosa).
- Pérdida en la partida (falta de conocimiento en el proceso, falta de materia prima, período de ajuste de las máquinas, uso inadecuado de herramientas).

Típicamente, el promedio de duración de la implementación del TPM es de 6 meses para la fase preparatoria y de 2 a 3 años para su consolidación, como se ve no es una tarea fácil, ni de corta duración, requiere de perseverancia y un compromiso total de parte de todo el personal de la empresa. El esquema de implementación es posible dividirlo en tres fases, según lo propuesto por Nakajima (1993) en "Introducción al TPM. Mantenimiento Productivo Total".

Fase I. Planificación y preparación de la instalación.

Los pasos a seguir en esta etapa son los siguientes:

1. Desarrollar una estrategia de instalación.
2. Desarrollar y especificar la organización TPM.
3. Desarrollar metas TPM.
4. Conducir el entrenamiento e información TPM.
5. Desarrollar un plan para la instalación piloto.

Fase II. Instalación Plan Piloto.

Para lo cual es necesario escoger un área o departamento que presente el clima corporativo correcto, es decir el personal que sea cooperativo y este deseoso de participar, queriendo demostrar la capacidad de poder mejorar los equipos y su mantención.

El propósito de la instalación del plan piloto es probar los enfoques creados antes de comprometer a toda la planta a un formato fijo para la completa instalación.

En esta fase se deben entregar los procedimientos para el desarrollo de los planes de mantenimiento preventivo y de los grupos autónomos.

Fase III. Implementación de TPM en toda la planta.

En esta etapa será necesario desarrollar los planes de instalación detallados para cada área y corregir los posibles errores cometidos en la instalación piloto.

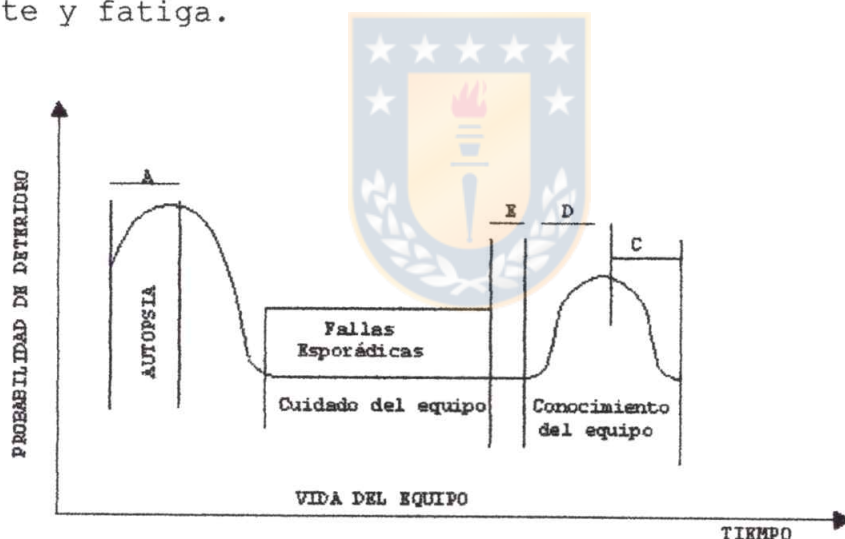
Es necesario establecer las metas de rendimiento de equipo para cada área de la empresa motivar al personal en la promoción general de TPM.

Un punto importante del TPM lo constituye las actividades de mantenimiento autónomo realizadas por los operadores, las cuales son de cinco naturalezas: limpieza, lubricación, inspección, pequeños ajustes y medición, las que pueden ser implementadas en cinco etapas: limpieza, medidas contra las fuentes de defecto, establecer estándar de limpieza y lubricación, chequeo general y chequeo autónomo.

Debe tenerse en cuenta, que el Mantenimiento Productivo Total, no es un plan de mantenimiento, sino es una forma de trabajo para las áreas productivas de la empresa, que busca maximizar la eficiencia global de producción y mejorar el ambiente laboral.



**2.2.1.1 Porqué aplicar TPM.** La herramienta proporcionada por TPM, tiene por objeto mejorar la contabilidad y la productividad, alargando, mediante el cuidado de los equipos, su vida útil. Teniendo en cuenta las curvas típicas de probabilidad de deterioro de un equipo en el tiempo, Figura 1, donde, la primera sección de la curva "Zona A" son las fallas registradas en el arranque y durante los primeros tiempos de un equipo. La "Zona B" representa gran parte de la vida del equipo; es donde se registran las fallas esporádicas. Dentro de ésta existe, antes de llegar a la sección D (Zona crítica), una zona subcrítica debido a las fallas ocultas de diseño y mantenimiento. Luego viene la "Zona D", de alto riesgo por desgaste y fatiga.



Fuente: Seminario Taller Técnicas de Optimización del Mantenimiento. Agosto 1998

Figura 1. Curvas de la probabilidad de deterioro.

Lo que se pretende a través de TPM es disminuir la probabilidad de deterioro, especialmente en la zona crítica alargando la vida útil de los equipos, mediante la

aplicación de esta metodología en conjunto con técnicas de contabilidad.

TPM, una vez implementado debería trabajar como se observa en la Figura 2, es decir, en primera instancia, el grupo de mantenimiento autónomo (MA) está entrenado para realizar la detección preventiva de fallas usando los "cinco sentidos". Esto es primordial y casi con seguridad el éxito del plan radica en el cuidado del equipo y la retroalimentación que el MA hace hacia el mantenimiento preventivo (MP), lo que logra reducir significativamente las fallas.

En la segunda parte el MA junto con el MP hace uso de las herramientas de contabilidad para una rápida localización (modos de fallas y análisis de los efectos FMEA).

Luego viene una tercera etapa en donde interviene el conocimiento del equipo y el entrenamiento, dado al grupo de mantenimiento autónomo, del funcionamiento del equipo.

**2.2.2 Mantenimiento centrado en la confiabilidad.** El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o RCM II (Reliability-centred Maintenance) se define como un proceso que se usa para determinar los requerimientos del mantenimiento de los elementos físicos en su contexto operacional.

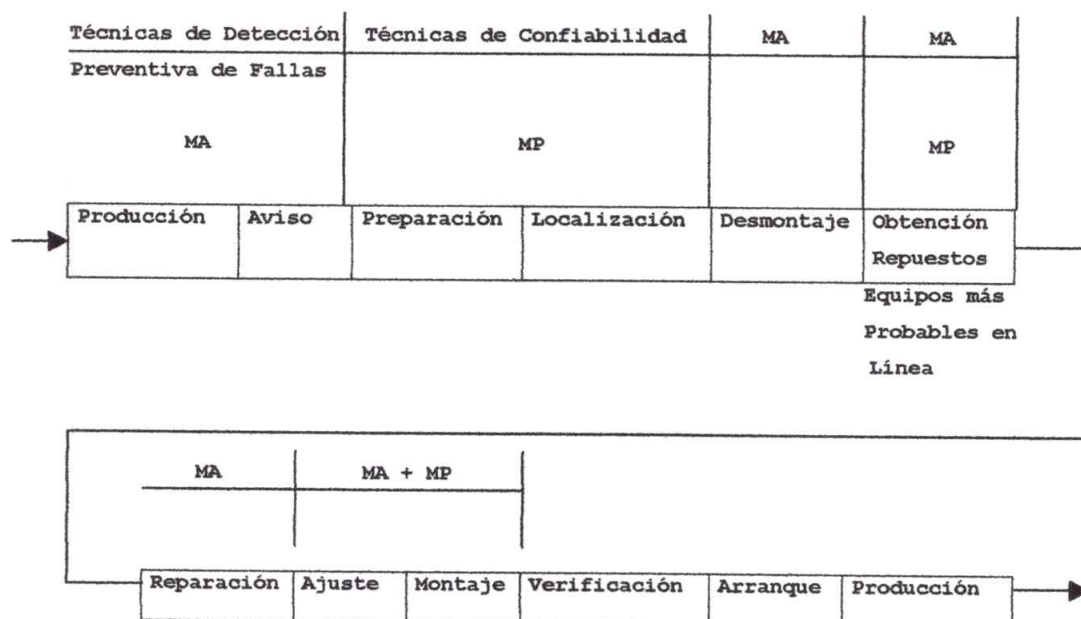


Figura 2. Etapas de reparación de una falla típica utilizando TPM\*.

Una definición más amplia corresponde a que es "un proceso que se usa para determinar lo que debe hacerse para asegurar que un equipo continúe desempeñando las funciones deseadas en su contexto operacional presente" (Aladón, 1997)

La idea central del RCM II es que los esfuerzos de mantención deben ser dirigidos a mantener la función que realizan los equipos más que a los equipos mismos. Esto implica que no se debe buscar tener los equipos como si fueran nuevos, sino en condiciones suficientes para realizar bien su función, esto significa que se debe

\*Fuente: Saravia, (2000).

conocer con precisión cada una de las funciones de los equipos y sobre todo las condiciones que las interrumpen o dificultan.

El RCM II se centra en la relación entre la organización y los elementos físicos que la componen, por lo cual el primer paso a seguir para la aplicación del RCM II corresponde a saber que tipo de elementos físicos existen en la empresa, y decidir cuales son los que deben estar sujetos al proceso de revisión. En la mayoría de los casos, esto significa que se debe realizar un registro de planta completo si no existe uno.

En sí, el proceso del RCM II realiza dos separaciones metodológicas. La primera de ellas corresponde a evaluar los requisitos de mantenimiento de cada elemento dentro de su contexto operacional, esta actividad debe ser realizada por un grupo de revisión formado tanto por operarios como por mantenedores previamente capacitados en el proceso de revisión propuesto por RCM II; la labor de este grupo consiste en primer lugar en describir las funciones y criterios de funcionamiento de los equipos de la planta sujetos a revisión, ya que como se señalaba no se busca conservar un equipo como nuevo, sino que el estado que se desea conservar es aquel en que continúe desempeñando las funciones deseadas. Por ello sólo es posible determinar los requisitos de mantenimiento de un equipo después que se hayan comprendido claramente sus funciones.

La segunda parte consiste en determinar de que forma los equipos pueden dejar de realizar sus funciones, es decir,

identificar como puede fallar cada elemento, definiendo una falla funcional como la incapacidad de un elemento o componente de un equipo para satisfacer un estándar de funcionamiento deseado.

Por último en esta etapa corresponde realizar un análisis FMEA (análisis del modo de falla y sus efectos) que consiste en identificar los modos de fallas que tienen mayor probabilidad de causar la pérdida de una función, esto permitirá comprender exactamente lo que se está tratando de prevenir; es importante en esta parte del proceso RCM II identificar las causas orígenes de cada falla, esto asegurará que no se malgaste tiempo y esfuerzo tratando los síntomas en lugar de las causas. Una vez identificado cada modo de falla, se analizan los efectos de dichas fallas, lo que permite decidir la importancia de cada una de estas y el nivel de mantenimiento preventivo o la acción apropiada que sería necesaria.

El proceso del RCM II hasta este punto puede producir oportunidades sorprendentes a menudo muy importantes de mejorar el funcionamiento, la seguridad, y también de eliminar errores. Además mejora enormemente los niveles generales de comprensión acerca del funcionamiento de los equipos (Moubray, 1993).

Como se señaló anteriormente, el proceso del RCM II se puede dividir en dos grandes partes, siendo la segunda de ellas la que conduce al desarrollo de los planes de mantenimiento preventivo o a las acciones que se deben seguir en su defecto.

Para lo anterior, es necesario determinar en primer lugar, las consecuencias de las fallas, ya que a partir de ellas será posible decidir si es necesario tratar de prevenirlas y el esfuerzo con que se debe tratar de encontrar las fallas. El RCM II, según lo propuesto por Moubray (1993), clasifica las consecuencias de las fallas en cuatro categorías en orden decreciente de importancia, siendo estas:

- Consecuencias de los fallos no evidentes.
- Consecuencias en la seguridad y el entorno.
- Consecuencias operacionales.
- Consecuencias no operacionales.

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

Si bien hasta este momento se ha hablado que el RCM II permite realizar los planes de mantenimiento preventivo, lo que es cierto, no se limita a la creencia popular que el mejor modo de mejorar al máximo la disponibilidad de los equipos es hacer algún tipo de mantenimiento preventivo, ya que, considera no tan sólo el típico modelo de falla que supone que los equipos funcionan con precisión para un cierto intervalo de tiempo y luego se deterioran rápidamente, sino que también toma en cuenta los cinco

modelos restantes de probabilidad de fallas que se consideran en la actualidad. Esta diversidad de formas en que puede comportarse un equipo ha persuadido a algunas organizaciones a abandonar por completo la idea del mantenimiento preventivo. De hecho, ésta puede ser la mejor alternativa para casos en que las consecuencias sean de menor importancia, sin embargo cuando las consecuencias son significativas, se debe realizar alguna acción para prevenir las fallas o al menos reducir las consecuencias, lo que lleva de nuevo a la cuestión de las tareas preventivas. RCM II reconoce tres categorías de importancia de tareas preventivas (Nakajima, 1993), que son:

- Tareas "a condición".
- Tareas de reacondicionamiento cíclico.
- Tareas de sustitución cíclica.

Además de preguntar si las tareas preventivas son técnicamente factibles, el RCM II se pregunta si merece la pena hacerlas, lo que dependerá de cómo reaccione la acción preventiva a las consecuencias que pretende prevenir. En este punto, se combina la evaluación de la consecuencia con la selección de la tarea, permitiendo especificar el plan de mantenimiento preventivo sólo para aquellos elementos de la planta que realmente lo requieran y permitiendo tomar las decisiones correctas para otros casos, lo cual es posible realizar utilizando el diagrama de decisión propuesto por Moubray (1992), que se presenta en la Figura Como se puede observar la gran ventaja del RCM II es que provee criterios simples, precisos y fáciles de comprender para decidir las acciones de mantenimiento necesarias.

Entregando al finalizar el proceso de revisión una recopilación de información fiable y totalmente documentada de todos los equipos significativos de la planta lo que conducirá una reducción significativa de los trabajos rutinarios, combinado con tareas útiles equilibradas que podrán permitir la obtención de un mantenimiento más efectivo y menos costoso.

Según Aladón (1997) los beneficios que se pueden conseguir con la aplicación del RCM II, son los siguientes:

- Mayor seguridad y protección del entorno, debido a:
  - mejora en el mantenimiento de los dispositivos de seguridad existentes.
  - la revisión sistemática de las consecuencias de cada falla antes de considerar la cuestión operacional.
  - claras estrategias para prevenir los modos de falla que puedan afectar a la seguridad, y para las acciones "a falta de" que deban tomarse si no se pueden encontrar tareas preventivas apropiadas.
  - menos fallas causadas por mantenimiento innecesario.
- Mejores rendimientos operativos, debido a:
  - un mayor énfasis en los requisitos de mantenimiento de elementos y componentes críticos.
  - un diagnóstico más rápido de las fallas mediante la referencia a los modos de falla relacionados con la función y a los análisis de sus efectos.



- menor daño secundario a continuación de fallas de poca importancia (como resultado de una revisión extensa de los efectos de las fallas).
  - intervalos más largos entre las revisiones, y en algunos casos eliminación completa de ellas.
  - menos problemas de desgaste de rodaje después de las interrupciones debido a que se eliminan las revisiones innecesarias.
  - eliminación de componentes poco fiables.
  - un conocimiento sistemático de la planta.
- Mayor contención de los costos de mantenimiento, debido a:
    - menor mantenimiento rutinario excesivo.
    - mejor compra de los servicios de mantenimiento.
    - la prevención o eliminación de fallas costosas.
    - políticas de funcionamiento más claras.
    - menor necesidad de usar personal experto caro porque todo el personal tiene mejor conocimiento de la planta.
    - pautas más claras para la adquisición de nueva tecnología de mantenimiento, tal como equipos de monitorización de la condición.
  - Vida útil de los equipos más larga, debido al aumento del uso de técnicas de mantenimiento "a condición".
  - Amplia base de datos de mantenimiento, que:
    - reduce los efectos de rotación del personal con la pérdida consiguiente de su experiencia y competencia.
    - provee un conocimiento general de la planta más profundo en su contexto operacional.

- provee una valiosa base para la introducción de los sistemas expertos conduce a la realización de planes y manuales más exactos.
  - hace posible la adaptación a circunstancias cambiantes sin tener que volver a considerar desde el principio todas las políticas y programas de mantenimiento.
- Mayor motivación de las personas en particular, especialmente el personal que está interviniendo en el proceso de revisión. Esto lleva a un conocimiento general de la planta en su contexto operacional mucho mejor, junto con un reparto más amplio de los problemas de mantenimiento y de sus soluciones. También significa que las soluciones tienen mayores probabilidades de éxito.
  - Mejor trabajo de grupo, motivado por un planteamiento altamente estructurado del grupo a los análisis de los problemas del mantenimiento y a la toma de decisiones. Esto mejora la comunicación y la cooperación entre:
    - los departamentos de producción u operación así como los de la función mantenimiento.
    - los gerentes, jefes de departamento, técnicos y operarios.
    - especialistas internos y externos.

Todos estos factores forman parte de la evolución de la gestión del mantenimiento, y muchos ya son la meta de los programas de mejora.

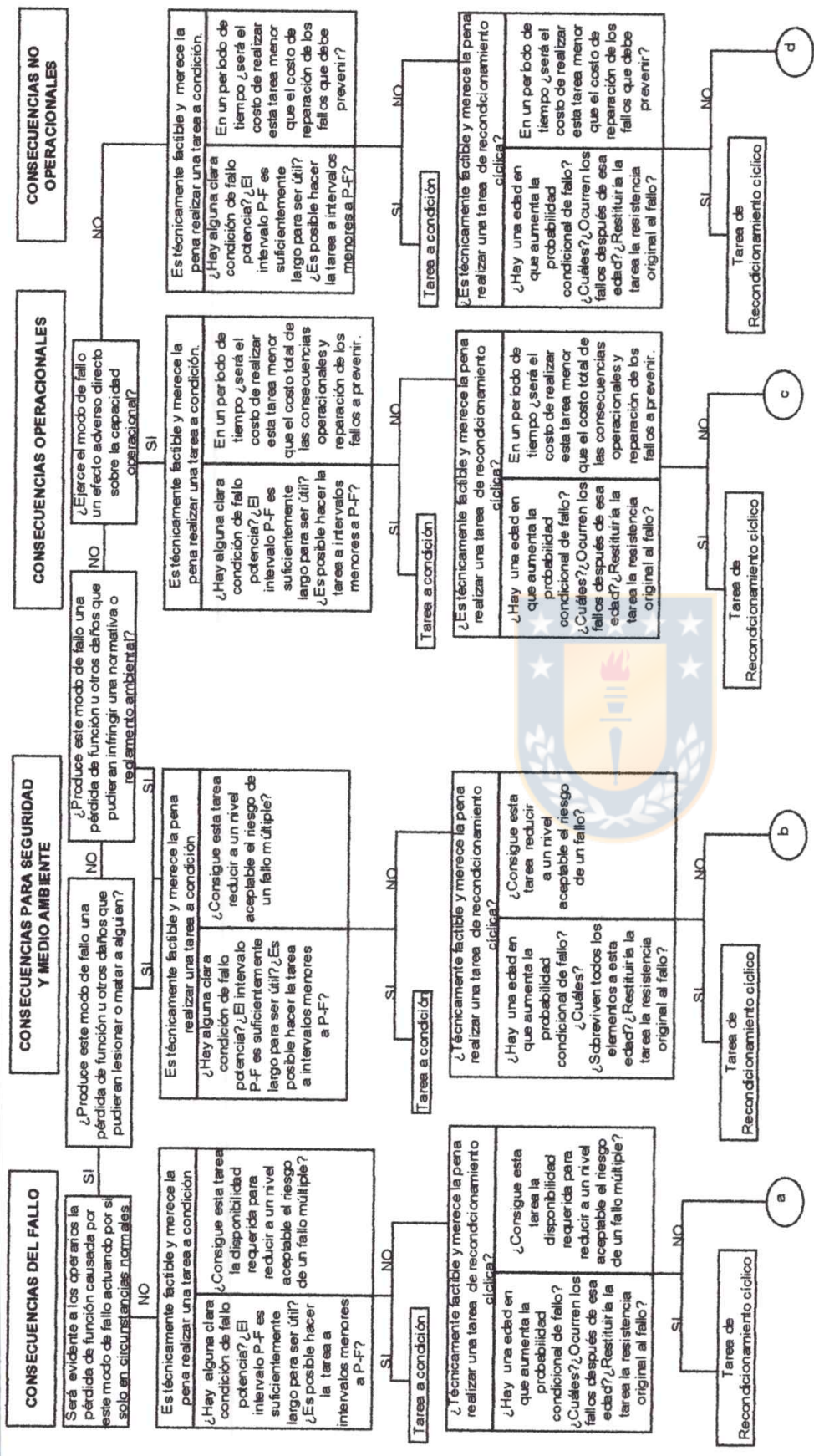


Figura 3a. Diagrama de Decisión RCM II.

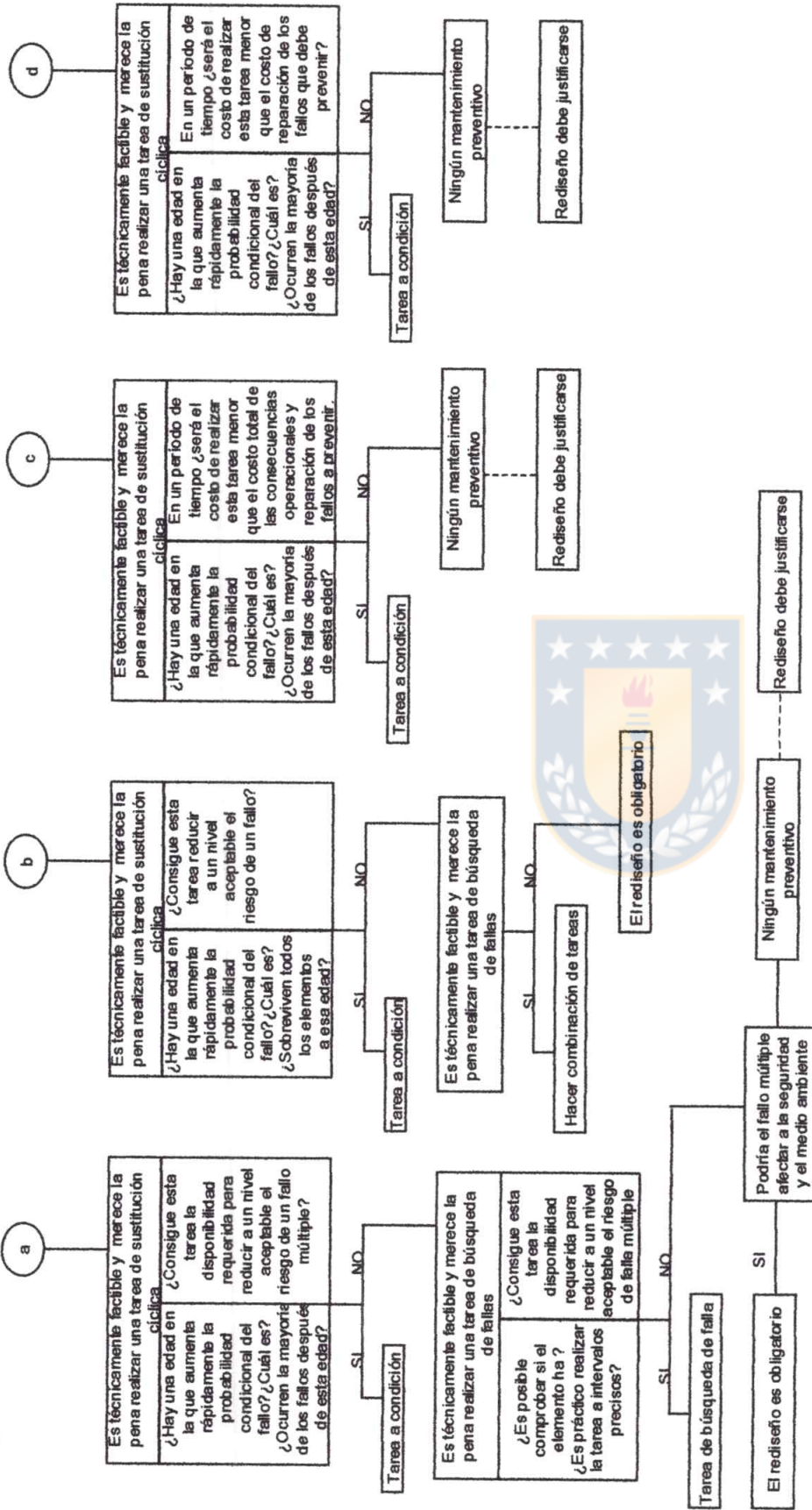


Figura 3b. Diagrama de Decisión RCM II.

programas de mejora. Lo importante del RCM II es que provee un marco de trabajo paso a paso efectivo para hacer participar a todos los que tienen que ver con los equipos de los procesos.

### **2.3 Descripción de un sistema de información.**

Un sistema de información cubre todos los aspectos que conciernen a la administración, planeamiento y control del sector. Es desarrollado teniendo en cuenta la variabilidad entre las diferentes actividades, pudiendo ser parametrizado para adecuarlo a los requerimientos específicos de cada empresa o actividad. El sistema de información incluye diferentes funciones, entre las que se pueden mencionar:

- Administración de equipos, que permite contar con una base de datos que contiene la información de todos los equipos con los que cuenta la empresa. Almacenando datos técnicos, conjuntos, relaciones equipo-repuestos, planes de marcha, ubicación al interior de la planta o empresa, planos, en otras características.
- Historiales de equipos, estadísticas, tareas realizadas sobre los equipos, detenciones informes de fallas, conclusiones, responsables, libros de guardia.
- Ordenes de trabajo que incluye una descripción completa de las actividades que se deben realizar, tales como taller ejecutor, requeriente, inversión estimada, fechas de inicio y término, procedimientos de trabajo potenciales, repuestos y mano de obra, causas posibles.

- Trabajos programados detallando en forma precisa el taller responsable, los motivos, equipos asociados, rutas de trabajo, partes de trabajo.
- Control de costos, que incluye el ingreso de costos directos producto de las órdenes de trabajo, ingreso de horas trabajadas, costos de órdenes, costos por equipos e informes.
- Información referente a suministros, tal como catálogos y requerimientos de materiales.
- Pedidos de trabajo donde se describe el trabajo solicitado y la prioridad que debe otorgarse.
- Control de gestión, que permite en forma rápida evaluar el desempeño de mantenimiento a través de índices previamente definidos, los cuales actúan dentro de ciertos rangos para demostrar la efectividad de la labor realizada.



### III RESULTADOS Y DISCUSION.

#### 3.1 Sistema de administración de mantención propuesto.

3.1.1 **Objetivos del nuevo sistema de administración de la mantención.** Al plantearse la reestructuración del sistema de administración de mantención en las empresas de servicios forestales se persiguen lograr los objetivos mencionados a continuación:

- Introducir la filosofía del Mantenimiento Productivo Total como una forma de trabajo al interior de las empresas, es decir, incorporar tanto a operarios como mantenedores de las actividades de mantenimiento de los equipos, entregando las tareas cotidianas y de fácil práctica a los trabajadores de producción y dejando la realización de tareas más importantes a los especialistas.
- Conocer perfectamente las máquinas y equipos pertenecientes a la planta de producción, lo cual incluye, comprender las funciones de cada uno de ellos y saber como actuar ante eventualidades.
- Mantener un historial de cada equipo y maquinaria de la empresa, que incluya sus características técnicas, las fallas detectadas, los trabajos de mantención realizados, entre otra información. Lo cual será un medio que permitirá realizar la planificación de mantención preventiva o predictiva.
- Establecer la planificación de mantención preventiva y predictiva, que incluya revisiones periódicas de control a las máquinas, recambio de piezas, lubricación, limpieza, etc. Con lo cual se pretende disminuir las

pérdidas producto de paradas por fallas, así como también prevenir consecuencias que puedan afectar considerablemente a la empresa o a sus trabajadores.

- Mantener un control sobre los gastos producto de las actividades realizadas por este departamento, tanto en repuestos y herramientas como en horas hombre invertidas.
- Contar con la información acerca de los repuestos necesarios para cada una de las máquinas y mantener un flujo de información eficiente con bodega de materiales de modo de establecer las necesidades de stock de repuestos y materiales, así como también establecer aquellos de mayor importancia y uso.
- Permitir la evaluación del sistema de mantención a través de la utilización de índices de gestión. De este modo se podrá ir realizando actividades de mejora en aquellos aspectos que se considere que el sistema presenta deficiencias.

**3.1.2 Desarrollo del sistema de administración de mantención.** El sistema de administración de mantención deberá ser realizado por un sistema de información, el que deberá estar incorporado al trabajo de las distintas áreas pertenecientes a mantención (Figura 4).



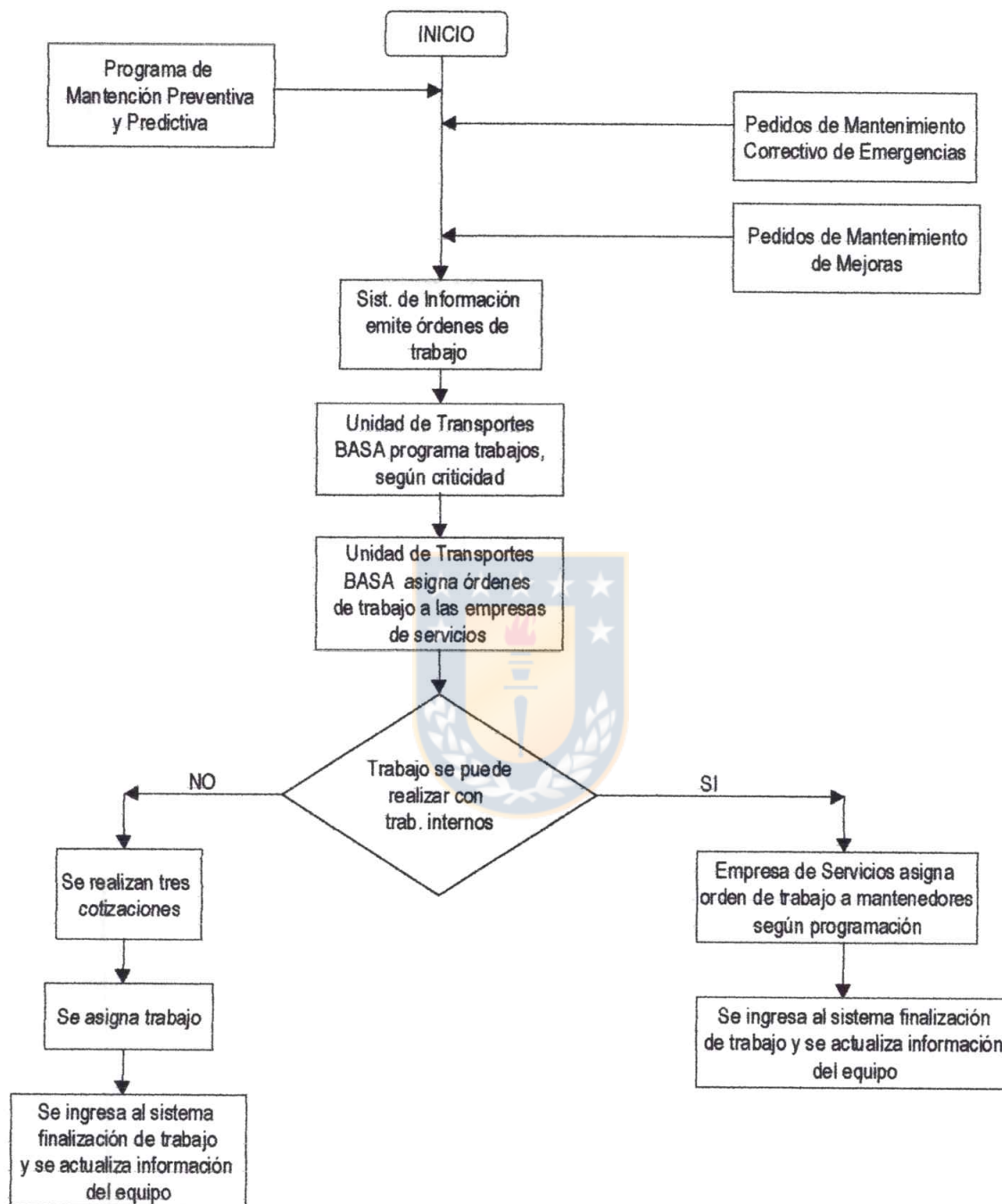


Figura 4. Diagrama de flujo: "propuesta estructura sistema administración de información en mantenimiento"\*

\* Fuente: Elaboración propia.

### **3.1.3 Descripción del proceso utilizado.**

**3.1.3.1 Mantenimiento preventivo y predictivo.** El sistema de mantenimiento se iniciará con los pedidos de trabajos a mantención, ingresados al sistema, por el responsable del sistema de información en la Unidad de Transportes de BASA, previa entrega de estos pedidos por parte de los representantes de las empresas de servicios. Estos pedidos son transformados en ordenes de trabajo y son derivados a los operadores, a los talleres o al área que corresponda.

Ahora bien, en el sistema existe una distinción entre ordenes de trabajo programadas y ordenes de trabajo activas. Las primeras corresponden a las actividades de mantenimiento preventivo, que se ingresarán previamente al sistema, de acuerdo al programa de mantención, según lo establecido a través del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (lo que será tratado con más detalle posteriormente). Las ordenes de trabajo programadas, deben ser revisadas en forma diaria por el encargado del sistema de información quien emitirá estas ordenes a los trabajadores correspondientes para que las ejecuten. Por otro lado, las ordenes de trabajo activas son las que proceden de los pedidos de trabajos, el procedimiento a seguir es semejante al descrito anteriormente, es decir la Unidad de Transportes designa un responsable para la ejecución de estos trabajos, con lo cual se da "de alta" la orden de trabajo, la diferencia reside en el tiempo tardado en poner en marcha las actividades de mantención, ya que esto dependerá de la criticidad con que se hayan realizado los pedidos; la que puede variar de tiempos muy breves (minutos, horas) hasta un par de semanas.

Una vez ejecutadas las actividades de mantención descritas en las ordenes de trabajo, se ingresará la información de término al sistema, actualizando automáticamente la hoja de vida de los equipos y en los casos que corresponda la programación del mantenimiento preventivo. A continuación se presenta el esquema propuesto (Figura 5) para ser utilizado como forma de trabajo en situaciones de mantenimiento preventivo o predictivo (MP).

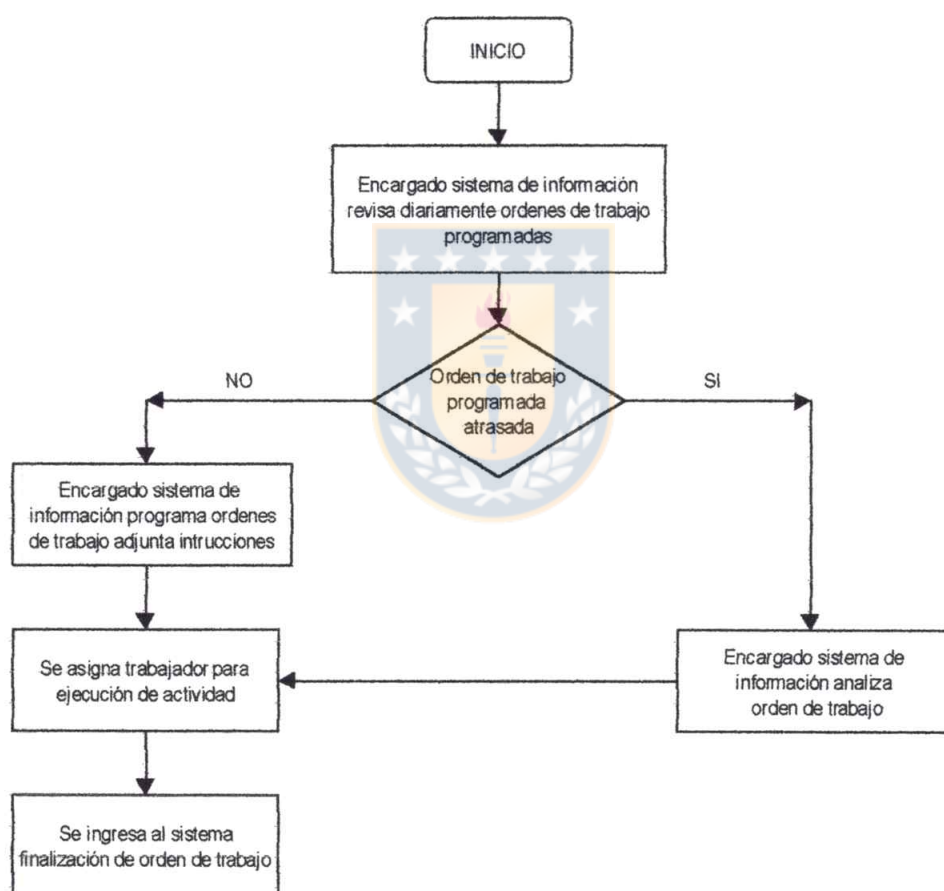


Figura 5. Diagrama propuesto para situaciones de mantenimiento preventivo o predictivo (MP)\*

\* Fuente: Elaboración propia

### **3.1.3.2 Mantenimiento correctivo o de emergencia.**

Corresponde a las acciones correctivas de las deficiencias que se detecten al emplear los equipos, siendo los talleres los encargados de realizar estas actividades.

El procedimiento que se sigue en estos casos se puede observar en la Figura 6.

### **3.1.3.3 Mantenimiento de mejoras.**

Corresponde a las actividades destinadas a mejorar el funcionamiento de partes de equipos en servicio, a partir de los sucesos encontrados durante los dos tipos anteriores de acciones de mantenimiento. La forma de trabajo de esta sección de mantenimiento se presenta en la Figura 7.

Para los casos de mantenimiento correctivo y de mejoras, al analizar las actividades solicitadas se deberá ingresar al sistema de Información el término de las actividades, así como también posibles cambios que hayan sufrido los equipos producto de las acciones correctivas.

El sistema de administración descrito, necesita previo a la puesta en marcha, la introducción de toda la información referente a los equipos que permitan el desarrollo del sistema, para lo cual es fundamental definir algunos parámetros característicos de la empresa. Esto conlleva a reunir toda la información interna necesaria para poder completar estas pequeñas bases de datos y poner en marcha el sistema de información, labor que debe ser llevada a cabo por los encargados de mantención de las empresas de

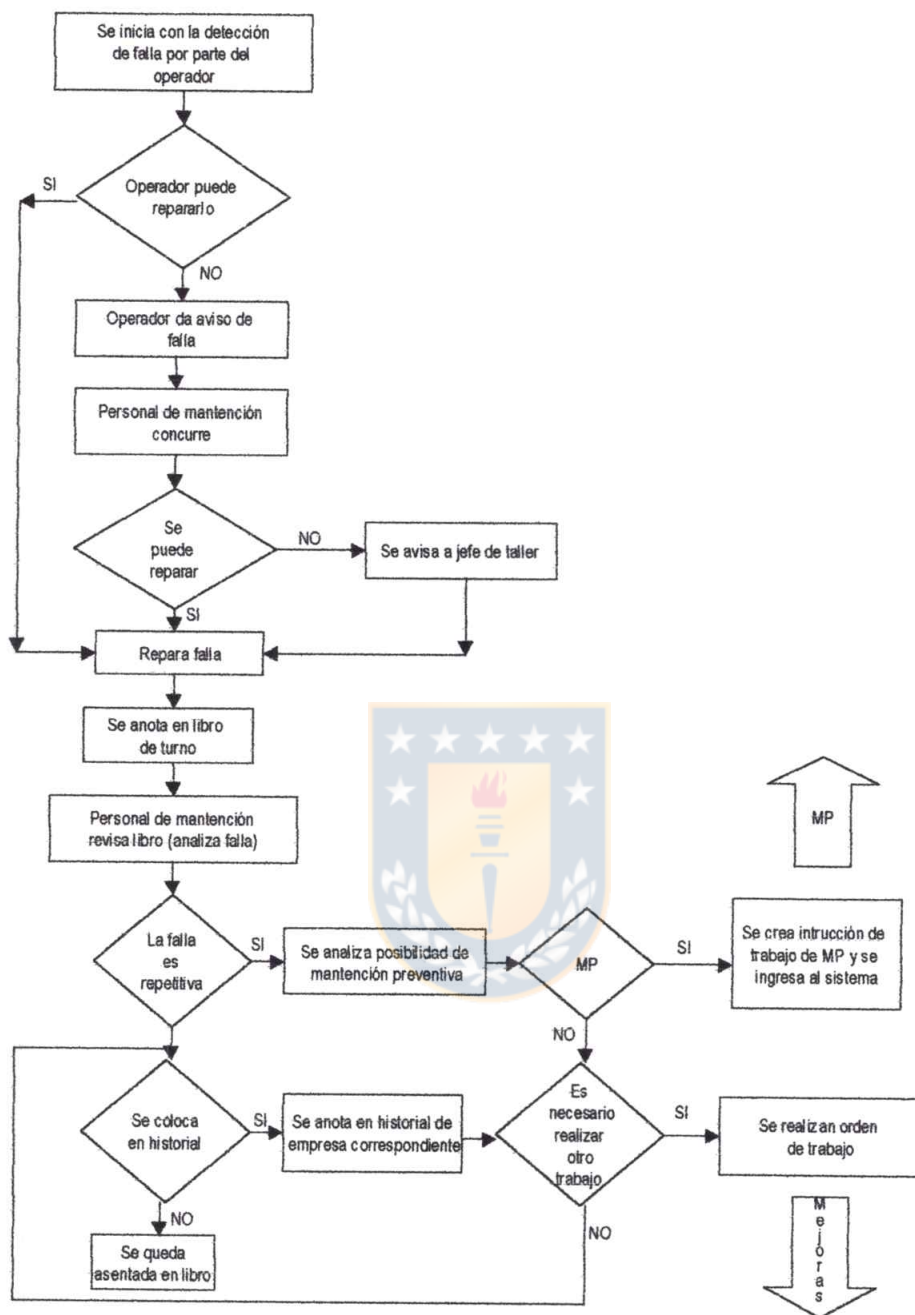


Figura 6. Diagrama correspondiente al procedimiento propuesto para el mantenimiento correctivo o de emergencia.\*

\* Fuente: Elaboración propia.

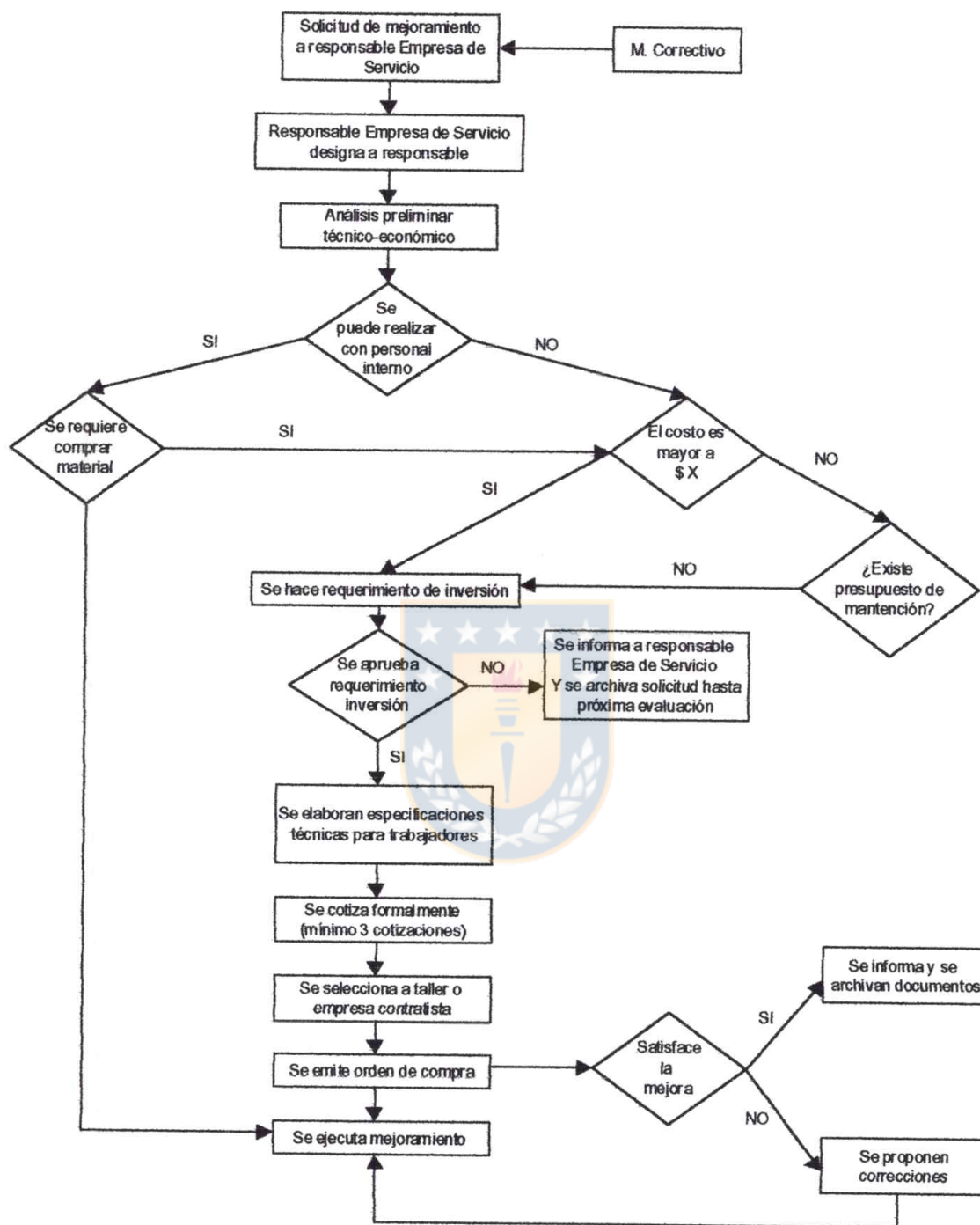


Figura 7. Diagrama que muestra la forma de trabajo propuesta para el mantenimiento de mejoras.\*

\* Fuente: Elaboración propia.

servicios en conjunto con los operadores de los equipos, tarea supervisada por el encargado del sistema de información.

**3.1.4 Base de datos para el sistema de información.** El tipo de información a recolectar y la forma de administrarla se presenta a continuación:

a) *Tipos de equipos:* Se clasifican a todos los equipos presentes en las empresas; sirve para definir al encargado de mantención al que se le asignará alguna tarea respectiva al equipo en cuestión.

Tabla 1. Clasificación de equipos

CODIGO TIPO	DESCRIPCIÓN TIPO DE EQUIPO
0	Sin definir
1	Cargador
2	Camión con rampla

b) *Criticidad de los equipos:* La criticidad proporciona el rango de importancia de los equipos tanto para las empresas de servicios como para la Unidad de Transportes de BASA.

Tabla 2. Criticidad de los equipos

CODIGO CRITICIDAD	DESCRIPCION CRITICIDAD
0	Sin definir
1	Alta
2	Media
3	Baja

c) *Parámetros de datos técnicos*: Corresponden a todos los parámetros que describen los equipos de las empresas de servicios, esta información es obtenida directamente de los manuales de los fabricantes de los equipos, siendo un gran aporte a la labor del sistema de mantención, ya que se podrá contar de forma fácilmente accesible, con datos de gran importancia referentes a los equipos.

Tabla 3. Parámetros técnicos.

CODIGO PARAMETRO	DESCRIPCION PARAMETRO
0	Marca
1	Tara
2	Potencia
3	Vida útil
4	Tipo de lubricante

d) *Tipos de funcionamiento*: Los tipos de funcionamiento describen el modo de medir la duración de la operación de los equipos.

Tabla 4. Tipos de funcionamiento.

CODIGO FUNCIONAMIENTO	DESCRIPCION FUNCIONAMIENTO
0	Sin definir
1	Semanas
2	Horas de marcha
3	Kilómetros
4	Días



e) *Causas*: Las causas describen la razón de la emisión de la orden de trabajo, esta información hace posible decidir la sección que se hará responsable de hacer efectiva la orden.

Tabla 5. Causas de fallas.

CODIGO CAUSA	DESCRIPCION CAUSA
0	Sin definir
1	Eléctricas
2	Mecánicas
3	Instrumentación
4	Seguridad
5	Operación
6	Mantenimiento preventiva
7	Otras

f) *Motivo de deterioro*: Corresponde a los principales motivos de detenciones de los equipos; se determinaron de acuerdo a las razones usuales de paradas de mantención, siendo posible la incorporación de nuevos motivos según se vea en la práctica.

Tabla 6. Motivo falla.

CODIGO MOTIVO	MOTIVO
0	Sin definir
1	Sobrecarga
2	Soltura mecánica
3	Cortocircuito
4	Vida útil cumplida
5	Falla componente

Lo descrito anteriormente es la base para el funcionamiento del sistema de información, de esta forma cada equipo de las empresas de servicios será ingresado al sistema acompañado de toda su información correspondiente, la que irá actualizando automáticamente a medida sea requerido. Sin duda esta es una de las partes más importantes de la implementación de este nuevo sistema de administración de la mantención, ya que permitirá contar con una hoja de vida de todos los equipos de la planta, con su respectivo historial de fallas, el cual ayudará a ir mejorando los programas de mantención preventiva y disminuir progresivamente las paradas de equipos.

Se puede señalar que la incorporación del sistema de información podrá agilizar y mejorar el sistema de administración de mantención de las empresas de servicios, pero como ya se ha indicado, ésta no será la única variación que sufrirán las actividades de mantención, ya que a la vez se adecuará a este sistema la metodología TPM, como nuevo enfoque de trabajo y el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad II como método para realizar los programas de mantención preventiva y predictiva, por esto se ha propuesto el diagrama presentado en la Figura 8, que muestra la conexión entre estas actividades.

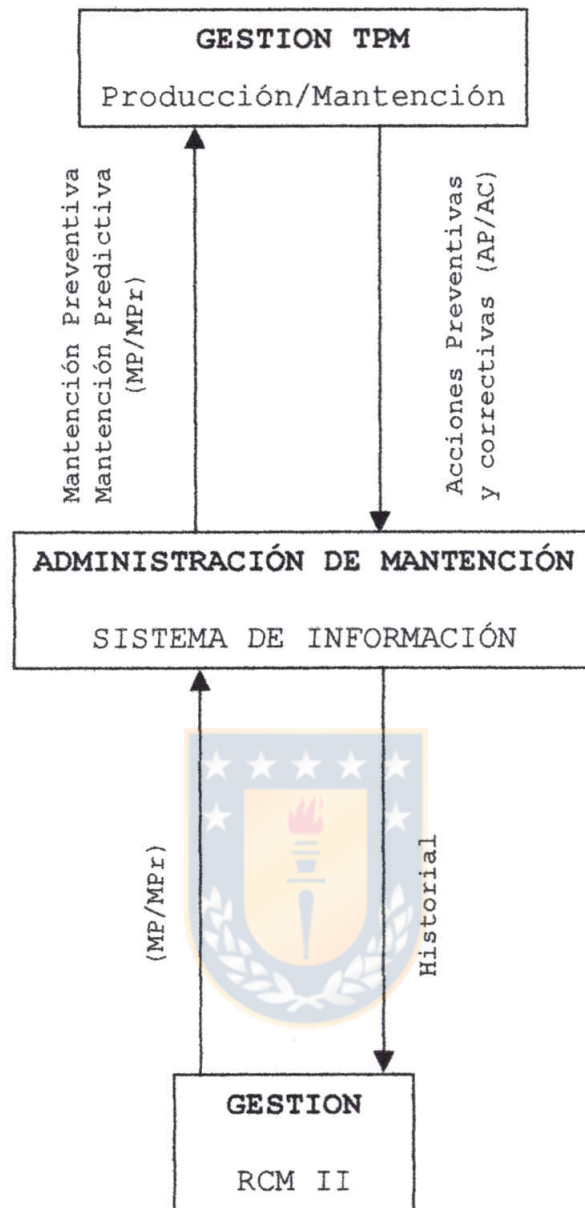


Figura 8. Relación de las herramientas metodológicas utilizadas en el nuevo Sistema de Mantención.

### 3.2 Definición de índices de gestión.

Los índices de gestión para el área de mantención fueron diseñados considerando los siguientes factores:

1. Incremento de la eficiencia y utilización del personal de mantención.
2. Identificación de soluciones ingenieriles para problemas repetitivos
3. Compromiso con la mantención preventiva y/o predictiva.
4. Aumento de la efectividad de mantención en la reparación e inspección de los equipos y en la gestión de los recursos materiales que se disponen.
5. Mayor énfasis a la planificación y programación de los trabajos de mantención.
6. Estímulo del personal que utiliza los equipos para respetar la programación de los trabajos de mantención.

De acuerdo a los factores mencionados anteriormente, se diseñaron a partir de información bibliográfica relativa a esta materia, una serie de índices que permiten evaluar el sistema de gestión de mantención, así como también ayudar a la toma de decisiones para la gestión de equipos, gestión financiera y de mano de obra, de forma de lograr contabilidad operacional, reducción de costos y optimización de servicios para cada una de las áreas respectivas.

**3.2.1 OTT (ordenes de trabajo totales):** Indicador mensual que entrega el número de ordenes de trabajo que han sido emitidas en cierto período de tiempo, permite tener una visión general del trabajo del departamento de mantención.

$$OTT_i = \sum OT_i$$

*i = semana, mes o año.*

**3.2.2 MTBF. (tiempo promedio entre fallas):** Relación entre el producto del número de equipos (NOEQ) por sus tiempos de operación (HROP) y el número total de fallas detectadas (NTFD) en esos equipos en el período observado (semana, mes, año). Mientras mayor sea el valor de este índice, mejor será la evaluación de desempeño del sistema de mantención. Este índice es utilizado para equipos reparados después de la ocurrencia de una falla.

$$MTBF = \frac{NOEQ * HROP}{\sum NTFD}$$

**3.2.3 MTTR (tiempo promedio para reparación):** Relación entre el tiempo total de utilizado para mantención correctivo (HTMC) en un conjunto de equipos con falla y el número total de fallas detectadas (NTFD) en esos equipos, en el período observado.

$$MTTR = \frac{\sum HTMC}{NTMC}$$

**3.2.4 CM/O (costo mantención v/s operación):** Relación entre el costo total de mantenimiento (CTMN) y la producción total en el período observado (PRTOP).

$$CM/O = \frac{CTMN}{PRTOP} * 100$$

**3.2.5 OT Cumplidas:** Entrega el número de ordenes de trabajo cumplidos en forma semanal, mensual y anual; sirve para evaluar el comportamiento del sistema de mantención respecto a los trabajos asignados.

$$OTC_{Cumplidas}_i = \sum OTC_{Cumplidas}_i$$

$i$ =semana, mes, año.

### 3.2.6 TPMP (tiempo promedio para mantenimiento preventivo):

Indice que relaciona el tiempo total de mantenimiento preventivo (HRMP) de un conjunto de equipos y el número total de intervenciones preventivas (NTMP) efectuadas en esos equipos en el período considerado.

$$TPMP = \frac{\sum HRMOP}{NTMP}$$

3.2.7 TPEP (tiempo promedio entre Mantenimiento Preventivo): Relación entre el número de equipos (NOEQ) por sus tiempos de operación, en relación con el número total de paradas programadas (NTMP) en el período observado.

$$TPEP = \frac{NOIT * HRO}{\sum NTMP}$$

3.2.8 PT totales: Entrega el número de pedidos de trabajo (PT) realizados al sistema de mantención en el período requerido.

$$PT_{Totales}_i = \sum PT_i$$

$i$ =semana, mes, año

3.2.9 PT cumplidos: Corresponde a la cantidad de pedidos de trabajo cumplidos (PTC), es decir, a los que se le ha asignado su correspondiente Orden de Trabajo.

$$PTC_{Cumplidosi} = \sum PTC_i$$

$i$ =semana, mes, año.

A partir de estos índices fue posible establecer otros, los que a continuación se muestran:

**3.2.10 Cumplimiento:** Este índice se definió como una manera de controlar si todos los tipos de mantención se están ejecutando regularmente según lo programado y corresponde al número de ordenes de trabajo cumplidas (OT) con respecto al número total de ordenes de trabajo emitidas (OTT).

$$CUM = \frac{OT_{Cumplidas}}{OTT}$$

**3.2.11 Efectividad:** Este índice permite llevar un control del nivel de ocurrencia de la falla con relación a la mantención programada, ayuda a evaluar medidas adoptadas para reducir la ocurrencia de fallas y para detectar si el incumplimiento de los programas se debe a la ocurrencia de imprevistos que obligan a salirse de lo programado.

$$EFEC = \frac{HRTOTE}{HRTOTNPE + HRTOTE}$$

donde

*HRT*: Horas reales total

*OTE*: Ordenes de trabajo programadas ejecutadas

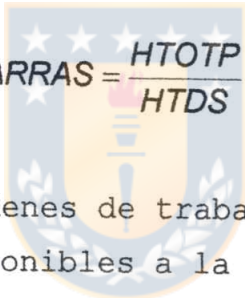
*OTNPE*: Ordenes de trabajo no programadas ejecutadas

**3.2.12 Eficiencia:** Índice definido para poder evaluar la calidad de los estándares de planificación como también

para detectar problemas de organización y ejecución de los trabajos que provocan tiempos de ejecución mayores a los planificados y planear con propiedad la utilización de la mano de obra.

$$EFIC = \frac{HRTOTE}{HPTOTE}$$

**3.2.13 Arrastre:** Este índice permite evaluar la carga de trabajo atrasada, ya sea debido a trabajos programados no ejecutados en su debida oportunidad, como a trabajos solicitados, aprobados por planificación, pero aún no planificados parcial o totalmente.



$$ARRAS = \frac{HTOTP}{HTDS}$$

donde

*HTOTP*: Horas totales ordenes de trabajo pendientes.

*HTDS*: Horas totales disponibles a la semana.

**3.2.14 Apoyo:** Apoyo permite controlar el nivel de utilización de mano de obra contratista con el fin de detectar cuando la sobre utilización de este recurso (que comúnmente implica mayores costos, problemas en el control de la ejecución de trabajos, etc) se mantiene en el tiempo, pues esto puede significar la necesidad de aumentar la dotación de los talleres propios o de capacitar la ya existente, de manera de poder ejecutar en los talleres, trabajos que son subcontratados frecuentemente.



$$APO = \frac{HTSUBC}{OTT}$$

donde

*HTSUBC*: Horas totales subcontratadas

La característica importante que se debe mencionar, es que cada uno de estos índices deberán ser calculados en forma automática por el sistema de información, de acuerdo a la información incorporada a él, por lo que los directivos tendrán la posibilidad de estar permanentemente informados del desempeño del sistema de mantención y actuar rápidamente ante aumentos de deficiencias en la gestión de la mantención.

### **3.3 Implementación del mantenimiento productivo total (TPM) y mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM II).**

#### **3.3.1 Actividades de instalación del TPM.**

**3.3.1.1 Preparación inicial.** Ya que se trata de una metodología, que si bien surge en Japón en 1971, sólo en estos últimos años ha sido introducida en nuestro país, por lo tanto, se hará necesario un estudio y preparación acabada sobre el tema, especialmente para los encargados del sistema de información, que tendrá como base la unidad de transportes de BASA.

Esta preparación debe incluir el estudio en forma general del plan piloto y de sus correspondientes actividades.

#### **3.3.1.2 Determinación y adquisición de recursos necesarios.**

Como se ha señalado, la introducción del TPM lleva a un trabajo conjunto entre producción y mantención. Esto implica la necesidad de proveer a los trabajadores de los

recursos necesarios que le permitan por un lado a los mantenedores no malgastar tiempo en la búsqueda de repuestos y por otro lado proporcionar a los operarios las herramientas que les permitan realizar las tareas sencillas y rutinarias de mantención.

**3.3.1.3 Preparación cursos.** La introducción del TPM en el sistema de mantención de las empresas de servicios forestales hace necesario capacitar a los trabajadores, por un lado para enseñar a éstos los objetivos de TPM y la forma de llevar a cabo la modalidad de trabajo, pero además, se necesita capacitar especialmente a los operarios para que puedan desempeñar tareas rutinarias y sencillas que actualmente son realizadas por el departamento de mantención.

Estos cursos son uno de los pilares fundamentales para el buen desarrollo del proyecto, puesto que a través de ellos se empieza a motivar fuertemente a los operarios, entregándoles las herramientas teóricas que les permitirán realizar las actividades sugeridas por el TPM, una vez sea puesto en marcha.

Los cursos de presentación del tema se tratan de reuniones expositivas, en las cuales se da a conocer la metodología TPM en forma clara y fácil de entender para los trabajadores, el objetivo es que ellos comprendan de que se trata el TPM y lo que se pretende lograr en la empresa con su incorporación. A la vez se sugiere aprovechar esta oportunidad para incentivar a los trabajadores a participar en la implementación, dando énfasis a que la forma de trabajo a la que hace referencia el TPM no significa una

carga más a sus labores habituales, sino que les permite convertirse en trabajadores más eficientes para la empresa por su autonomía y capacidad de realizar multitareas, lo que puede traer consigo una mejor valoración por parte de sus superiores convirtiéndolos en personas más útiles a la organización a la que ellos pertenecen, lo cual los debe hacer sentir mejor como trabajadores y personas.

Es preciso, como parte de la capacitación entregar todos los recursos que los trabajadores requieran, por esta razón se recomienda establecer cursos de carácter obligatorio y voluntario. Los cursos de capacitación voluntarios incluyen materias que permiten a los operarios la posibilidad de participar en actividades de mantención sencillas y rutinarias que no requieran de un conocimiento técnico más especializado. Los cursos obligatorios, son aquellos directamente relacionados con las actividades del TPM, son clases de corta duración, que incluirán temas tales como utilización de recursos TPM, forma de realizar inspecciones, entre otros.

**3.3.1.4 Desarrollo de metas y políticas.** Aspecto clave en la incorporación del TPM a las empresas de servicios forestales, resultará ser el establecimiento de metas y políticas, claras y alcanzables, que guíen y motiven a los trabajadores. Dado que el proyecto TPM es de larga duración es necesario plantear metas y políticas básicas de mediano y largo plazo, así como también metas de corto plazo, las que deben caracterizarse por ser posibles de medir y constatar resultados, ya sean satisfactorios o desfavorables al plan TPM, lo cual constituirá una ayuda a la dirección para tomar las decisiones adecuadas que

encaucen el proyecto en el camino correcto (Bravo, 1993). Tomando en cuenta estas consideraciones se proponen las políticas y metas que se enuncian a continuación:

- Políticas Básicas.

- Comprometerse con el TPM e incorporar procedimientos concretos de desarrollo del TPM en el plan de dirección de la empresa.
- Maximizar la efectividad del equipo y eliminar todas las pérdidas de producción causadas por fallas en el equipo.
- Crear un sentimiento de propiedad del operario con su equipo a través de programas de capacitación y mayor compromiso con su equipo.
- Fomentar mejoras continuas a través de actividades en grupo que incluyan a personal de producción y mantenimiento.

- Metas Básicas.

- Reducir averías de equipo y maquinarias.
- Reducir retrasos, tiempos de cambio de útiles/ajuste.
- Uso más efectivo del equipo existente.
- Control de precisión de equipos e instrumentos.
- Conservación de materiales y energía.
- Entrenamiento y desarrollo del personal.

De lo anterior se establecen las siguientes metas de corto plazo:

- Reducir fallas (N°fallas/mes).
- Reducir tasa fallas equipo (Casos/ Horas).

- Incrementar el MTBF (tiempo promedio entre fallas).
- Reducir defectos en proceso (%).
- Incrementar número de mejoras sugeridas (Personas/Meses).
- Incrementar tasa de seguridad (Días/Horas)

Estas metas por sí solas, no tienen ninguna validez, puesto que deben ser cuantitativas, especificando cantidades y períodos de tiempo de vigencia, sin embargo dado que no se cuenta con historiales de mantención que permitan determinar la situación actual de la empresa respecto a estos parámetros, será necesario, esperar al menos tres meses para contar con el historial que entregue el sistema de información y así formalizar estas metas, por ejemplo: "Reducción de fallas de 20/mes en Marzo de 2000 a 15/mes en Julio de 2000."

**3.3.1.5 Lanzamiento piloto.** Esta actividad tendrá el objetivo de probar la efectividad de la metodología y promover el interés de la gente. Para realizarla es necesario previamente seleccionar una empresa de servicios y dentro de ella el área donde se pueda insertar el TPM en mejores condiciones, es decir, donde exista un comportamiento favorable de parte del personal involucrado hacia la nueva metodología planteada.

El lanzamiento del plan piloto debe incluir actividades de mantenimiento preventivo y autónomo, las que incluyen tareas de limpieza, búsqueda de fallas, perfeccionamiento del conocimiento de los equipos y capacitación.

**3.3.1.6 Preparación del plan maestro.** Una vez realizado el lanzamiento piloto, se debe comenzar la elaboración de un programa que permita la incorporación del TPM a toda la empresa convirtiéndolo en un procedimiento de trabajo normal y que no sea visualizado como un proyecto momentáneo y de corta duración.

Las actividades que se incluyen en el plan maestro no deberían variar significativamente de las propuestas en el plan piloto, sólo se amplían al resto de las actividades de la empresa y se realizan los cambios necesarios que derivan de las dificultades o deficiencias encontradas durante la implementación del plan piloto.

**3.3.1.7 Perpetuidad.** Simplemente esta actividad es el mantenimiento de la metodología TPM, ya incorporada como nueva forma de trabajo en la empresa, es decir, es la plena identificación de la empresa con el TPM.

Requerirá de una continua revisión que permita determinar si se están realizando las cosas de la forma correcta, tal como han sido planteadas de un comienzo, involucra a la vez, perfeccionamiento de la técnica, en el sentido de ir mejorando aquellos eslabones no logrados del TPM. Es importante mencionar que no es posible determinar los inconvenientes con los que la organización se podría encontrar en la práctica, por lo tanto lo único recomendable es ir realizando periódicamente evaluaciones del TPM, a través de los índices de gestión que arrojará el sistema de mantenimiento, lo cual será una medida que dará la alerta de posibles deficiencias que requerirán de atención y de perfeccionamiento.

**3.3.2 Plan de instalación piloto.** El desarrollo del Plan de Instalación Piloto es un elemento fundamental del desarrollo del proyecto TPM, a través de él se puede demostrar al resto de la empresa que TPM funciona, y es el punto de partida visible para los trabajadores del inicio del proyecto.

El plan de instalación piloto requiere de la realización de las primeras cuatro tareas señaladas en las actividades de instalación, sin embargo, sus actividades fundamentales, según lo propuesto por la metodología TPM, especialmente por Nakajima (1993), se dividen en dos partes.

**3.3.2.1 Mantenimiento preventivo.** Para dar inicio al proyecto piloto se recomienda utilizar la planificación considerada en la metodología RCM II, como base para el diseño del programa de mantención de la empresa de servicios seleccionada.

La planificación del mantenimiento preventivo a partir de la utilización del RCM II, hace necesaria la realización de ciertas actividades. Las actividades a realizar en esta etapa, según lo requiere la metodología RCM, son las siguientes:

- Formación equipos de trabajo.
- Capacitación equipo de trabajo.
- Desarrollo tareas RCM II.
- Instalación del sistema de mantención preventiva.

Aunque la implementación del TPM, en sí, no abarca la aplicación del RCM II, en este trabajo se considera

adecuado el desafío de alinear estas metodologías, generando el espacio para que se potencien entre ellas, esto dado la falta en las empresas de servicios forestales, de un programa de mantención preventiva y predictiva acorde con las expectativas generadas para el proyecto TPM, que permita eliminar totalmente, en el largo plazo, todas las paradas improductivas de máquinas.

#### **3.3.2.1.1 Mantenimiento centrado en la confiabilidad. RCM**

**II.** El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad ha sido definido por diferentes autores como una metodología que permite determinar los requerimientos del mantenimiento de los equipos y maquinarias en su contexto operacional. No busca determinar únicamente los programas de mantención preventiva, sino que permite distinguir la mejor acción de mantención para cada uno de los equipos de la planta, es decir, la necesidad de mantención correctivo, preventiva, predictiva o en el peor de los casos la exigencia de cambios de diseño. Como se indicó en el Capítulo 2 el proceso RCM II se basa en responder para cada uno de los equipos en revisión las siguientes preguntas:

1. ¿ Cuáles son las funciones?
2. ¿ De qué forma puede fallar?
3. ¿ Qué causa que falle?
4. ¿ Qué sucede cuando falla?
5. ¿ Qué ocurre si falla?
6. ¿ Qué se puede hacer para prevenir los fallos?
7. ¿ Qué sucede si no puede prevenirse el fallo?



Para responder estas preguntas ha sido necesario realizar una serie de actividades previas, las que se detallan a continuación:

1. Establecer los equipos y maquinarias bajo el proceso de revisión: según lo señalado en la bibliografía referente al tema es necesario contar con un registro de los equipos de la planta, por lo que se propone obtener tal información de los registros incorporados al sistema de información. Si se planea tener un buen plan de mantención es necesario incorporar a todos los equipos de la planta, cabe recordar que se está realizando la experiencia piloto para un área específica. Los equipos de la misma área deben ser puestos en un principio bajo el proceso de revisión RCM II, incorporando posteriormente los restantes equipos de las demás secciones.
2. Preparar documentación: la metodología RCM II presentada por Moubray (1992), considerada para la realización de este trabajo, muestra la necesidad de contar con dos tipos de documentos que permiten ordenar la información obtenida del proceso de revisión de los equipos de la empresa. El primer documento corresponde a la Hoja de Trabajo de Información, en ella se anotarán las funciones, las fallas asociadas a dichas funciones, las causas de las fallas y los efectos que pueden provocar, para cada uno de los componentes de los equipos bajo el proceso de revisión. En este sentido se dejará a criterio del grupo de trabajo la selección de los componentes de las máquinas más importantes de revisar. El segundo documento corresponde a la Hoja de Trabajo de Decisión, en ésta se evaluarán las consecuencias y se

propondrán las actividades de mantención que deberán ser ejecutadas.

3. Preparación Curso de Capacitación: Debido a que la metodología RCM II es desconocida por los trabajadores, será necesario previamente realizar una capacitación que les permita poder desarrollar el proceso de revisión eficientemente. En el curso se presentan la metodología, los beneficios que traerá a la empresa y a ellos mismos, se detallarán los principales aspectos que se deben tener en cuenta, así como también se enseña la forma de ocupar la documentación necesaria.
4. Determinar grupo de trabajo RCM II: No se debe olvidar que el proyecto RCM II es paralelo al proyecto TPM, por lo que se recomienda que no se puede desaprovechar estas oportunidades para infundir un ambiente laboral que promueva el trabajo conjunto entre operarios y mantenedores, ya que ambos grupos de trabajadores tienen conocimiento de los equipos en cuestión y están capacitados para responder la serie de preguntas referidas anteriormente, bajo estas consideraciones el equipo de trabajo para el RCM II debe estar formado por operadores de los equipos y trabajadores de los diferentes talleres de mantención.

**3.3.2.2 Mantenimiento Autónomo.** Esto se refiere al plan dirigido principalmente a operarios, lo que constituye una característica única del TPM, es la parte que más motivación requiere, puesto que significa alejar a los operarios de la idea "yo opero o conduzco, tú reparas" cambiando su forma de pensar a "de mi máquina, me encargo yo". Las actividades de mantenimiento autónomo se han

determinado de acuerdo a (1993), las que se describen a continuación:

- Estándares de limpieza y lubricación: se deben establecer estándares de limpieza, lubricación y ajustes que deben ser mantenidos.
- Inspección general: a través de la inspección es posible detectar pequeños defectos, esta actividad se basa centralmente en la capacitación y habilidad que adquieran los operarios para realizarla.
- Inspección autónoma: se debe establecer un calendario de chequeos.



#### IV CONCLUSIONES.

##### 6.1 Conclusiones y recomendaciones.

La integración de las herramientas presentadas en este trabajo, Mantenimiento Productivo Total, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad II y el Sistema de Información pueden traer considerables beneficios a la Empresas de Servicios Forestales, no tan sólo a nivel del área de mantención, sino que en forma más global incluyendo a toda la organización, aunque es necesario plantear algunas consideraciones que permitan lograr el buen término de este proyecto:

1. Debe existir un compromiso permanente de parte de los directivos de la empresa en pro de la consecución de las metas planteadas, esto significa que debe entregarse ayuda incondicional, si los resultados son insatisfactorios, se debe enfrentar tales dificultades proporcionando los recursos necesarios, en caso contrario, si el proyecto es exitoso, plantear nuevas metas que busca el logro de mejoras sucesivas en los procesos, por lo tanto, se recomienda no postergar la incorporación del TPM y RCM II.
2. Específicamente, en cuanto al Mantenimiento Productivo Total, éste no debe ser considerado como un programa de mantenimiento, se sugiere hacer conciencia tanto a operarios como mantenedores, que el TPM es un enfoque de trabajo, es un medio con el que se logra evitar las paradas que provocan una disminución de eficiencia, con lo que se puede lograr un decrecimiento de costos y consecuentemente un aumento de utilidades.

El factor motivacional es primordial, para el desarrollo del TPM, razón por la cual se debe apelar a la voluntad, especialmente de operarios, para que desarrollen tareas que hasta este momento son función del departamento de mantención.

El programa de mantenimiento autónomo propuesto en este trabajo, es sumamente sencillo de llevar a cabo y a simple vista podría entregar buenos resultados si se realizan eficientemente las actividades planteadas en dicho programa, principalmente por que hoy en día, no forman parte de los procedimientos de trabajo de mantención ni de producción, por lo tanto, para lograr la ejecución de dicho programa los operarios deberán mantenerse incentivados, convirtiéndolo en parte de su rutina normal de trabajo; se sugiere que esta motivación sea manejada por los supervisores de cada empresa o de la Unidad de Transportes de BASA, quienes impulsen a sus trabajadores a realizar las actividades de mantenimiento autónomo, bajo la idea de que esto los engrandece como personas por aumentar sus capacidades y conocimientos, y a la vez como trabajadores por ayudar a la empresa a maximizar su eficiencia.

Asimismo, se recomienda que los mantenedores sean motivados por sus jefes de taller para presentar disponibilidad de cooperar con los operarios en el desarrollo de tareas sencillas y rutinarias de mantención, situación que también debería repetirse en forma inversa, es decir, ser los operarios quienes apoyen a los mantenedores a conocer de mejor forma el funcionamiento de los equipos.

Probablemente el objetivo principal del TPM, de cero fallas y cero defectos, sea utópico, sin embargo, esto no debe desalentar a los directivos de la empresa, se recomienda periódicamente ir proyectando metas más altas que tiendan en un futuro cercano al mínimo número posible de fallas y defectos.

3. Respecto al programa de mantención que surja producto de la aplicación del Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad II, se sugiere que el plan de mantenimiento preventivo y predictivo sea perfeccionado a medida que se cuente con información histórica de fallas obtenida desde el historial recopilado en el sistema de información, esto no quiere decir que el trabajo que se realice en estos momentos sea innecesario, puesto que lo relativo a la descripción de funciones y el análisis de los modos de fallas y sus probables efectos, es la etapa que requiere una duración más extensa y mayor trabajo en equipo; además el programa que será obtenido no será tan lejano a la realidad de mantención que requieren los equipos, puesto que estará basado tanto en las recomendaciones de los fabricantes como en la experiencia de los trabajadores, situación que en conjunto entrega un alto potencial de éxito a la planificación de mantención.
4. La base del nuevo sistema de administración de mantención que se plantea en este trabajo corresponde a la incorporación de un Sistema de Información, la empresa debe aprovechar todos los beneficios que puede obtener con su utilización; de hecho, de lo observado durante el trabajo de esta Memoria de Título se puede concluir que la gestión de mantención actual de las Empresas de Servicios Forestales es deficiente

especialmente por la falta de documentación y de procedimientos concretos ante eventualidades, situación que podrá ser totalmente perfeccionada con la utilización del sistema de información.

Se recomienda que la empresa tome en consideración que se ha formulado implementar un programa de trabajo que no es posible de lograr en el corto plazo, por lo que una vez iniciado, tanto el TPM como el RCM II, no se pueden dejar de lado, puesto que provocaría el olvido de los trabajadores y más aún delataría una falta de compromiso con los objetivos de la empresa por parte de los directivos lo que entrega una mala señal tanto para retomar el proyecto, como para futuros propósitos planteados por la empresa.

Es importante señalar, que este trabajo si bien ha sido planteado, específicamente para las Empresa de Servicios Forestales que operan en la Unidad de Transportes de BASA., puede ser utilizado como guía para otras empresas, puesto que se basa en la aplicación de metodologías universales, que requieren como punto de partida los deseos de mejorar lo que se está realizando; en general en el trabajo desarrollado se proponen secuencias de trabajo sencillas, que no requieren un cambio radical drástico de los procedimientos actuales de cualquier empresa, sin embargo, especialmente en el caso del TPM se necesita un cambio en la cultura organizacional que evite las divisiones departamentales y que entienda que el trabajo en conjunto entre las distintas áreas de la empresa es la fuente del aumento

de productividad y del logro de competitividad en el mercado.

Los índices de gestión de mantención propuestos en este trabajo contemplan índices especiales para evaluar el comportamiento de los equipos, índices de costo de mantención respecto a producción e índices de evaluación del sistema de mantención, todos ellos utilizados para lograr una mayor confiabilidad de los equipos, minimización de los costos y un desempeño eficiente de la mantención, logrando resultados que impulsen el proceso de mejoramiento continuo.





## V RESUMEN.

El presente estudio ha sido desarrollado en la Unidad de Transportes de Bosques Arauco S.A. Su objetivo principal es el diseño de un sistema de gestión y control en mantención de equipos de transporte para las empresas de servicios forestales que operan en la unidad anteriormente mencionada, basado en la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM), apoyado por las herramientas del Mantenimiento Centrado en las Confiabilidad (RCM II) y el respaldo de un sistema de administración de la información, el que será propuesto.

El trabajo abarca la planificación de una estrategia de instalación, definición de políticas y metas básicas, desarrollo de información y capacitación de los trabajadores de las empresas, propuesta de un programa de mantenimiento correctivo y de mejoras; así como también se constituyó un plan de instalación piloto que incluye la, propuesta de un programa autónomo y la formación del programa de mantenimiento preventivo, entregando las bases para la aplicación de éste, a través de la aplicación del proceso de revisión propuesto por la metodología RCM II.

Además se proponen una serie de índices de evaluación de gestión los que permitirán evaluar y tomar las decisiones de mejoras en los casos que corresponda.

Efectuado correctamente, se concluye que el programa de mantenimiento propuesto puede mejorar la confiabilidad y disponibilidad de los equipos, por ser un cambio radical al proceso actual de mantención.

## VI SUMMARY

This study has been carried out in the Transport's Unit of Bosques Arauco S.A.. To design a system of management and control in maintenance of transport equipment for forestry service enterprises operating in this already mentioned main objective of this work. This design is based in the methodology of Total Productive Maintenance (TPM) supported by tool of Reliability Centered Maintenance (RCM II) and the backup of an information administration system, that it will be proposed.

This work comprises the planification of an installation strategy, definition of basic policies and goals, development of information, training of enterprises workers and put forward a corrective maintenance and improvement program. Besides, a plan of initial installation and the formation of the preventive maintenance program, that gives the basis for his use, through using of a checking process, proposed for the RCM II methodology was implemented, too.

Besides, a series of indexes needed to evaluate, improve the decision making system were proposed.

It is concluded that the maintenance program proposed, do it in the right way, may improve the trusty and availability of equipment, as it is a radical change in the current maintenance process.

## VII BIBLIOGRAFIA.

Aladón, E. 1997. Seminario de mantenimiento centrado en la confiabilidad II (RCM II).

Bravo, C. 1993. Diseño de un sistema de control de Gestión para el Mantenimiento Productivo Total (TPM). Tesis de grado. Dpto. Ingeniería de Sistemas. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción.

Bustos F. 1997. Diseño de un Sistema de Gestión de la Mantenición en una Organización en Desarrollo: Un Caso Práctico. Tesis de grado. Depto. Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción.

Gil, C.A. 1996. El Transporte Urgente: Un Servicio Estratégico para la Empresa. Revista Alta Dirección, 189:385-385.

Gramsch S. 1990. La mantención centrada en la confiabilidad y la Mantención productiva total. Revista de Mantenimiento, 1:19-22.

Gramsch S. 1991. Mantenimiento productivo total (TPM). Revista de Mantenimiento, 2:13-15.

Guillén, M. 1987. Análisis de la Función de la Calidad en una Empresa de Servicios. Revista Alta Dirección, 132:105-105.

Lucía L. 1990. Criterios para la información del mantenimiento. *Revista de Mantenimiento*, 1:5-7.

Moubray, J. 1993. *Reliability Centered Maintenance II*. 2ª Edición. E.E.U.U.

Nakajima, S. 1993. *Introducción al TPM. Mantenimiento Productivo Total*. 3ª Edición. España. 1993.

Rayo J. 1991. Aplicación de computadores personales en la administración del mantenimiento. *Revista de Mantenimiento*, 2:7-11.

Saravia C. 2000. Aplicación de herramientas para el mejoramiento continuo en mantención: un caso práctico. Tesis de grado. Departamento de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería. Universidad de Concepción.

