

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



Propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico basado en la metodología RCM II para planta industrial, ASMAR Valparaíso

Por:

**Ignacio Joaquín Jara Ramírez
Carolina Francisca Soto Valenzuela**

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

Prof. Guía: Augusto Vargas Schüler

Octubre, 2016

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a mi padres, Osvaldo Soto y Rosa Valenzuela, por ser el pilar de mi formación, gracias por estar presente en todo momento, por creer en mí, por apoyarme en cada decisión, por su cariño, comprensión y esfuerzo, ustedes hicieron posible la culminación de esta etapa en mi vida, nunca terminaré de agradecerles, me siento muy afortunada por tenerlos.

A mis hermanas por cada palabra, cada alegría, cada momento, gracias por estar incondicionalmente en mi vida. A mi familia en general, amigos y amigas por estar siempre, la vida es mucho más bella junto a ustedes.

No puedo dejar de lado a mi compañero de trabajo Ignacio Jara, por la paciencia, conocimiento y optimismo, te deseo lo mejor en todo lo que viene, eres una gran persona.

Gracias a nuestro profesor guía Augusto Vargas, por su dedicación, criterio y paciencia, ha sido un privilegio poder contar con su ayuda. También quisiera agradecer a cada uno de mis profesores por sus conocimientos, enseñanzas y por ayudar en mi formación como profesional.

Agradezco a la empresa ASMAR por permitir realizar nuestro trabajo de título, por brindarnos su ayuda y tiempo.

Y a todas aquellas personas que siempre han estado junto a mí, gracias.

Carolina Soto Valenzuela

Quisiera agradecer en primera instancia a mi familia por el apoyo brindado durante todo mi proceso universitario, en especial a mis padres Enrique Jara y Verónica Ramírez, ya que gracias a su esfuerzo, dedicación, cariño y apoyo incondicional en los momentos difíciles, han contribuido enormemente en la culminación de ésta etapa de mi vida. También quisiera agradecer a mis abuelos Victor Ramírez y Ada Alemparte, a mi tia abuela Julia Alemparte Q.E.P.D y a mi tío Victor Ramírez, por haber aportado cada uno a su manera en mi crecimiento personal.

Agradezco a mi compañera de tesis Carolina Soto por haber colaborado considerablemente en el desarrollo de esta tesis, por su paciencia, dedicación y perseverancia, espero que tu vida se llene de éxitos y que puedas cumplir todas tus metas.

También agradezco a nuestro profesor guía Augusto Vargas por sus aportes, conocimientos entregados y disposición para atender nuestras consultas, fundamentales a la hora de realizar este documento.

Finalmente quisiera agradecer a María José Fonzo por darnos la oportunidad de realizar este trabajo de título y al equipo de mantención de ASMAR (V) por todo el apoyo brindado.

Ignacio Jara Ramírez

Índice

Glosario	6
Listas de Abreviaturas y Siglas	8
Lista de tablas	9
Lista de Figuras	10
Resumen	11
Summary	13
Introducción	15
1. Antecedentes generales	16
1.1 Descripción de empresa	16
1.1.1 ASMAR Valparaíso	17
1.2 Descripción general de procesos	19
1.2.1 Elección de línea de negocio	19
1.2.2 Proceso de servicio de reparación de embarcaciones navales	20
1.2.3 Proceso de mantenencias	22
1.3 Equipos área de reparación de embarcaciones navales	25
1.3.1 Análisis de dimensiones	25
1.4 Descripción del problema	29
1.4.1 Resumen problema	33
1.5 Causas del problema	33
1.5.1 Diagrama de Pareto	34
1.5.2 Diagrama de causa y efecto	36
1.6 Consecuencias del problema	39
1.7 Análisis de metodologías	41
1.7.1 Metodologías aplicadas	42
1.7.2 Análisis y selección de metodológica aplicables	46
1.8 Resultados esperados	47
1.9 Limitaciones	47
1.10 Objetivos	48
1.10.1 Objetivo general	48
1.10.2 Objetivo específicos	48
1.11 Resumen Capitulo 1: Antecedentes generales	49
Objetivo general	50
Objetivo específicos	50

2. Metodología	51
2.1 Mantenimiento y Mantenimiento centrado en la confiabilidad II	51
2.2 Las siete preguntas básicas del RCM II.....	51
2.2.1 Funciones	52
2.2.2 Fallas funcionales	53
2.2.3 Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)	53
2.2.4 Consecuencias de las fallas.....	56
2.2.5 Técnicas de manejo de fallas.....	58
2.2.6 Proceso de Selección de Tareas de RCM.....	61
2.3 Resumen Capitulo 2: Metodología.....	66
3. Aplicación de la metodología	68
3.1 Funciones y fallas funcionales del activo	68
3.2 Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE).....	74
3.3 Evaluación de las consecuencias de las fallas	75
3.4 Técnicas de manejo de fallas	75
3.5 Elaboración de POE para de propuesta de plan de mantenimiento para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.....	77
3.6 Resumen Capitulo 3: Aplicación de la Metodología	78
4. Análisis de resultados	79
4.1 Contexto de la aplicación de la metodología RCM II.....	79
4.2 Análisis de las mantenciones preventivas propuestas	79
4.3 Análisis de costos mantenimiento propuesto	81
4.4 Resumen Capitulo 4: Análisis de resultados.....	85
5. Conclusiones y recomendaciones	86
5.1 Conclusiones.....	86
5.2 Recomendaciones.....	91
Bibliografía	93

Anexos	94
Anexo 1.1 Descripción general del proceso de servicio de reparación de embarcaciones marítimas	94
Anexo 1.2 Descripción general del área mantenimiento	98
Anexo 1.3 Descripción de actividades de mantención	103
Anexo 1.4 Encuesta 1 y resumen.....	104
Anexo 1.5 Mantenciones totales a equipos críticos	106
Anexo 1.6 Encuesta 2 y resumen.....	109
Anexo 3.1 Hojas de información RCM ii “Mandrinadora Tos Varnsdorf”	112
Anexo 3.2 Hojas de decisión RCM II “Mandrinadora Tos Varnsdorf”	118
Anexo 3.3 Procedimientos operativos estándar “Mandrinadora Tos Varnsdorf”	124
Anexo 3.4 Procedimientos para las mantenciones preventivas, ASMAR Valparaíso	131

Glosario

Análisis de vibraciones: Es una técnica para supervisar y diagnosticar una máquina a través de un estudio de la propagación de ondas.

Astilleros: Lugar donde se construyen y reparan buques. Puede tratarse de yates, buques militares, barcos comerciales, y/o otro tipo de barcos para transporte de mercancías o de pasajeros.

Bote PUMAR: Es la línea de Botes neumáticos y semirrígidos producidos en Valparaíso por ASMAR, los principales clientes de los botes son las Fuerzas Armadas, Fuerzas Policiales y Cuerpos de Rescate de Chile.

Calibración: Es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar).

Carena: Se denomina al volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación en un buque.

Confiabilidad: Capacidad de un activo de desempeñar una función requerida, en condiciones establecidas durante un período de tiempo determinado.

Diagrama de decisión RCM II: Herramienta que permite seleccionar las actividades de mantenimiento según la filosofía del RCM 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.

Disponibilidad: Se define como la probabilidad de que el equipo esté en estado de funcionar (ni averiado ni en revisión) en un tiempo dado.

Embarcaciones navales: Barcos, buques o botes pertenecientes a la Armada de Chile.

Embarcaciones privadas: Barcos, buques o botes no militares propiedad de privados tanto nacionales como extranjeros.

Falla: Es el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento. Pérdida de la capacidad operativa del elemento de máquina.

Ferrografía: Es una técnica que permite el análisis de la concentración, tamaño, forma y procedencia de partículas metálicas presente en el aceite.

Hoja de decisión RCM II: Hoja donde se registran los resultados obtenidos del análisis AMFE. Costa de cuatro columnas en donde se registran la descripción de las funciones, pérdida de función, modo de falla y efectos de falla.

Hoja de información: Hoja donde se registran los resultados obtenidos posterior a la aplicación del diagrama de decisión RCM II. Para cada modo de falla, se define una actividad de mantenimiento correspondiente.

Inspección: Se trata de una exploración física que se realiza principalmente a través de la vista.

Mantenimiento correctivo: Es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.

Mantenimiento preventivo: Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento.

ODM: Oficina de mensajes, es la encargada de clasificar y controlar los mensajes navales que llegan a una repartición de la Armada.

Personal directo: Es el que se emplea en las áreas que tiene una relación directa con la prestación de servicio. Es la generada por operarios calificados de ASMAR (V).

Personal indirecto: Es el que se emplea en las áreas administrativas de la empresa que sirven de apoyo a la producción y comercio.

Plan de mantenimiento: Es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento.

SIIG omega: Es un sistema de planificación de recursos empresariales que integra y maneja aspectos asociados con las operaciones de producción y distribución diseñado para la empresa.

Listas de Abreviaturas y Siglas

ASMAR (V): Planta Industrial Valparaíso, ASMAR.

CLP: Peso chileno.

Fff: Factor de frecuencia de fallas.

FMEA: Análisis de modos de fallas y efectos.

FMECA: Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad.

MTBF: Mean time between fail; Tiempo promedio entre fallas.

MTTR: Mean time to recovery; Tiempo promedio para reparar.

ODM: Oficina de mensajes.

RCM: Mantenimiento centrado en la confiabilidad.

RR.HH. Recursos humanos.

RR.LL. Relaciones laborales.

TPM: Mantenimiento productivo total.

USD: Dólar americano.

Lista de tablas

Tabla 1.1 Utilidades últimos años, ASMAR (V)	17
Tabla 1.2 Equipos críticos, ASMAR (V)	26
Tabla 1.3 Tiempo de reparación de equipos	26
Tabla 1.4 Cantidad de fallas por equipo	27
Tabla 1.5 Días entre fallas	27
Tabla 1.6 Costo de mantención	28
Tabla 1.7 Resumen costo y cantidad de mantenciones a equipos críticos	29
Tabla 1.8 Resumen de mantenciones a equipos críticos	30
Tabla 1.9 Resumen mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	32
Tabla 1.10 Consideraciones departamento de gestión, ASMAR (V)	32
Tabla 1.11 Jerarquización de causas (Pareto)	34
Tabla 1.12 Causas más relevantes	36
Tabla 1.13 Causas clasificadas	37
Tabla 1.14 Beneficios y limitaciones de árbol de fallas	42
Tabla 1.15 Beneficios y limitaciones de FMECA	43
Tabla 1.16 Beneficios y limitaciones de análisis de criticidad	44
Tabla 1.17 Beneficios y limitaciones de TPM	45
Tabla 1.18 Beneficios y limitaciones de RCM II	45
Tabla 1.19 Tabla de ponderación	46
Tabla 2.1 Hoja de información RCM II	55
Tabla 2.2 Hoja de decisión RCM II	64
Tabla 3.1 Parámetros técnicos de la máquina	70
Tabla 3.2 Funciones y fallas funcionales de los subsistemas	73
Tabla 3.3 Extracto de hoja de información del subsistema husillo	74
Tabla 3.4 Consecuencias de las fallas	75
Tabla 3.5 Técnicas de manejo de fallas	75
Tabla 3.6 Extracto de hoja de decisión RCM II, subsistema husillo	76
Tabla 3.7 Extracto de procedimiento estándar de mantenimiento	77
Tabla 3.8 Sistema y subsistema analizados	78
Tabla 4.1 Carta gantt mantenciones preventivas mandrinadora	79
Tabla 4.2 Actividades de mantenimiento de mandrinadora	80
Tabla 4.3 Distribución de mantenciones	80
Tabla 4.4 Comparación de mantenciones	81
Tabla 4.5 Costos de mantenimiento, mandrinadora	81
Tabla 4.6 Costos de mantenimiento cada 3 meses	82
Tabla 4.7 Costos de mantenimiento cada 4 meses	83
Tabla 4.8 Comparativa de costo anual de mantenimiento	84
Tabla 5.1 Representación de objeto de estudio en las dimensiones	88
Tabla 5.2 Extracto procedimiento estándar de mantenimiento	89
Tabla 5.3 Distribución gráfica de las tareas de mantención	90
Tabla 5.4 Comparativa entre costos de mantenimiento	90

Lista de Figuras

Figura 1.1 Organización empresa ASMAR	16
Figura 1.2 Utilidades últimos años, ASMAR (V)	17
Figura 1.3 Organigrama, ASMAR (V).....	18
Figura 1.4 Utilidades líneas de negocio	19
Figura 1.5 Diagrama de flujo de servicio de reparación, ASMAR (V)	21
Figura 1.6 Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento preventivo	23
Figura 1.7 Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento correctivo	24
Figura 1.8 Dimensiones de estudio.....	25
Figura 1.9 Recursos asignados a mantenciones.....	31
Figura 1.10 Cantidad de mantenciones	31
Figura 1.11 Tiempo de indisponibilidad.....	32
Figura 1.12 Gráfico Pareto.....	35
Figura 1.13 Diagrama de Ishikawa.....	38
Figura 1.14 Resumen causa - problema - consecuencia	40
Figura 1.15 Gráfica del problema.....	40
Figura 2.1 Probabilidad condicional de falla y "vida útil".....	59
Figura 2.2 Curva P-F	60
Figura 2.3 Diagrama de decisión RCM II	63
Figura 2.4 Diagrama de flujo aplicación de metodología RCM II.....	67
Figura 3.1 Vista lateral máquina	71
Figura 3.2 Vista superior máquina	72

Resumen

Palabras claves: *Plan de mantenimiento, Mantenimiento preventivo, Mantenimiento correctivo, Disponibilidad, Metodología RCM II.*

El presente trabajo de título se desarrolla en la empresa ASMAR Valparaíso, la cual se dedica a la reparación integral a flote y fabricación de embarcaciones inflables y semirrígidas marca PUMAR.

El desarrollo de este trabajo comienza con una breve reseña de la empresa y descripción del proceso general de la planta industrial ASMAR Valparaíso, en torno a los antecedentes generales de la empresa junto con el detalle de la línea de negocio de reparación de embarcaciones navales en la cual se enfoca este trabajo, luego se describió del área de mantención y se explican los procesos de los dos tipos de mantenciones que se realizan en la empresa, mantenciones correctivas y preventivas.

El tema se origina con el fin de aumentar la disponibilidad y confiabilidad de los equipos de ASMAR Valparaíso, para esto se realizó una selección de equipos críticos del área de reparación de embarcaciones navales bajo el criterio 5 dimensiones donde se seleccionó como objeto de estudio la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

En el estudio se detectó que el problema se centra en la no disponibilidad de los equipos por alto incurrimiento de mantenciones correctivas asociadas a fallas, debido a diversas causas analizadas, generando retrasos en tareas de reparación, reclamos, no productividad del personal y alta reducción del presupuesto asignado a mantención.

Luego, se evaluaron distintas alternativas de metodologías para dar solución al problema, determinando que la metodología RCM II era la más adecuada para generar una solución al problema identificado.

Esta metodología se dividió en 5 etapas:

- Etapa 1: Definir funciones y fallas funcionales de los componentes más significativos del equipo.
- Etapa 2: Realizar análisis AMFE.
- Etapa 3: Evaluación de las consecuencias de falla.
- Etapa 4: Definición de las técnicas de manejo de fallas correspondientes.
- Etapa 5: Resultados, elaboración de los procedimientos operativos estándar (POE) y propuesta de plan de mantenimiento.

Aplicando cada una de estas etapas se consiguió realizar una estrategia de mantención para el equipo estudiado, donde en la distribución de tareas se consideró efectuar trabajos de mantenimiento cada tres meses y cada cuatro meses, prevaleciendo las tareas a condición.

Posteriormente, se realizó una propuesta de plan de mantenimiento para la máquina mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, mediante un documento llamado "Procedimiento para el mantenimiento preventivo" el cual logra una estandarización del proceso en cuanto a la realización y control de trabajos de mantención.

En base a lo anterior se realizó un análisis comparativo entre las mantenciones preventivas que maneja actualmente la sección de mantención versus las propuestas en este trabajo de título, además se efectuó una comparación de los costos de mantenimiento incurridos en el equipo estudiado y los propuestos bajo la metodología RCM II.

Finalmente, se elaboró una serie de recomendaciones las cuales pretenden mejorar la gestión de los procesos actuales de mantención en ASMAR Valparaíso.

Summary

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

The present work for the bachelor's degree was developed in the ASMAR Valparaiso company, which does total repair work in floating ships, manufacture inflatable ships and semirigid ones of the PUMAR brand.

The development of this paper begins with a brief overview of the company and a description of the general process of the ASMAR Valparaiso industrial plant, the general background of the company along with a detailed description of the naval vessels repair business in which this work focuses, then it is described the area of maintenance and the process of the two types of maintenances that are performed in the company, corrective and preventive, are explained.

The present thesis arises with the intention of increasing the availability and reliability of the equipment of ASMAR Valparaiso, to do this a selection of critical equipment in the area of naval vessels repairing was conducted using a 5 dimension criterion where as an object of study the Tos Varnsdorf boring-milling machine was selected

In the study it was found that the problem is focused on the non-availability of equipment given the high occurrence of corrective maintenances, due to various causes analyzed, causing delays in repair tasks, different claims and unproductivity of the staff and high reduction of the budget allocated to maintenance.

Then, different alternatives of methodologies were evaluated to give a solution to the problem, determining that the RCM II was the most appropriate methodology to generate a solution to the problem identified.

This methodology was divided into 5 stages:

- Stage 1: Define functions and functional failures of the most significant components of the equipment.
- Stage 2: Perform AMFE analysis.
- Stage 3: Evaluation of the consequences of failure.
- Stage 4: Definition of the different failure management techniques.
- Stage 5: Results, development of standard operating procedures (POE) and a proposed maintenance plan.

Applying each one of these stages a maintenance strategy for the equipment studied was developed, where in the distribution of tasks, maintenance work was considered every three and four months, prevailing the conditional tasks.

Subsequently, a proposed maintenance plan for the boring-milling machine Tos Varnsdorf made by a document called "Procedures for preventive maintenance" which achieves a standardization process regarding the conduct and control of maintenance work.

Based on the above a comparative analysis between preventive maintenances currently managed by the maintenance department versus the proposals in this thesis was

held, plus a comparison of the maintenance costs incurred in the equipment studied and proposed under the RCM II methodology.

Finally, a series of recommendations which aim to improve the management of current maintenance processes in ASMAR Valparaiso was developed.

Introducción

Hoy en día el mantenimiento se considera como un factor estratégico cuando se busca incrementar los niveles de productividad, calidad y seguridad en una empresa, ya que su función engloba acciones destinadas a conservar equipos en servicio durante el mayor tiempo posible y con un mayor rendimiento.

Astilleros y Maestranzas de la Armada Valparaíso (ASMAR V) es una empresa cuya actividad principal es la reparación y carena de las unidades de combate, naves y artefactos navales para la Armada y terceros, sus procesos son de alta exigencia por lo que el área y estrategias de mantenimiento son de suma importancia al momento de llevar a cabo un proyecto.

En la actualidad, la planta Valparaíso carece de un plan de mantención eficiente para equipos, prevaleciendo el mantenimiento después del fallo y estos al ser detenciones no programadas provoca la no disponibilidad de sus equipos generando retrasos en tareas de reparación de embarcaciones navales, reclamos y no cumplimiento de plazo de entrega de requerimientos solicitados por clientes de ASMAR (V), además de consumir considerable tiempo y recursos no planificados, entre otros.

Esta situación refleja una oportunidad para aportar en la gestión de mantenimiento de los activos que participan en la reparación de embarcaciones navales, donde a través de diferentes análisis se identificaron los equipos críticos con el fin de analizarlos y buscar la metodología adecuada para dar solución al problema identificado.

1. Antecedentes generales

El primer capítulo comprende diversas descripciones en torno a los antecedentes generales de la empresa, planteamiento del problema, objetivos del trabajo de título, análisis de metodologías aplicables, resultados esperados y limitaciones.

1.1 Descripción de empresa

El 6 de abril de 1960, se crea Astilleros y Maestranzas de la Armada, conocida por su acrónimo ASMAR; como una empresa autónoma del Estado, orientada a satisfacer los requerimientos de mantención, reparación, recuperación, conversión, modernización y construcción de naves de la Armada de Chile y de la comunidad naviera nacional e internacional.

A lo largo de los años, su incesante actividad le ha permitido mantener la operatividad de las unidades de la Armada y le ha valido el reconocimiento de armadores nacionales y extranjeros.

Esta empresa constituye una persona jurídica de derecho público, de administración autónoma y patrimonio propio. Su actividad principal es la reparación y carena de las unidades de combate y de apoyo de la Armada. También puede atender la reparación y carena de naves y artefactos navales no militares, tanto nacionales como extranjeros, fabricar y reparar artículos industriales para fines de seguridad nacional y construir naves y artefactos navales para la Armada y terceros.

ASMAR está organizada en tres plantas industriales ubicadas en las ciudades de Valparaíso, Talcahuano y Punta Arenas. Su dirección corporativa se encuentra ubicada en Valparaíso. Cabe mencionar que la planta industrial de Talcahuano es la que tiene una mayor infraestructura y capacidad. A continuación, en la figura 1.1, se ilustra la organización de la empresa ASMAR.

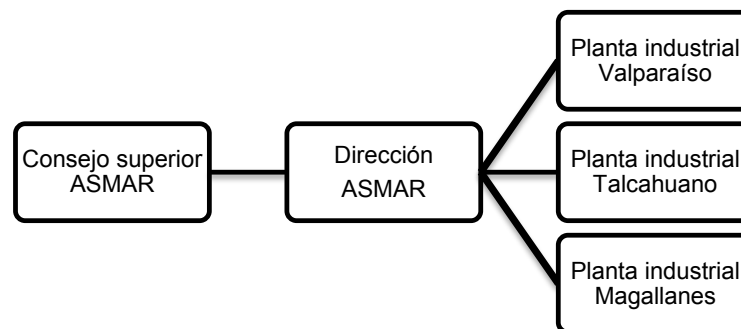


Figura 1.1 Organización empresa ASMAR
Fuente: Administración ASMAR (V)

1.1.1 ASMAR Valparaíso

El trabajo de título se desarrolla en la planta industrial ASMAR Valparaíso, esta posee diversos talleres y laboratorios apropiados para entregar los siguientes servicios a sus clientes:

- Reparación integral a flote.
- Fabricación de embarcaciones inflables y semi rígidas (RIB) marca PUMAR para diferentes aplicaciones en el ámbito militar y civil.

Cuenta con clientes clasificados como Armada y terceros. Además cabe destacar, que los botes PUMAR son preferidos por las Fuerzas Armadas, Carabineros y también por clientes civiles y militares en Chile, Argentina, Ecuador y Paraguay.

A continuación, en la tabla 1.1 y en la figura 1.2, se encuentran las utilidades percibidas durante los últimos años, de las cuales el 80% corresponde a las reparaciones de embarcaciones marítimas realizadas a cliente Armada, el 10% son utilidades provenientes por fabricación de botes PUMAR, el 5% corresponden a reparaciones a termoeléctricas de la zona y el 5% restante corresponden a embarcaciones menores privadas.

Tabla 1.1 Utilidades últimos años, ASMAR (V)

Año	2012	2013	2014
Ingreso (USD)	6.530.118	3.843.926	2.441.070
Tipo de cambio (CLP)	479,96	524,61	606,75

Fuente: Elaboración propia

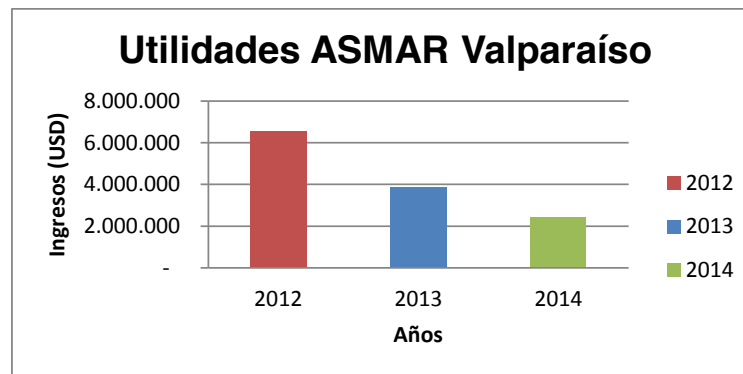


Figura 1.2 Utilidades últimos años, ASMAR (V)

Fuente: Elaboración propia

En el desarrollo de sus actividades ASMAR (V) cuenta con 348 trabajadores, personal debidamente capacitado para desarrollar todos sus servicios de los cuales 219 corresponden a personal directo y 127 a personal indirecto.

A continuación, en la figura 1.3 se encuentra el organigrama de ASMAR Valparaíso.

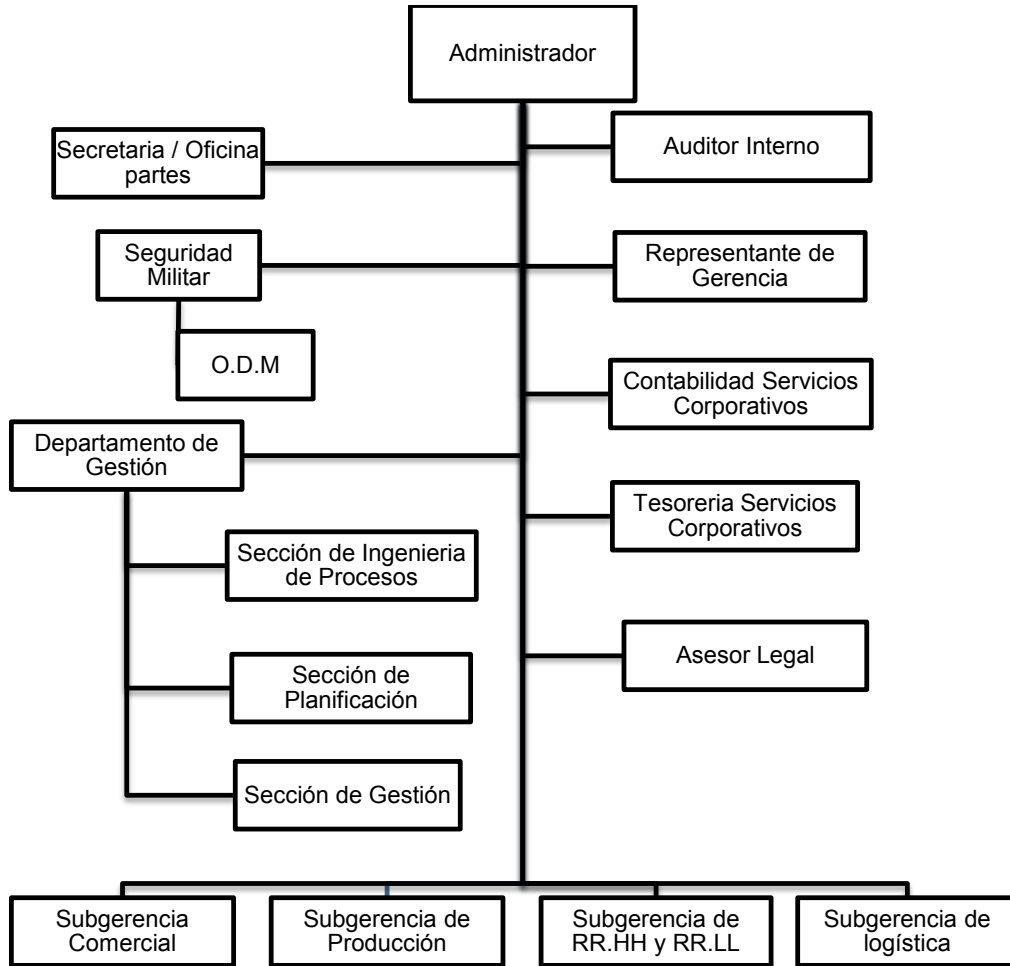


Figura 1.3 Organigrama, ASMAR (V)
Fuente: Administración ASMAR (V)

1.2 Descripción general de procesos

En este punto se dan a conocer los procesos operacionales de la línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales.

1.2.1 Elección de línea de negocio

El estudio se enfoca en la línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales a cliente Armada ya que representa el mayor porcentaje de utilidades de la empresa. Como se puede observar en la figura 1.4, la línea de negocio nombrada anteriormente representa el 80% de las utilidades.

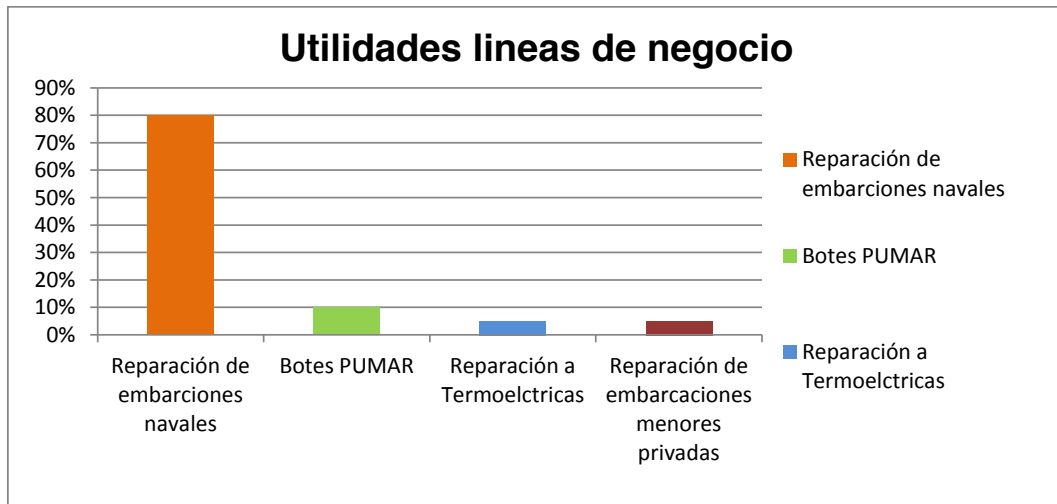


Figura 1.4 Utilidades líneas de negocio
Fuente: Elaboración propia

1.2.2 Proceso de servicio de reparación de embarcaciones navales

A continuación, se identifican las secuencias e interacciones entre las diferentes áreas involucradas en la ejecución de trabajo en reparación de embarcaciones navales, los puntos críticos de control y los responsables de su cumplimiento.

En la ejecución de este proceso se realiza primero la revisión de contrato y programación para consecutivamente realizar la ejecución y entrega de trabajos.

En la siguiente figura 1.5 se presenta el diagrama de flujo del proceso de servicio de reparación de embarcaciones navales de ASMAR (V) el cual inicia cuando el cliente genera la solicitud de trabajo hasta que se realiza la entrega de trabajos efectuados (ver anexo 1.1 para mayor detalle de descripción del proceso del servicio, ASMAR Valparaíso).

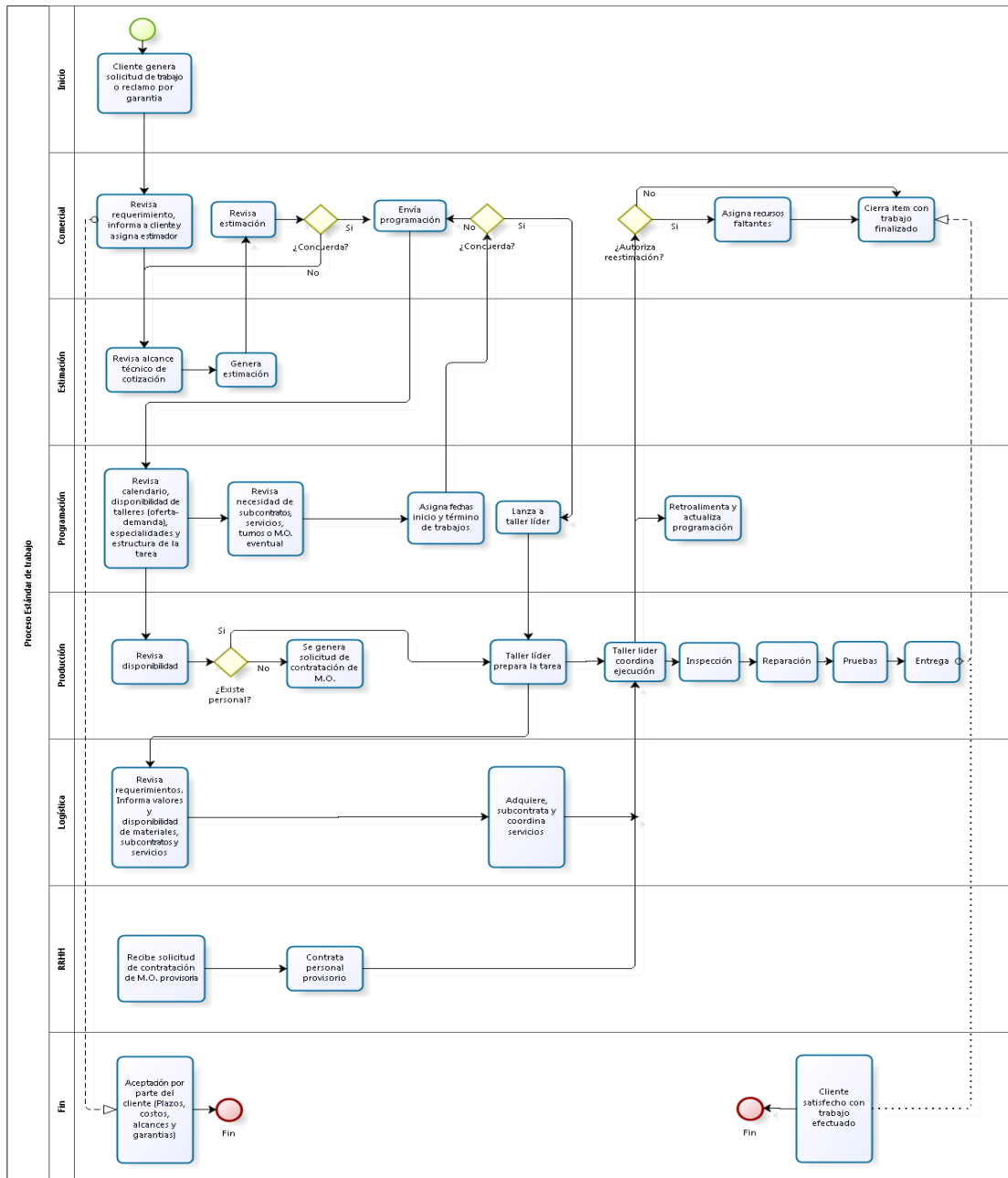


Figura 1.5 Diagrama de flujo de servicio de reparación, ASMAR (V)
 Fuente: Elaboración propia

1.2.3 Proceso de mantenciones

En este punto se describe el área de mantención de la planta industrial de ASMAR Valparaíso y se revisan los tipos de mantenimiento que se aplican en esta área (ver anexo 1.2 para mayor detalle de los procesos de mantención).

1.2.3.1 Descripción del área de mantención

La sección de mantención perteneciente a la subgerencia de logística de ASMAR (V), tiene como objetivo principalmente controlar las acciones de mantención, para asegurar el estado de operatividad y confiabilidad de los activos que influyen directa o indirectamente, en la calidad de los productos y servicios producidos por el astillero.

Dentro de los activos a los cuales se realizan mantenciones, se encuentran las infraestructuras, las maquinarias participantes en las reparaciones de embarcaciones navales, las maquinarias participantes en el proceso productivo de los botes Pumar y los vehículos y la maquinaria pesada perteneciente a la sección de movilización.

1.2.3.2 Proceso de mantenciones

El personal de la sección de mantención realiza mantenimiento a equipos tanto de tipo correctivo como de tipo preventivo.

Para una mejor comprensión se definen los tipos de mantenimientos según los parámetros dispuesto por ASMAR Valparaíso.

- **Mantención preventiva:** Conjunto de actividades y cuidados necesarios para que los equipos, maquinarias e instalaciones puedan funcionar en forma adecuada y prolongar su vida útil.
- **Mantención correctiva:** Trabajo de reparación antes fallas producidas en equipos, maquinarias e instalaciones.

A continuación, en la figura 1.6 se presenta el diagrama de flujo del proceso para realizar una mantención preventiva y en la figura 1.7 se presenta el diagrama de flujo del proceso para realizar un mantención correctiva (ver anexo 1.2 explicación en detalle de cada mantención).

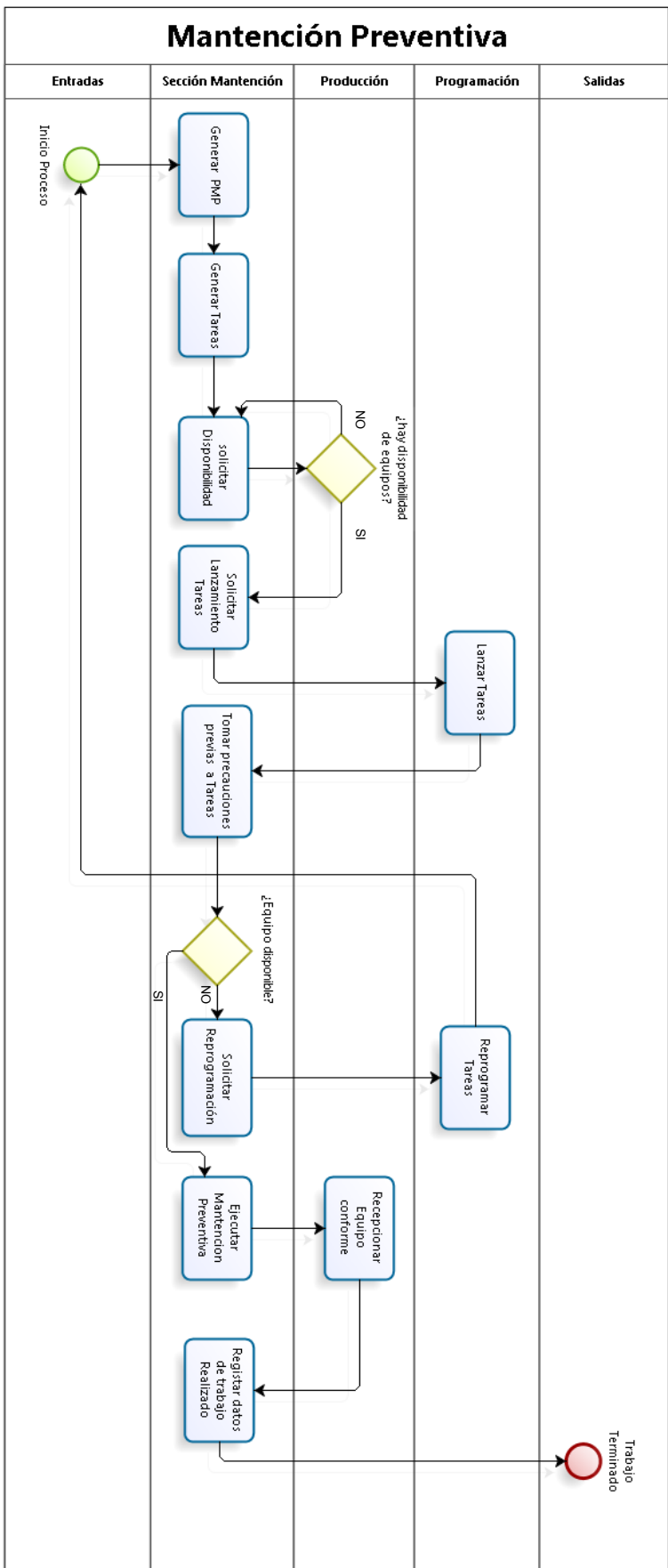


Figura 1.6 Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento preventivo

Fuente: Elaboración propia

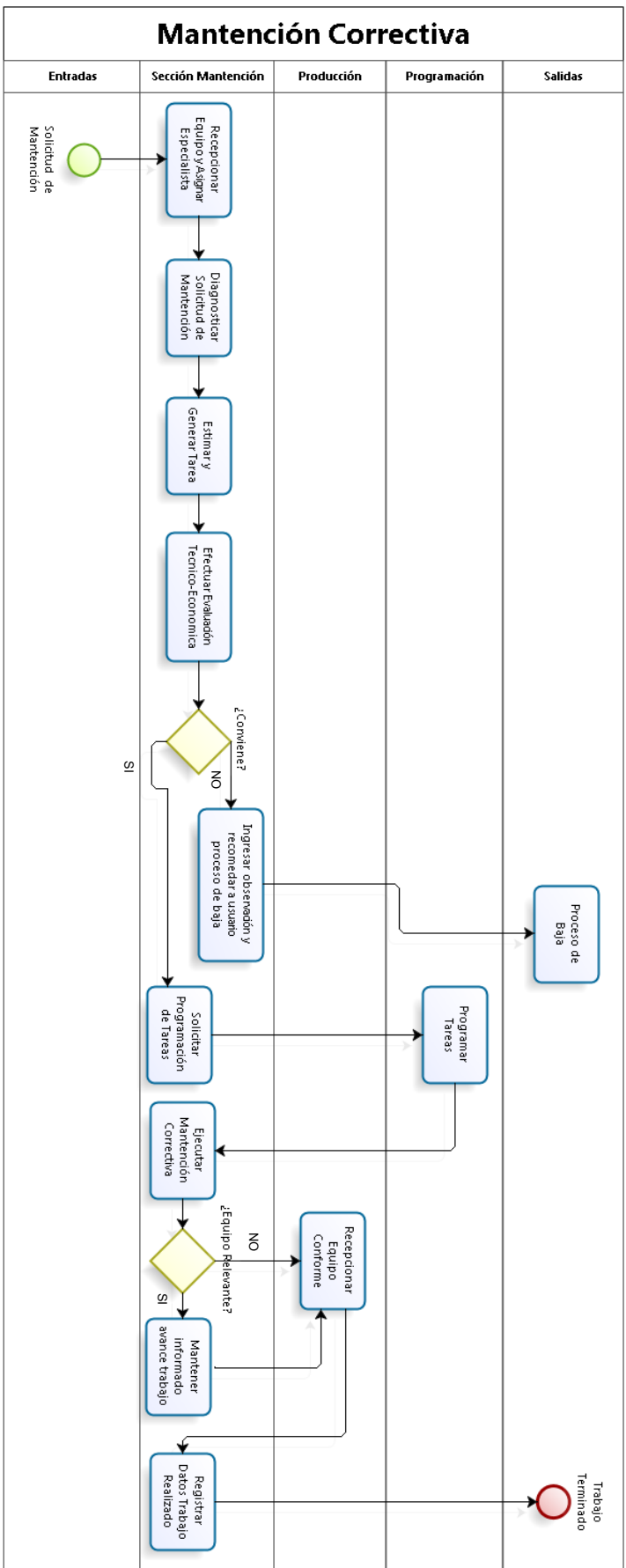


Figura 1.7 Diagrama de flujo de proceso de mantenimiento correctivo
 Fuente: Elaboración propia

1.3 Equipos área de reparación de embarcaciones navales.

Para tomar una muestra representativa de los equipos del área de reparación de embarcaciones navales, se realizó una selección basada en 5 dimensiones, de las cuales la primera se obtuvo a través de entrevistas a expertos y las otras 4 restantes de acuerdo a una encuesta tomada al personal de mantención y personas involucradas en los procesos de mantenimiento (ver anexo 1.4 para detalles de la encuesta y resumen de los resultados).

A continuación, se muestra la figura 1.8 las dimensiones jerarquizadas en orden descendente.

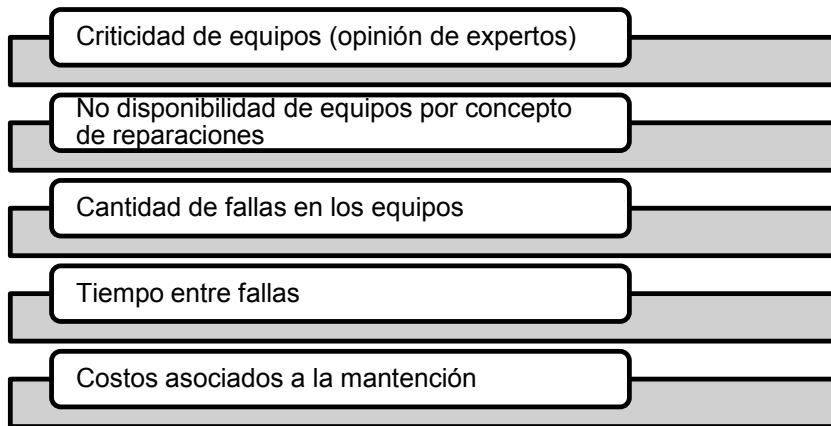


Figura 1.8 Dimensiones de estudio
Fuente: Elaboración propia

1.3.1 Análisis de dimensiones

En el siguiente punto se realiza un análisis de cada dimensión nombrada anteriormente.

1.3.1.1 Criticidad de equipos (opinión de expertos)

La planta ASMAR Valparaíso posee una lista de equipos críticos los cuales fueron seleccionados bajo el criterio de indisponibilidad, al no contar con alguno de éstos paraliza las tareas de reparación de embarcaciones navales. Esta selección de equipos críticos está basada en la opinión de expertos del jefe y el supervisor de mantención de la planta. A continuación, en la tabla 1.2 se muestran los equipos críticos (ver anexo 1.3 para ver descripción de actividades de mantenimiento realizadas).

Tabla 1.2 Equipos críticos, ASMAR (V)

Equipos
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Prensa hidráulica Hollman
Mesa de corte Proarc
Máquina granalladora BJP-2000 serie NR 9
Torno CNC Shen Yang
Torno VDF Boringer

Fuente: Elaboración propia

1.3.1.2 Indisponibilidad de equipos por concepto de reparaciones.

Para determinar esta dimensión, se analizaron los datos de los equipos críticos en relación al tiempo que se tardó en realizar cada una de las mantenciones el año 2014, tanto correctivas como preventivas. A continuación, en la tabla 1.3 se muestra el resumen de los datos obtenidos.

Tabla 1.3 Tiempo de reparación de equipos

Días de ejecución de tareas					
Equipos	Correctiva	Preventiva	Total	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
Máquina granalladora BJP-2000 serie NR 9	159	3	162	30	30
Mesa de corte Proarc	54	54	108	20	50
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	63	39	102	19	69
Prensa hidráulica Hollman	97	2	99	18	87
Torno CNC Shen Yang	51	3	54	10	97
Torno VDF Boringer	10	4	14	3	100

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.3 podemos determinar que los equipos que representan mayoritariamente el tiempo de indisponibilidad son: Máquina granalladora BJP-2000 serie NR 9, mesa de corte Proarc, mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf y prensa hidráulica Hollman, las cuales serán utilizadas para realizar el siguiente análisis de dimensión.

1.3.1.3 Cantidad de fallas en los equipos

Para determinar esta dimensión se analizaron los datos de la cantidad de fallas de los equipos seleccionados en el punto anterior.

A continuación, en la tabla 1.4 se muestra el resumen de los datos obtenidos del año 2014.

Tabla 1.4 Cantidad de fallas por equipo

Equipos	Numero de fallas	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
Prensa hidráulica Hollman	10	40	40
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	9	36	76
Mesa de corte Proarc	4	16	92
Máquina granalladora BJP-2000 Serie NR 9	2	8	100

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.4 se puede apreciar que los equipos con más fallas son: Prensa hidráulica Hollman, mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf y mesa de corte Proarc.

1.3.1.4 Tiempo entre fallas

De los equipos seleccionados en el punto anterior, se realizó un análisis de los tiempos promedios entre fallas determinando cuál o cuáles de los equipos tienen menor tiempo entre fallas.

A continuación, en la tabla 1.5 se muestra el resumen de los datos obtenidos en el año 2014.

Tabla 1.5 Días entre fallas

Promedio de días entre fallas	Cantidad de días
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	33
Prensa hidráulica Hollman	36
Mesa de corte Proarc.	101

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.6 se puede observar que los equipos que presentan menor tiempo entre fallas son la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf y la prensa hidráulica Hollman, sin embargo, la diferencia entre ellas es mínima por lo que se realizó un análisis de costos involucrados en las mantenciones de cada equipo.

1.3.1.5 Costos asociados a la mantención

A continuación, en la tabla 1.6 se muestran los costos involucrados en las mantenciones tanto correctivas como preventivas de las maquinarias seleccionadas en el punto anterior.

Tabla 1.6 Costo de mantención

Costo total (\$)			
Equipo	Correctiva	Preventiva	Total
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.	5.120.000	306.000	5.426.000
Prensa hidráulica Hollman.	4.861.227	237.068	5.098.295

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.6 se puede apreciar que la diferencia en lo que respecta a los costos entre los dos equipos es mínima, sin embargo la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, cuenta con horómetro lo cual permite realizar un análisis más exhaustivo del equipo.

Por lo tanto, se seleccionó como objeto de estudio la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

1.4 Descripción del problema

El problema se centra en el área mantención de la planta de ASMAR Valparaíso en relación al mantenimiento de los equipos críticos que participan específicamente en la reparación de embarcaciones navales, parte del giro de la empresa, se enfoca en el área mencionada debido a que representa el 80 % de las utilidades de la empresa.

El estudio contempló recopilar, clasificar y analizar los datos de las mantenciones realizadas por la sección de mantención a los equipos que ASMAR considera críticos, cabe destacar que esta consideración se basa en que la no disponibilidad de ellos, afecta significativamente los procesos de reparación de embarcaciones navales. A continuación, se muestra en las tablas 1.7 y 1.8 el resumen de los datos analizados (ver anexo 1.5 para mayor detalle).

Tabla 1.7 Resumen costo y cantidad de mantenciones a equipos críticos

Equipo	Correctiva		Preventiva	
	Cantidad de mantenciones	Costo mantención (\$)	Cantidad de mantenciones	Costo mantención (\$)
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	9	5.120.000	5	306.000
Máquina granalladora BJP-2000 serie NR 9	2	2.103.210	3	278.744
Mesa de corte Proarc	4	3.673.974	3	221.173
Prensa hidráulica Hollman	10	4.861.227	2	237.068
Torno CNC Shen Yang	3	1.046.001	3	87.848
Torno VDF Boringer	4	327.186	4	50.256
Total	32	17.131.598	20	1.181.089

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1.8 Resumen de mantenimientos a equipos críticos

Equipo	Tipo	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Días de indisponibilidad	Tiempo (días) promedio entre falla
Mandradora fresadora Tos Varnsdorf	PLAN.		P				P				P			-	36
	PREV.					27;30			4			10; 27		39	
	CORR.					9;30	5		28	5;22			11	63	
Máquina granalladora a BJP-2000 serie NR9	PLAN.	P				P						P		-	72
	PREV.			19			2				21			3	
	CORR.									30			11	159	
Mesa de corte Proarc	PLAN.				P		P				P			-	102
	PREV.						26		4			10		54	
	CORR.		15			22					10		17	54	
Prensa hidráulica Hollman	PLAN.		P						P					-	33
	PREV.			19					28					2	
	CORR.		21	5	25		13;23		5	15	9;17		12	97	
Torno CNC Shen Yang	PLAN.			P				P				P		-	93
	PREV.							1	4				1	3	
	CORR.					5					19	7		51	
Torno VDF Boringer	PLAN.			P				P				P		-	79
	PREV.				8			29	4				1	4	
	CORR.						5				23		8; 28	10	
Color Amarillo	Mantenimiento preventiva planificada														
Color verde	Mantenimiento preventiva realizada														
Color rojo	Mantenimiento correctiva realizada														
Número	Fecha de ejecución de mantenimiento														

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.8 se puede apreciar que de un total de \$ 18.313.986 asignados a la mantención de los equipos críticos, el 94% se asignó a mantenciones correctivas y un 6% a mantenciones preventivas. A continuación, en la figura 1.9 se aprecia el gráfico correspondiente:

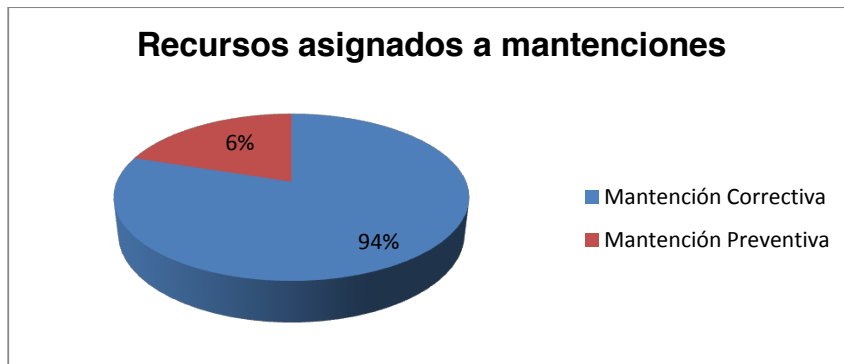


Figura 1.9 Recursos asignados a mantenciones
Fuente: Elaboración propia

También se puede observar en la tabla 1.8 que de las 52 mantenciones realizadas el año 2014 a equipos críticos el 62% corresponde a mantenciones correctivas y el 38% corresponde a mantenciones preventivas. A continuación, en la figura 1.10 se aprecia el gráfico correspondiente:

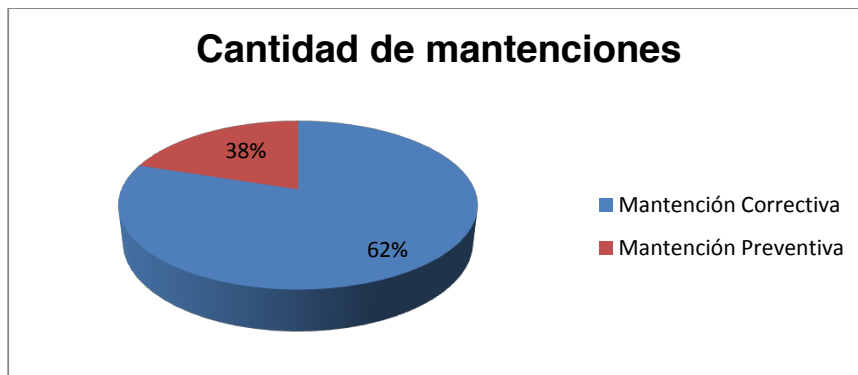


Figura 1.10 Cantidad de mantenciones
Fuente: Elaboración propia

Y finalmente en la figura 1.11 se puede apreciar que el 80% corresponde a indisponibilidad por concepto de mantenciones correctivas y el 20% por concepto de mantenciones preventivas.

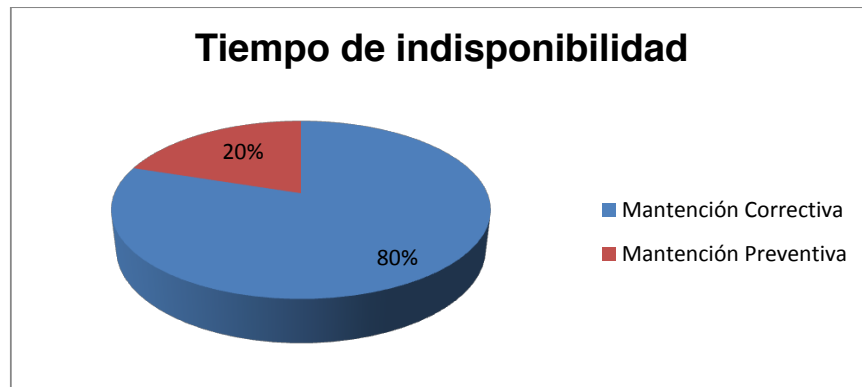


Figura 1.11 Tiempo de indisponibilidad
Fuente: Elaboración propia

Del objeto de estudio analizado anteriormente y bajo el criterio de las dimensiones analizadas, en la tabla 1.9 se muestra un resumen de la situación de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf en el año 2014.

Tabla 1.9 Resumen mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf

	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	
	Correctiva (%)	Preventiva (%)
Recursos asignados a mantenciones	94	6
Cantidad de mantenciones	64	36
Tiempo de indisponibilidad	62	38

Fuente: Elaboración propia

En base a los resultados del análisis, el departamento de gestión de ASMAR Valparaíso tiene las siguientes consideraciones en relación a los porcentajes obtenidos.

A continuación, en la tabla 1.10 se aprecia las consideraciones del departamento de gestión:

Tabla 1.10 Consideraciones departamento de gestión, ASMAR (V)

	Bajo (%)	Medio (%)	Alto (%)	Real (%)
Recursos asignados a mantenciones correctivas	0-50	51-75	76-100	94
Cantidad de mantenciones correctivas	0-20	21-50	51-100	62
Tiempo de indisponibilidad por mantenciones correctivas	0-20	21-50	51-100	80

Fuente: Elaboración propia

De los datos analizados y bajo el criterio de las dimensiones estudiadas, se puede concluir que el problema se centra en la no disponibilidad de los equipos debido principalmente al alto incurrimiento de mantenciones correctivas asociadas a fallas. Las causas de este problema se pueden deber a una mala planificación de las mantenciones preventivas, mala calidad de los equipos u otros motivos. Para identificar los motivos principales se realiza posteriormente un análisis de las posibles causas.

Definiciones de disponibilidad

- 1) Para Jorge Garrama Toletino corresponde a la probabilidad de que el equipo esté en estado de funcionar (ni averiado ni en revisión) en un tiempo dado. [Garrama13]
- 2) Disponibilidad corresponde según Aliro Jiménez a la capacidad de un activo o componente para estar en un estado para realizar una función requerida bajo condiciones dadas en un instante dado de tiempo o durante un determinado intervalo de tiempo, asumiendo que los recursos externos necesarios se han proporcionado. [Jimenez09]
- 3) Según Leandro Torres es la proporción de tiempo durante la cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usado. [Torres09]

Para el presente trabajo de título se define como disponibilidad a la probabilidad de que el equipo esté en estado de funcionar (ni averiado ni en revisión) en un tiempo dado.

1.4.1 Resumen problema

En la actualidad existe la no disponibilidad de los equipos de la línea de negocio reparación de embarcaciones navales por alta ejecución de mantenciones correctivas asociadas a fallas.

1.5 Causas del problema

Para identificar las posibles causas del problema se utilizó la herramienta de trabajo brainstorming donde participó el jefe de mantención y el supervisor de mantención.

Posterior a la utilización de la herramienta mencionada anteriormente y con el objeto de validar información entregada, se realizó una encuesta a 10 personas relacionadas con el proceso de mantención de ASMAR (V). Dentro del personal encuestado, se encontraron el jefe de mantención, supervisor de mantención, preparador de mantención, personal que realiza las mantenciones y usuarios de las maquinarias en cuestión (ver anexo 1.6 encuesta y resumen).

Luego se utilizó el diagrama de Pareto para jerarquizar las causas principales obtenidas de la encuesta.

Finalmente para agrupar y clasificar las causas más relevantes del problema se utilizó la metodología de Ishikawa.

1.5.1 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es una herramienta de análisis que ayuda a tomar decisiones en función de prioridades, el diagrama se basa en el principio enunciado por Vilfredo Pareto que dice:

"El 80% de los problemas se pueden solucionar, si se eliminan el 20% de las causas que los originan".

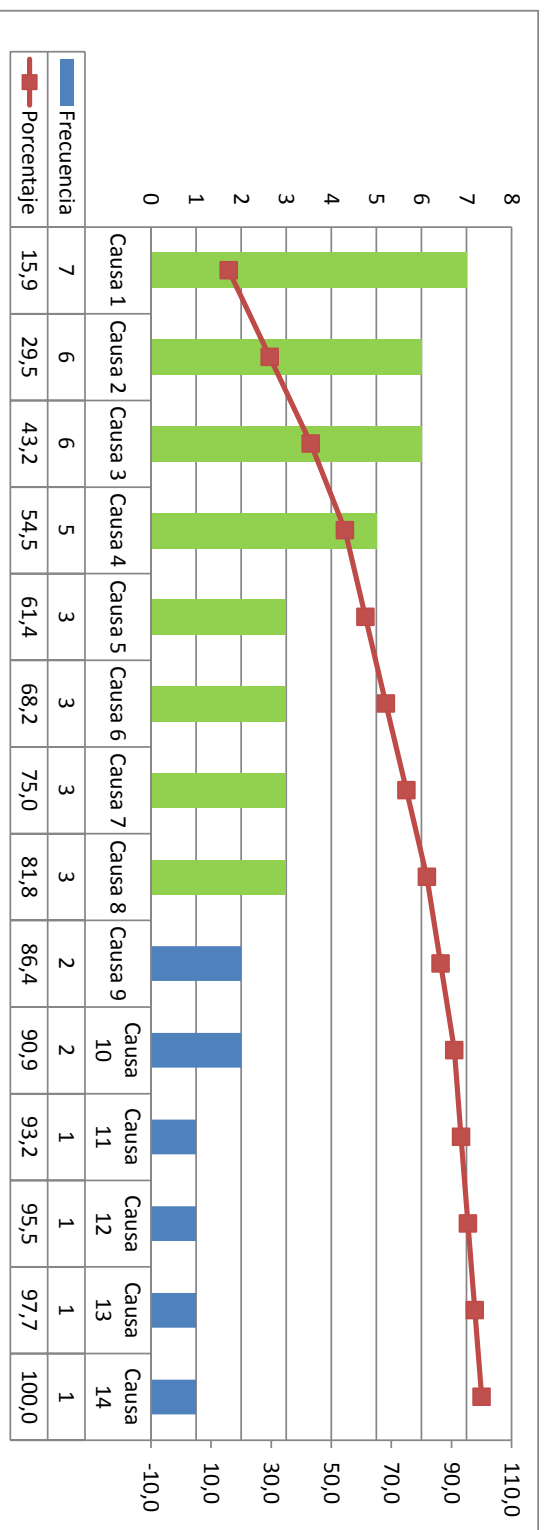
A continuación, en la tabla 1.11 se jerarquizan las causas principales obtenidas de la encuesta para lo cual se utilizó el diagrama de Pareto y luego en la figura 1.12 se aprecia el gráfico con las pertinentes causas identificadas respecto a la jerarquización.

Tabla 1.11 Jerarquización de causas (Pareto)

Causa	Frecuencia	Frecuencia acumulada	Frecuencia relativa (%)	Frecuencia relativa acumulada (%)
Plan de mantenimiento preventivo inadecuado	7	7	0,16	0,16
Mala manipulación de los equipos por el usuario de las maquinarias	6	13	0,14	0,30
Escasez de repuestos	6	19	0,14	0,43
Calidad de las maquinarias	5	24	0,11	0,55
Poco personal disponible para realizar mantenciones	3	27	0,07	0,61
Mala calidad de los repuestos	3	30	0,07	0,68
Exceso de uso de las maquinarias equipo no disponible para realizar las mantenciones	3	33	0,07	0,75
Maquinarias antiguas sin repuesto en el mercado	3	36	0,07	0,82
Poca capacitación personal mantención	2	38	0,05	0,86
Poca vida útil de los accesorios de las maquinas	2	40	0,05	0,91
Proximidad de la planta con el mar ambiente corrosivo	1	41	0,02	0,93
Polución dentro de la planta	1	42	0,02	0,95
Herramientas inadecuadas para realizar mantención	1	43	0,02	0,98
Poco juicio para dar de baja un equipo	1	44	0,02	1,00
Total	44		1,00	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico Pareto



Causas			
Causa 1	Plan de mantenimiento preventivo inadecuado	Causa 8	Maquinarias antiguas sin repuesto en el mercado
Causa 2	Mala manipulación de los equipos por el usuario de las maquinarias	Causa 9	Poca capacitación personal mantención
Causa 3	Escasez de repuestos	Causa 10	Poca vida útil de los accesorios de las maquinas
Causa 4	Calidad de las maquinarias	Causa 11	Proximidad de la planta con el mar ambiente corrosivo
Causa 5	Poco personal disponible para realizar mantenimientos	Causa 12	Polución dentro de la planta
Causa 6	Mala calidad de los repuestos	Causa 13	Herramientas inadecuadas para realizar mantención
Causa 7	Exceso de uso de las maquinarias equipo no disponible para realizar las manteniones	Causa 14	Poco juicio para dar de baja un equipo

Figura 1.12 Gráfico Pareto
Fuente Elaboración propia

A continuación en la tabla 1.12 se pueden apreciar las causas más relevantes obtenidas de la herramienta Pareto.

Tabla 1.12 Causas más relevantes

Causas	%
Plan de mantenimiento preventivo inadecuado	16%
Mala manipulación de los equipos por el usuario de las maquinarias	14%
Escasez de repuestos	14%
Calidad de las maquinarias	11%
Poco personal disponible para realizar mantenciones	7%
Mala calidad de los repuestos	7%
Exceso de uso de las maquinarias equipo no disponible para realizar las mantenciones	7%
Maquinarias antiguas sin repuesto en el mercado	7%

Fuente: Elaboración propia

En la figura 1.14 se explica en detalle cada una de las causas seleccionadas como relevantes.

1.5.2 Diagrama de causa y efecto

Metodología Ishikawa es una técnica eficaz para el análisis de las diferentes causas que ocasionan en problema identificado. Su ventaja consiste en el poder visualizar las diferentes cadenas causa y efecto, que pueden estar presentes en un problema, facilitando los estudios posteriores de evaluación del grado de aporte de cada una de las causas.

Para efectuar el diagnóstico del problema se identifican las características prioritarias que se van a considerar en el estudio causa- efecto. En la ejecución de esta metodología se recomienda seguir un proceso ordenado, con la participación del mayor número de personas involucradas en el tema de estudio. Para la clasificación de las causas primarias relacionadas a averías de equipos, el Doctor Kaoru Ishikawa sugiera la siguiente clasificación:

Causas debidas a la materia prima: Causas que generen el problema desde el punto de vista de las materias primas empleadas para la elaboración de un producto. Por ejemplo: causas debidas a la variación del contenido mineral, pH, tipo de materia prima, proveedor, empaque, transporte etc. Estos factores causales pueden hacer que se presente con mayor severidad una falla en un equipo.

Causas debidas a los equipos: Causas relacionadas con el proceso de transformación de las materias primas como las máquinas y herramientas empleadas, efecto de las acciones de mantenimiento, obsolescencia de los equipos, cantidad de herramientas, distribución física de estos, problemas de operación, eficiencia, etc.

Causas debidas al método: Se registran en esta espina las causas relacionadas con la forma de operar el equipo y el método de trabajo. Son numerosas las averías producidas por estrelladas de los equipos, deficiente de operación y falta de respeto de los estándares de capacidades máximas.

Causas debidas a mano de obra: En este grupo se incluyen los factores que pueden generar el problema desde el punto de vista del factor humano. Como la falta de experiencia laboral, motivación, grado de entrenamiento, salario, estado de ánimo.

Causas debidos al medio ambiente: Se incluyen en este grupo aquellas causas que pueden venir de factores externos como contaminación, temprano del medio ambiente, altura de la ciudad, humedad, ambiente laboral, etc.

En la siguiente tabla 1.13 se clasifican las causas validadas por el personal de ASMAR según los parámetros del diagrama de Ishikawa.

Tabla 1.13 Causas clasificadas

Clasificación	Causa	Frecuencia	Frecuencia Relativa
Método	Plan de mantenimiento preventivo inadecuado	7	16%
	Exceso de uso de las maquinarias equipo no disponible para realizar las mantenciones	3	7%
	Poco juicio para dar de baja un equipo	1	2%
Medio ambiente	Proximidad de la planta con el mar ambiente corrosivo	1	2%
	Polución dentro de la planta	1	2%
Materiales	Escasez de repuestos	6	14%
	Mala calidad de los repuestos	3	7%
	Herramientas inadecuadas para realizar mantención	1	2%
Maquinas	Calidad de las maquinarias	5	11%
	Maquinarias antiguas sin repuesto en el mercado	3	7%
	Poca vida útil de los accesorios de las maquinas	2	5%
Mano de obra	Mala manipulación de los equipos por el usuario de las maquinarias	6	14%
	Poco personal disponible para realizar mantenciones	3	7%
	Poca capacitación personal mantención	2	5%
Total		44	1

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la figura 1.13 se clasifican las causas más relevantes establecidas por el diagrama Pareto ASMAR (V) en un diagrama de Ishikawa.

Diagrama de Ishikawa

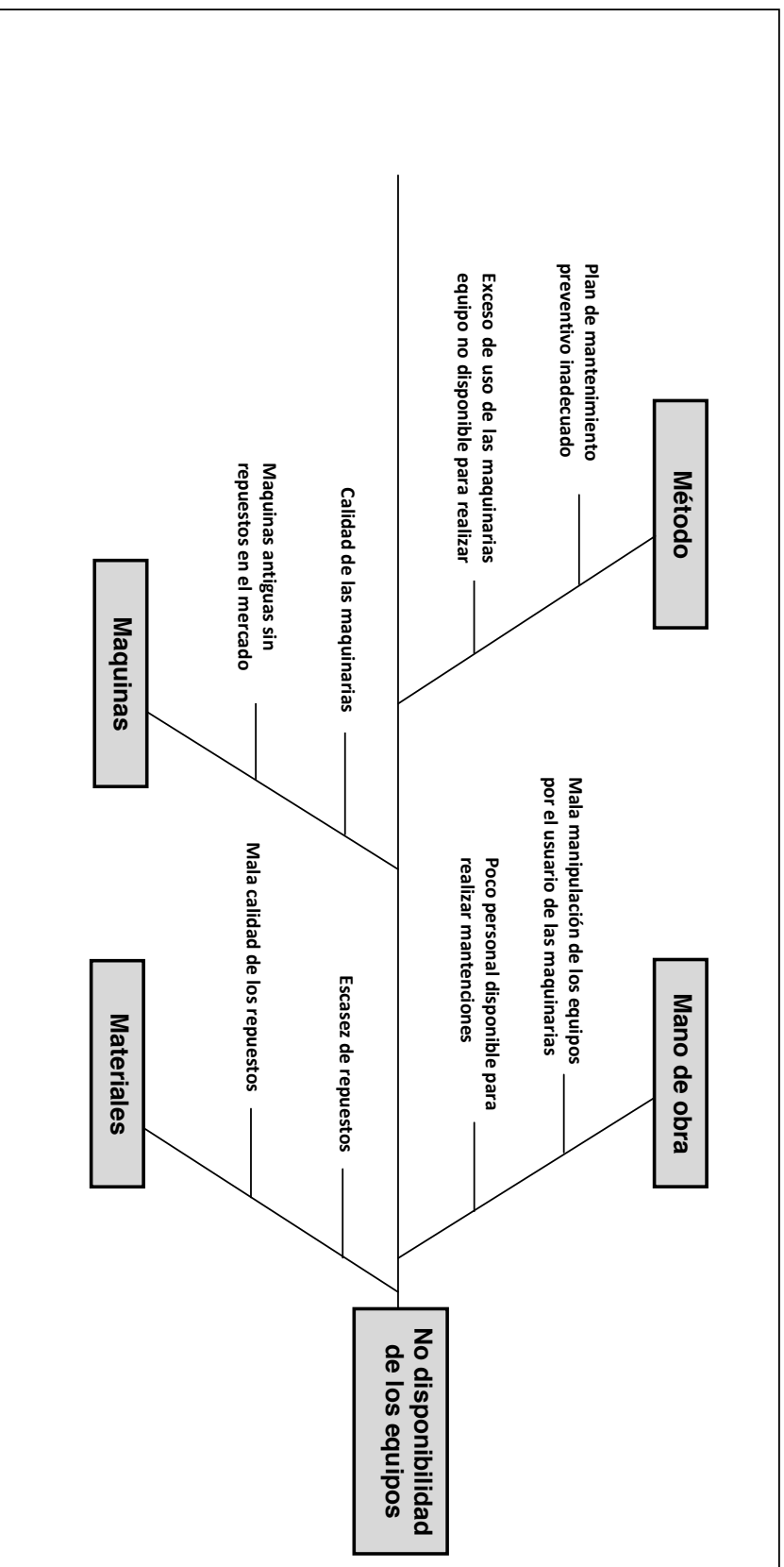


Figura 1.13 Diagrama de Ishikawa
Fuente Elaboración propia

1.6 Consecuencias del problema

Para identificar las consecuencias provocadas por el problema se realizó una entrevista al jefe de departamento de gestión, el cual determinó que las más relevantes son las siguientes:

- Retrasos en las tareas de reparación de embarcaciones planificadas.
- Reclamos por no cumplimiento del plazo de entrega de los requerimientos (pérdida de imagen).
- No productividad del personal relacionado con las reparaciones de embarcaciones navales.
- Alta reducción del presupuesto asignado a mantención por concepto de fallas no programadas.

A continuación, en la figura 1.14 se muestra la gráfica resumen del problema las causas y sus consecuencias.

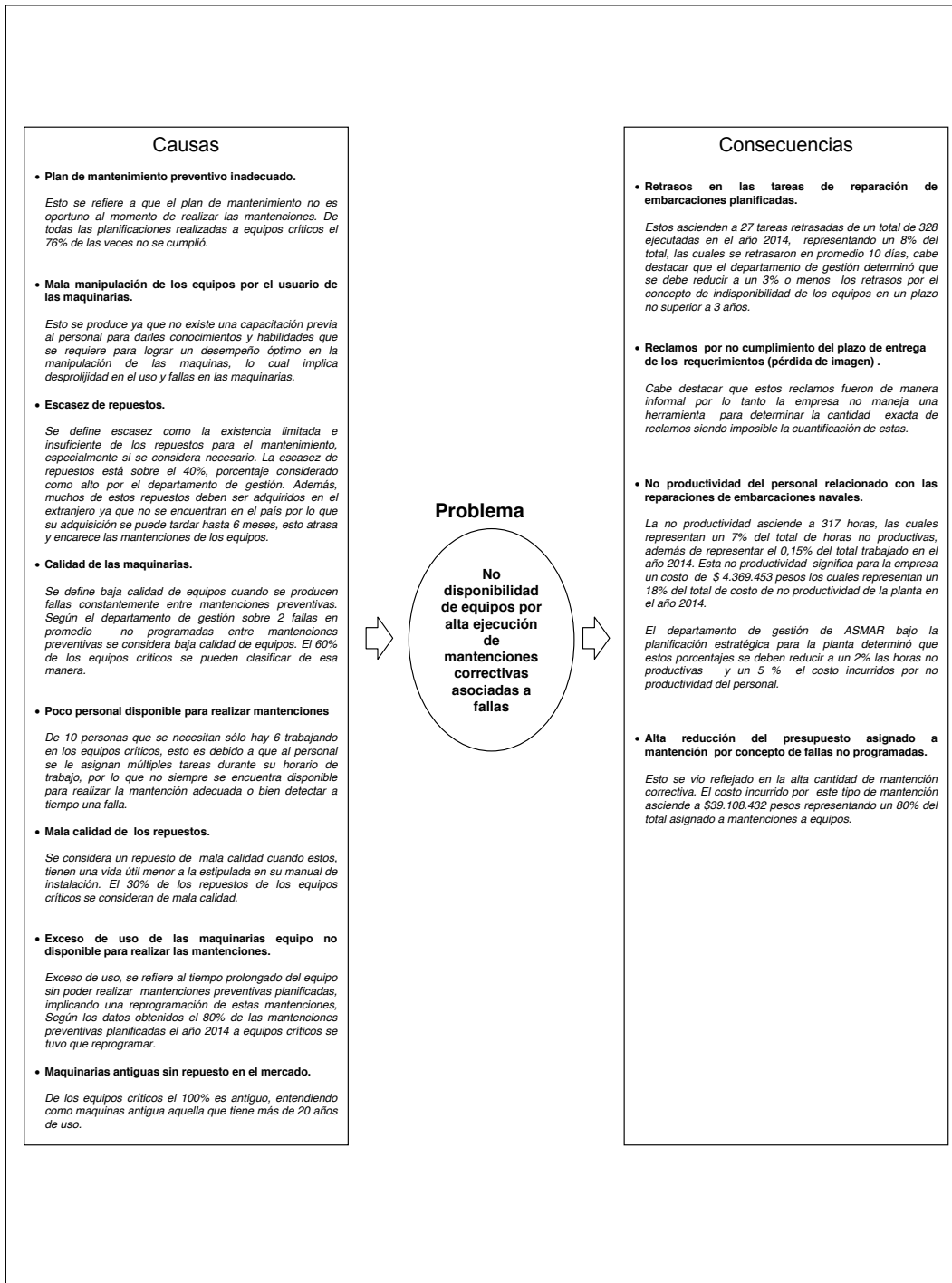


Figura 1.14 Resumen causa - problema - consecuencia

Fuente Elaboración propia

Por lo tanto, es de suma importancia generar una solución que englobe y pueda atacar todas las causas relevantes del problema identificado, para poder eliminar y evitar que se produzcan las consecuencias asociadas.

Cabe destacar que la empresa está dispuesta a implementar cualquier mejora que genere una optimización del proceso de mantenimiento de la plata.

1.7 Análisis de metodologías

En este punto se identifican las metodologías que se podrían utilizar para desarrollar el tema, donde se hará un análisis de éstas en base a libros, información de internet, entre otros que avale una decisión de la metodología correcta a utilizar.

Caso 1:

Muñoz Aguilar, Marcelo realizó una propuesta de mantenimiento productivo total para la Línea Zincalum de compañía Siderurgiza Huachipato S.A. la cuál contaba con un excesivo mantenimiento correctivo y atraso de entrega de trabajos, además de que sus equipos no aseguraban buen funcionamiento y rendimiento con lo cual se logró una Mejora de la gestión del mantenimiento, donde no sólo se consideraron las fallas de equipo, sino también se consideró estrategia integral que incluyó las distintas áreas que intervienen en el mantenimiento [Muñoz04].

Caso 2: Implementación de RCM II para el área de servicios industriales de la Cervecería Bavaria S.A de Boyacá

Como caso práctico de aplicación de la metodología propuesta se presentan los resultados logrados en la implementación de un “Sistema Integral de Confiabilidad Operacional para el área de servicios industriales de la Cervecería Bavaria S. A. de Boyacá (Colombia)”

Cervecería Bavaria S. A. de Boyacá es la mayor compañía de bebidas en Colombia. Son conocidos por su aplicación agresiva de instrumentos de mejora de negocio para aumentar la eficiencia, confiabilidad, capacidad de ganancia y satisfacción del cliente.

Este caso práctico de aplicación de metodología además de un plan general de Gestión Integral de Mantenimiento, se aplicaron las herramientas de la Ingeniería de Confiabilidad, como el Análisis de Criticidad, el FMEA y el RCA para desarrollar un sistema que permitió evaluar el comportamiento de los equipos, determinar su operatividad y establecer los compromisos de mantenimiento e inspección necesarios para garantizar la *Integridad Mecánica* de las instalaciones.

El resultado y éxito del sistema se cuantificó en términos de la reducción en los riesgos generales de la planta, disminución de las tasas de falla de los equipos y el control de los mecanismos de deterioro identificados, al mismo tiempo que se estabilizaron los costos de operación y se logró una reducción considerable en los costos totales del mantenimiento [García10].

1.7.1 Metodologías aplicadas

En este punto se identifican y describen las metodologías que se podrían utilizar en el desarrollo de este trabajo de título, luego se compararon características de éstas a través de una tabla ponderada y finalmente se seleccionó la metodología adecuada para solucionar el problema identificado.

1.7.1.1 Árbol de fallos

Esta técnica consiste en un proceso deductivo que permite determinar la expresión de sucesos complejos estudiados en función de los fallos básicos de los elementos que intervienen en él y calcular su probabilidad. Consiste en descomponer sistemáticamente un suceso complejo en sucesos intermedios hasta llegar a sucesos básicos para los cuales se puede calcular la probabilidad de fallos [DGPCE10].

El análisis árbol de falla es un proceso lógico y estructurado cuyo motivo principal es ayudar a identificar causas potenciales de falla de sistemas antes de que las fallas ocurran.

A continuación, en la tabla 1.14 se muestran los beneficios y limitaciones del árbol de fallas:

Tabla 1.14 Beneficios y limitaciones de árbol de fallas

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Hay una mejor visualización de las alternativas para realizar el objetivo. • Identifica la posible fiabilidad del sistema o problemas de seguridad en momento de la planificación. • Evaluar la fiabilidad del sistema durante el funcionamiento. • Identifica fallas del equipo desde su raíz. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sólo se analiza eventos de falla. • Es recomendable para objetivos pequeños que no requieren de mucho tiempo.

Fuente: Elaboración propia

1.7.1.2 Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad, FMECA

El FMECA según [Arata05] es una metodología que permite clasificar y recopilar información de los componentes críticos, y con ello proyectar y diseñar las estrategias de mantenimiento para un equipo o sistema.

Este análisis se divide en cuatro fases:

- Fase 1: Selección de la máquina crítica.
- Fase 2: Descomposición de la máquina.
- Fase 3: Individualización del modo de falla y evaluación de la criticidad de los elementos.

- Fase 4: Análisis de las causas de fallas e individualización de los componentes críticos.

Los beneficios y limitación del análisis FMECA se muestran en la siguiente tabla 1.15.

Tabla 1.15 Beneficios y limitaciones de FMECA

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Creación sistemática de las relaciones entre las causas de falla y efectos. • Capacidad de señalar los distintos modos de falla. • Identifica deficiencias en el diseño para implementación de mejoras. • Recomienda programas de inspección. • Prioriza en función de frecuencia y criticidad, concentrando los recursos en los modos de mayor prioridad. 	<ul style="list-style-type: none"> • La única desventaja de esta herramienta es que se debe tener claridad de los equipos a analizar. Ya que al realizar un análisis de este tipo, se demanda mucho tiempo.

Fuente: Elaboración propia

1.7.1.3 Análisis de criticidad, AC

El análisis de criticidad es una metodología que evalúa para cada equipo un indicador de criticidad y lo clasifica crítico, semi-crítico y no crítico. Los criterios a considerar son:

- Frecuencia de ocurrencia de la falla
- Grado de mantenibilidad: la velocidad de reparación de la falla y el costo de la avería.

El criterio es considerar la criticidad como un indicador de la magnitud del problema que ocasiona la falla de un equipo. Una vez obtenido el nivel de criticidad, este será empleado para definir la estrategia de mantenimiento. O sea que todos los criterios que se adoptan para definir y cuantificar la criticidad, sirven para decidir finalmente una estrategia.

La magnitud del problema o criticidad depende de dos aspectos:

a) Frecuencia de fallas que está en función de:

- MTBF: tiempo medio entre fallas
- Fff: factor de frecuencia de fallas, cuantifica la influencia de todas las variables de frecuencia de fallas.

b) Influencia sobre el mantenimiento en función de:

- MTTR: tiempo medio de reparación.
- Costo de reparación.

Finalmente la ecuación de criticidad se refleja así:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia de falla} * \text{Consecuencia}$$

$$\text{Consecuencia} = \text{Impacto mantenimiento}$$

La criticidad de equipos se hará en base a la clasificación A, B y C, la cual está dada en base a la incidencia sobre la producción, el impacto en la mantención, o sea, si el tiempo y / o costo de reparación es alto, soportable o irrelevante; la existencia de un equipo redundante en el proceso, es decir, la facilidad que se tenga de disponer de otro equipo de las mismas características a la hora de que este fallara y la frecuencia de falla. [RepsolYPPF05].

A continuación, en la tabla 1.16 se aprecian los beneficios y limitaciones del análisis de criticidad.

Tabla 1.16 Beneficios y limitaciones de análisis de criticidad

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Es de fácil entendimiento. • Puede ser utilizada en cualquier organización ya que se adecúa fácil. 	<ul style="list-style-type: none"> • No identifica de forma eficiente el tipo de mantenimiento a utilizar, ya sea predictivo, preventivo o correctivo.

Fuente: Elaboración propia

1.7.1.4 Mantenimiento productivo total, TPM

La metodología TPM es una herramienta orientada a la mejora de la calidad de los equipos, que trata de maximizar la eficacia y la eficiencia de los equipos a través de un sistema total de mantenimiento preventivo que cubra la vida del equipo.

Mediante el TPM se trata de racionalizar la gestión de los equipos que integran los procesos productivos, de forma que pueda optimizarse el rendimiento de los mismos y la productividad de tales sistemas, estableciendo un sistema de mantenimiento productivo en toda la empresa, para la vida entera del equipo. Incluye mantenimiento preventivo, mantenimiento correctivo, prevención del mantenimiento y mantenimiento de averías.

TPM involucra a cada persona en todos los departamentos y a todos los niveles; motiva a las persona para el mantenimiento de la planta a través de actividades autónomas y de grupos pequeños, y comprende elementos básicos tales como desarrollo de un sistema de mantenimiento, educación en mantenimiento básico de la empresa, habilidades para la solución de problemas y actividades para lograr alcanzar metas como cero averías y cero defectos, lo que implica productividad y rentabilidad. [IUNT, 09]

A continuación, en la tabla 1.17 se encuentran los beneficios y limitaciones de la metodología TPM.

Tabla 1.17 Beneficios y limitaciones de TPM

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Al integrar a toda la organización existirá un resultado final más enriquecido y participativo. • Hay lugar para el cambio en la mentalidad y actitud de toda la gente involucrada en lo que respecta a sus nuevas responsabilidades. • El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua. 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio de cultura general. • No puede ser introducido por imposición. • La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. • Se ejecuta un panorama a largo plazo, ya que su implementación puede tardar varios años.

Fuente: Elaboración propia

1.7.1.5 Mantenimiento centrado en la confiabilidad, RCM II

Es un proceso usado para decidir lo que se debe hacer y también para asegurar que cualquier activo, proceso o sistema continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga.

El proceso RCM II 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.
- Búsqueda de fallas.
- Cambio del diseño o configuración del sistema.
- Cambio de la forma en que es operado el sistema.
- Operarlo para que falle.

Además, suministra criterios precisos para decidir qué tan seguido se deben realizar las tareas. A continuación, en la tabla 1.18 se aprecian los beneficios y limitaciones de esta metodología.

Tabla 1.18 Beneficios y limitaciones de RCM II

Beneficios	Limitaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Crea conexión entre el origen de la falla y la consecuencia de ella, a través de la utilización de modos y efectos de fallas. • Crea políticas de mantenimiento basado en predictivo, preventivo y correctivo. • Puede reducir considerablemente la cantidad de mantenciones realizadas. • - Se adecua a cualquier organización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Su comprensión puede ser complejo para empresas que no han implementado RCM tradicional.

Fuente: Elaboración propia

1.7.2 Análisis y selección de metodológica aplicables

Luego de identificar y describir las distintas metodologías aplicables, se realizó una tabla ponderada con la finalidad de comparar las características de cada una de ellas y así establecer la más adecuada para dar frente al problema que en la actualidad existe en la sección de mantenimiento de ASMAR (V).

Para elaborar la tabla ponderada mencionada con anterioridad, primero se definió en conjunto con el supervisor de mantenimiento, un listado de las características que debe presentar la metodología a elegir, las que se encuentran en la primera columna de la tabla ponderada.

En segunda instancia se establecieron los puntajes y las ponderaciones de cada una de las características, las cuales se encuentran en la columna dos y tres respectivamente de la tabla ponderada, dichos puntajes y ponderaciones se obtuvieron bajo la opinión de expertos de la sección de mantenimiento, en donde se consideró para su determinación, las causas del problema, problema y las necesidades específicas relacionadas al mantenimiento de los equipos de la planta. Los valores asignados a cada una de las características van de 1 al 7 de forma ascendente, en donde el puntaje más bajo significa baja importancia, hasta el mayor que significa alta importancia.

Para finalizar en las columnas de la 4 a la 8, se asignaron las ponderaciones en cada una de las metodologías aplicables, en donde si presentaban la característica se asignó el puntaje máximo, de lo contrario se asignó el valor 0. Posteriormente se realizó la sumatoria y se determinó cuál es la mejor entre las metodologías para aplicar en el astillero.

A continuación en la tabla 1,19 se muestra la tabla de ponderación realizada.

Tabla 1.19 Tabla de ponderación

Análisis de metodologías	Valor entre (1 a 7)	Ponderado	Árbol de fallas	FMCA	AC	TPM	RCM 2
Brinda disponibilidad de los equipos.	7	0,20	0,20	0	0	0,20	0,20
Reducción de costos de mantenimiento.	6	0,17	0	0,17	0,17	0,17	0,17
Es de fácil entendimiento y creación.	5	0,14	0,14	0,14	0,14	0	0,14
Identifica si es necesario mantenimiento preventivo.	6	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0,17
Se adecua fácil a la organización.	5	0,14	0,14	0,14	0,14	0	0,14
Brinda confiabilidad operacional.	6	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0,17
Total puntaje	35	1,00	0,83	0,80	0,46	0,71	1,00
% Total ponderado		100%	83%	80%	46%	71%	100%

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto, se determinó que la metodología adecuada para generar una solución al problema identificado, es el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM II), debido a que cumple con todas las características evaluadas.

1.8 Resultados esperados

En el siguiente trabajo de título se espera entregar una propuesta de plan de mantenimiento mediante la metodología RCM II a la máquina mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf de la planta industrial, ASMAR Valparaíso, a través de una documentación fiable y totalmente evidenciada del mantenimiento de los elementos significativos del equipo en cuestión, que pueda estandarizar sus procedimientos de mantención.

Lo que realiza esta metodología es asegurar que el equipo continúe consiguiendo su capacidad incorporada a la confiabilidad, esto lo hace a través de las siguientes pasos: determinando y especificando la función del equipo en su contexto operacional, identificando fallas funcionales, sus modos, efectos y consecuencias y finalmente realizando una propuesta de plan de mantenimiento a través de una documentación de resultados y su posterior seguimiento para así seleccionar estrategias como son: tareas de mantenimiento y mejorar de actuales prácticas.

Con esto se espera tener como resultado un mantenimiento menos costoso y más eficaz el cual asegure la confiabilidad y disponibilidad del equipo a estudiar

1.9 Limitaciones

El proyecto se sitúa sólo en la línea de negocios reparación de embarcaciones navales de ASMAR (V), excluyéndose las otras, ya que en conjunto representan un porcentaje menor de la totalidad de utilidades anuales de la empresa.

Este trabajo contempla generar una propuesta de plan de mantenimiento basada en la metodología RCM II para el equipo crítico analizado en este capítulo, sin llegar a establecer un estudio de la implementación del modelo. Esta propuesta se basa en los datos entregados por la empresa, los cuales se asume que son 100% reales y confiables.

Cabe destacar que la línea de negocio seleccionada como se dedica a la prestancia de servicios y al no trabajar con procesos productivos como la línea de negocios de fabricación de botes PUMAR, se adecuó la metodología RCM II para satisfacer los requerimientos específicos de ésta.

1.10 Objetivos

En el siguiente acápite se presentan el objetivo general y los objetivos específicos que busca el desarrollo de éste trabajo de título.

1.10.1 Objetivo general

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico participante en línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales, basado en la metodología RCM II para planta industrial, ASMAR Valparaíso.

1.10.2 Objetivo específicos

- Diagnosticar situación actual del proceso de mantención de la planta ASMAR Valparaíso, describiendo el funcionamiento del área de mantención y evaluando su situación.
- Identificar equipo o equipos críticos en área de mantenimiento para establecer objeto de estudio.
- Formular propuesta de plan mantenimiento basado en la metodología RCM II para empresa ASMAR Valparaíso.

1.11 Resumen Capítulo 1: Antecedentes generales

En este capítulo se describió de forma general la empresa ASMAR comenzando con una breve reseña de la empresa y descripción del proceso general de la planta industrial Valparaíso en torno a los antecedentes generales de la empresa junto con el detalle de la línea de negocio de reparación de embarcaciones navales en la cual nos enfocamos.

Para determinar donde se encuentra el problema se describió el área de mantención y se detalló el proceso de cada tipo mantenimiento realizado en la empresa.

Luego, se efectuó una selección de los equipos críticos del área de reparación de embarcaciones navales basada en 5 dimensiones las cuales fueron: Criticidad de equipos, no disponibilidad, cantidad de fallas, tiempo entre fallas y costos asociados a la mantención, donde se concluyó seleccionar a la máquina mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf como objeto de estudio para la realización de este trabajo.

Tras los antecedentes revisados y mediante diversos análisis, se detectó que el problema principal corresponde a:

“No disponibilidad de los equipos de la línea de negocio reparación de embarcaciones navales por alta ejecución de mantenciones correctivas asociadas a fallas”.

Una vez definido el problema, se utilizó la herramienta de trabajo brainstorming para determinar la causa principal del problema en cuestión y luego para jerarquizar estas se utilizó el diagrama de Pareto, obteniendo como resultado que las causas más relevantes corresponde a:

- Plan de mantenimiento preventivo inadecuado.
- Mala manipulación de los equipos por el operario.
- Escasez de repuesto.

Provocando las siguientes consecuencias:

- Retrasos en las tareas de reparación.
- Reclamos por no cumplimiento del plazo de entrega de los requerimientos (pérdida de imagen).
- No productividad del personal relacionado con las reparaciones de embarcaciones navales.
- Alta reducción del presupuesto asignado a mantención por concepto de fallas no programadas.

Luego, se evaluaron distintas alternativas de metodologías para dar solución al problema, determinando que la metodología “Mantenimiento centrado en la confiabilidad” (RCM II) es la más adecuada para generar una solución al problema identificado.

Por último y basándose en lo planteado anteriormente se estableció el objetivo general y los objetivos específicos, los cuales se detallan a continuación:

Objetivo general

Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico participante en línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales, basado en la metodología RCM II para planta industrial, ASMAR Valparaíso.

Objetivo específicos

- Diagnosticar situación actual del proceso de mantención de la planta ASMAR Valparaíso, describiendo el funcionamiento del área de mantención y evaluando su situación.
- Identificar equipo o equipos críticos en área de mantenimiento para establecer objeto de estudio.
- Formular propuesta de plan mantenimiento basado en la metodología RCM II para empresa ASMAR Valparaíso.

2. Metodología

En este capítulo se describe el marco teórico correspondiente a la metodología propuesta para resolver el problema planteado y dar cumplimiento a los objetivos propuestos.

2.1 Mantenimiento y Mantenimiento centrado en la confiabilidad II

Desde el punto de vista de la ingeniería hay dos elementos que hacen al manejo de cualquier activo físico: debe ser mantenido y de tanto en tanto quizás también necesite ser modificado. Esto sugiere que “mantenimiento” significa preservar algo y modificarlo significa cambiarlo de alguna manera. Por ello una definición de mantenimiento sería: *“Asegurar que los activos físicos continúen haciendo lo que sus usuarios quieren que hagan”*. [Moubray97]

Los requerimientos de los usuarios van a depender de dónde y cómo se utilice el activo (contexto operacional). Esto lleva a la siguiente definición formal de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad:

Mantenimiento Centrado en la confiabilidad o RCM II por sus siglas en inglés se define como *“Proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúa haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”*. [Moubray97]

2.2 Las siete preguntas básicas del RCM II

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 acerca del activo o sistema que se intenta revisar. [Moubray97]

Estable objetivos, define el problema y recoge la información básica:

- 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?

Consecuencias de las fallas:

- 5.- ¿En qué sentido es importante cada falla?

Estrategias de mantenimiento:

- 6.- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- 7.- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Para llevar a cabo lo anterior el RCM emplea técnicas de mantenimiento predictivo, preventivo y correcto. Los siete puntos anteriores son detallados a continuación:

2.2.1 Funciones

Cada elemento de los activos en la empresa debe haberse adquirido para propósitos determinados. En otras palabras, tendrá 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 dependerá de:

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

Las funciones se dividen en dos categorías: [Moubray97]

- a) Funciones primarias: Son la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Son las razones por las cuales existe el activo, por lo que se deben definir tan precisamente como sea posible. Las funciones primarias son generalmente fáciles de reconocer, de hecho el nombre de la mayoría de los activos físicos industriales se basa en su función primaria. Esta categoría cubre temas como velocidad, producción, calidad del producto, servicio al cliente.
- b) Funciones secundarias: Son las funciones que se espera que cada activo haga más allá de realizar sus funciones primarias. Los usuarios también tienen expectativas relacionadas con las áreas de seguridad, control, contención, confort, integridad estructural, economía, eficiencia operacional y hasta de apariencia del activo. Las funciones secundarias son usualmente menos obvias que las primarias, la pérdida de una función secundaria puede tener serias consecuencias, a veces hasta más serias que la pérdida de una función primaria.

Una vez que se establece el funcionamiento deseado de cada elemento, el RCM II 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 medio ambiente, costo operacional y seguridad. Esto remarca la importancia de identificar precisamente qué es lo que los usuarios quieren cuando comienza a desarrollarse un programa de mantenimiento. [Moubray97]

Las funciones se listarán en la columna izquierda de la Hoja de Información de RCM, la cual se aprecia más abajo en la tabla 2.1 siendo las funciones primarias las primeras enumeradas.

2.2.2 Fallas funcionales

Una vez que las funciones y los estándares de funcionamiento del 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 cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario. [Moubray97]

Cuando se presenta una falla funcional el equipo deja de hacer lo que sus usuarios quieren que haga por lo que es necesario identificar qué fallas ocurrirán para poder determinar qué herramientas serán útiles para el manejo de las mismas, se deben considerar fallas causadas por deterioro o desgaste por uso normal, así como también fallas causadas por errores humanos y errores de diseño.

Las fallas funcionales se escribirán en la segunda columna de la hoja de información que se encuentra en la tabla 2.1 y son serán codificadas alfabéticamente.

2.2.3 Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)

El análisis AMFE se realiza para identificar los modos de fallas que sean posibles causantes de cada falla funcional, y determinar los efectos de falla asociados con cada modo de falla (preguntas 3 y 4) los cuales se describen a continuación:

2.2.3.1 Modos de fallas

Una vez que se identificado cada falla funcional, el próximo paso es tratar de identificar todos los hechos que de manera razonablemente posible puedan haber causado cada estado de falla, estos hechos se denominan modos de falla *“Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional”*. [Moubray97]

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 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 mismo al concentrarse demasiado en los detalles.

Estos pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado luego de que el activo físico es puesto en servicio ya sea por deterioro fallas de lubricación, polvo o suciedad, desarme, errores humanos.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

Una vez que cada modo de falla ha sido identificado es posible considerar que sucede cuando ocurre, evaluar las consecuencias y decidir si debiera hacerse algo para anticipar, prevenir, detectar, corregir o hasta rediseñar.

Los modos de fallas se mostrarán en la tercera columna de la hoja de información de que encuentra en la tabla 2.1 las cuales se van a enumerar por cada falla funcional.

2.2.3.2 Efectos de fallas

El cuarto paso en el proceso de revisión RCM II consiste en hacer una lista de lo que de hecho sucede al producirse cada modo de falla. Esto se denomina efectos de falla.

Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla. [Moubray97]

La descripción de estos efectos (los cuales se registrarán en la última columna de la hoja de información junto al modo de falla correspondientes, como lo muestra la tabla 2.1 debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

- La evidencia (si la hubiera) de que se ha producido una falla.
- Las maneras (si la hubiera) en que la falla supone una amenaza para la seguridad o el medio ambiente.
- Las maneras (si la hubiera) en que afecta a la producción o las operaciones.
- Los daños físicos (si la hubiera) causados por la falla.
- Que debe hacerse para reparar la falla

Tabla 2.1 Hoja de información RCM II

SISTEMA		Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°
SUBSISTEMA		Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)		

Fuente: RCM II John Moubray

Un efecto de falla no es lo mismo que una consecuencia de falla. Un efecto de falla responde a la pregunta ¿Qué ocurre?, mientras que una consecuencia de falla responde a la pregunta ¿Qué importancia tiene?

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. [Moubray97]

2.2.4 Consecuencias de las fallas

La naturaleza y la gravedad de los efectos de falla definen las consecuencias de la falla. En otras palabras, definen la manera en la que los dueños y los usuarios de los activos creerán que cada falla es importante.

Un punto fuerte del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que sus características técnicas. De hecho reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas.

Esta metodología comienza el proceso de selección de tareas asignando los efectos a cada modo de falla y clasificándolos dentro de una de las cuatro categorías definidas por el RCM II:

- a) Consecuencias de fallas ocultas: Las fallas ocultas no tienen un impacto directo, pero exponen a la organización a fallas múltiples con consecuencias serias y hasta catastróficas.
- b) Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente: Una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede lesionar o matar a alguien. Tiene consecuencias para el medio ambiente si puede infringir alguna normativa relativa al medio ambiente de carácter corporativo, regional o nacional.
- c) Consecuencias operacionales: Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción o a las operaciones (volumen de producción, calidad de producto, servicio al cliente o costo operacional, además del costo directo de operación).
- d) Consecuencias no operacionales: Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan a la seguridad ni a la producción, de modo que sólo involucran el costo directo de la reparación.

Si las consecuencias son serias, entonces se harán esfuerzos considerables para evitar, eliminar o minimizar sus consecuencias. Por otro lado, si la falla sólo tiene consecuencias menores, es posible que no se tome ninguna acción proactiva, y que la falla simplemente sea reparada una vez que ocurra. [Moubray97]

El proceso de RCM hace uso de estas categorías como la base de su marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento. Obligando a realizar una revisión de las consecuencias de cada modo de falla en relación a las categorías mencionadas, integra los objetivos operacionales, ambientales y de seguridad a la función mantenimiento, esto permitirá centrar la atención sobre las actividades de mantenimiento que tienen el mayor efecto sobre el desempeño de la organización y resta importancia a aquellas que tiene escaso resultado.

La revisión y evaluación de las consecuencias se realizará mediante el uso del diagrama de decisión RCM II cuyos resultados quedarán registrados en la hoja de decisión RCM II que se encuentra más abajo en la tabla 2.2.

2.2.5 Técnicas de manejo de fallas

Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías:

- **Tareas proactivas:** Estas tareas se emprenden antes de que ocurra una falla, para prevenir que el ítem llegue al estado de falla. Abarca lo que se conoce tradicionalmente como el mantenimiento “predictivo” o “preventivo”.
- **Acciones a falta de:** Estas tratan directamente con el estado de falla, y son elegidas cuando no es posible identificar una tarea proactiva afectiva. Las acciones “a falta de” incluyen búsqueda de falla, rediseñar y mantenimiento a rotura (correctivo).

2.2.5.1 Tareas proactivas:

El RCM divide a las tareas proactivas en tres categorías:

- Tareas de reacondicionamiento cíclicas.
- Tareas de sustitución cíclicas.
- Tareas a condición.

Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclicas

El reacondicionamiento cíclico implica refabricar un componente o reparar un conjunto antes de un límite de edad específico sin importar su condición en ese momento. De manera parecida, las tareas de sustitución cíclica implican sustituir un componente antes de un límite de edad específico, más allá de su condición en ese momento.

En conjunto estos dos tipos de tareas son conocidos generalmente como mantenimiento preventivo. Solían ser los tipos de mantenimiento proactivo más ampliamente usados. Sin embargo, debido a las razones mencionadas anteriormente, se usan mucho menos que veinte años atrás.

La frecuencia con la que se realiza cada tarea de reacondicionamiento y sustitución cíclica está determinada por la vida útil de cada elemento.

En otras palabras como se puede apreciar en la figura 2.1, la frecuencia de una tarea de reacondicionamiento o sustitución cíclica está determinada por la edad en la que el elemento o componente muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla

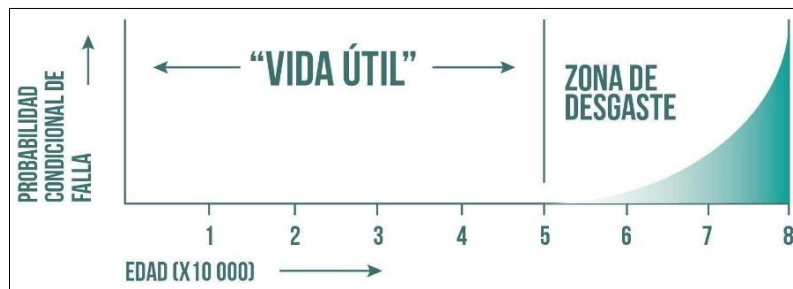


Figura 2.1 Probabilidad condicional de falla y "vida útil"
Fuente: RCM II John Moubray

Tareas a condición

El crecimiento de nuevos tipos de manejo de falla se debe a la continua necesidad de prevenir ciertos tipos de falla, y la creciente ineficacia de las técnicas clásicas para hacerlo. La mayoría de las nuevas técnicas se base en el hecho de que la mayoría de las fallas dan algún tipo de advertencia de que están por ocurrir. Estas advertencias se denominan fallas potenciales, y se definen como condiciones físicas identificables que indican que una falla funcional esta por ocurrir o están en el proceso de ocurrir.

Las nuevas técnicas son utilizadas para detectar fallas potenciales y permitir actuar evitando las posibles consecuencias que surgirían si se transformaran en fallas funcionales. Se llaman tareas a condición porque los componentes se dejan en servicio a condición de que continúen alcanzado los parámetros de funcionamiento deseados.

Además de la falla potencial en si misma se necesita considerar el tiempo que transcurre entre el punto en el que ocurre una falla potencial (P) y el punto en el que se deteriora y se convierte en una falla funcional (F) como se ilustra en la figura 2.2.

Este tiempo se denomina intervalo P-F.

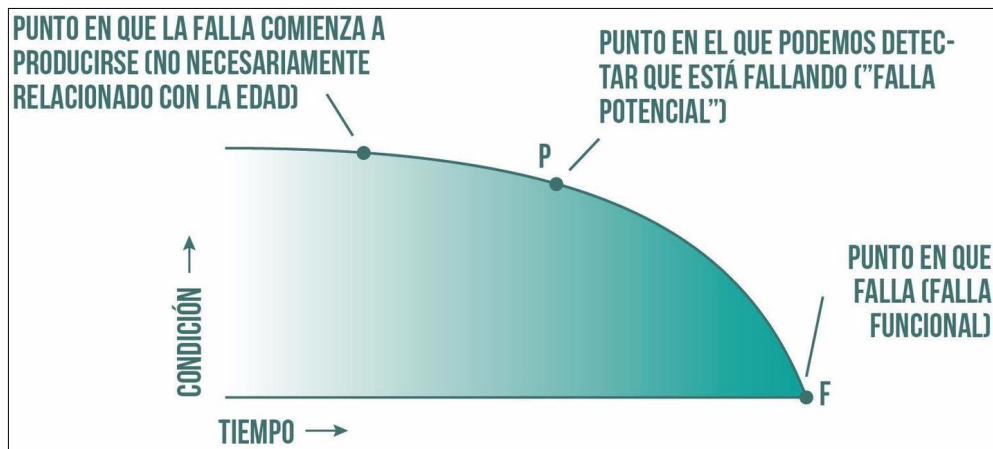


Figura 2.2 Curva P-F
Fuente: RCM II John Moubray

El intervalo P-F determina que tiempo tenemos disponible para ejecutar la acción para disminuir o ejecutar la consecuencia de la falla. Si el intervalo es muy largo hay posibilidad que pasemos la falla por alto, y si es muy corto desperdiciaremos recursos en el proceso de chequeo.

2.2.5.2 Acciones a falta de:

El RCM reconoce tres grandes categorías de acciones a falta de:

- Búsqueda de fallas.
- Rediseño.
- Ningún mantenimiento programado.

Búsqueda de fallas:

Las tareas de búsqueda de falla implican revisar periódicamente funciones ocultas para determinar si han fallado (mientras que las tareas basadas en la condición implican revisar si algo está por fallar).

Para establecer los intervalos de búsqueda de falla, deben tomarse en cuenta los siguientes conceptos.

- Tiempo medio entre fallas (MTBF)

El tiempo medio entre fallas o MTBF (Mean Time Between Failures) es el tiempo transcurrido entre fallas sucesivas de un producto reparable. [Acuña03]

Este indicador permite medir la frecuencia entre fallas, para calcularlo se utiliza la siguiente formula:

$$MTBF = \frac{N^{\circ} DE EQUIPOS * TIEMPO OPERATIVO}{N^{\circ} DE FALLAS}$$

- Disponibilidad (DISP):

La disponibilidad de un equipo o activo se define como el porcentaje de tiempo en que está operativo, o disponible a funcionar en cualquier instante.

$$DISP = \frac{TIEMPO DE OPRECIÓN - TIEMPO DE PARADA}{TIEMPO DE OPERACIÓN}$$

- Intervalos de búsqueda de falla (FFI):

Para determinar este intervalo se utilizan la disponibilidad y el tiempo medio entre fallas y se calcula con la siguiente formula.

$$FFI = 2 \times (100\% - Disp. \%) \times MTBF$$

Rediseño:

Rediseñar implica hacer cambios de una sola vez a las capacidades iniciales de un sistema. Esto incluye modificaciones al equipo y también cubre los cambios de una sola vez a los procedimientos.

Ningún mantenimiento programado:

Como su nombre lo indica, aquí no se hace esfuerzo alguno en tratar de anticipar o prevenir los modos de falla y se deja que la falla simplemente ocurra, para luego repararla. Esta tarea a falta de, también es llamada mantenimiento "a rotura".

2.2.6 Proceso de Selección de Tareas de RCM

Un punto fuerte del RCM es la manera en que provee criterios simples, precisos y fáciles de entender, para decidir cuál de las tareas proactivas es técnicamente factible en el contexto operacional dado (si existe alguna), y para decidir quién debería hacerlas y con qué frecuencia.

Si una tarea proactiva es técnicamente factible o no, está determinado por las características técnicas de la tarea y de la falla que pretende prevenir. Si vale la pena hacerlo o no, depende de la manera en que se manejan las consecuencias de falla. De no hallarse una tarea proactiva que sea técnicamente factible y que valga la pena hacerse, entonces debe tomarse una acción a falta de adecuada. La esencia del proceso de selección es el siguiente:

- Para fallas ocultas, la tarea proactiva vale la pena si reduce significativamente el riesgo de falla múltiple asociado con esa función aun nivel tolerablemente bajo. Si esto no es posible, debe realizarse una tarea de búsqueda de falla. De no hallarse una tarea de búsqueda de falla que sea adecuada, la decisión a falta de secundaria indicará que el componente pueda ser rediseñado (dependiendo de las consecuencias de la falla múltiple).
- Para falla con consecuencias ambientales o para la seguridad, una tarea proactiva solo vale la pena si por si sola reduce el riesgo de falla a un nivel muy bajo, o directamente lo elimina. Si no puede encontrarse una tarea que reduzca el riesgo a niveles aceptablemente bajos, entonces el componente debe ser re diseñado o debe cambiarse el proceso.
- Si la falla tiene consecuencias operacionales, una tarea proactiva solo vale la pena si el costo total de realizarla a lo largo de un cierto periodo de tiempo es menor al costo de las consecuencias operacionales más el costo de reparación en el mismo periodo de tiempo. En otras palabras, la tarea debe tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica la decisión a falta de inicial es ningún mantenimiento programado. (Si esto ocurre y las consecuencias operacionales siguen siendo inaceptables, entonces la decisión a falta de secundarias es nuevamente el rediseño).
- Si una falla tiene consecuencias no operacionales, solo vale la pena una tarea proactiva si el costo de la tarea a lo largo de un periodo de tiempo es menor al costo de reparación en el mismo tiempo. Entonces estas tareas deben tener justificación en el terreno económico. Si no se justifica, la decisión a falta de inicial es otra vez es ningún mantenimiento programado, y si los costos son demasiado elevados entonces las siguientes decisión a falta de secundaria es nuevamente el rediseño.

Este enfoque significa que las tareas proactivas son solo definidas para las fallas que realmente lo necesitan, lo que a su vez lleva a reducciones sustanciales en carga de trabajo de rutina. Un menor trabajo de rutina también significa que es más probable que las tareas restantes sean realizadas correctamente. Esto sumando a la eliminación de tareas contraproducentes, lleva a un mantenimiento más efectivo.

A continuación en la figura 2.3 se encuentra el detalle de la secuencia de como escoger las tareas a realizar las cuales se tabulan en la tabla 2.2 llamada hoja de decisión RCM II.

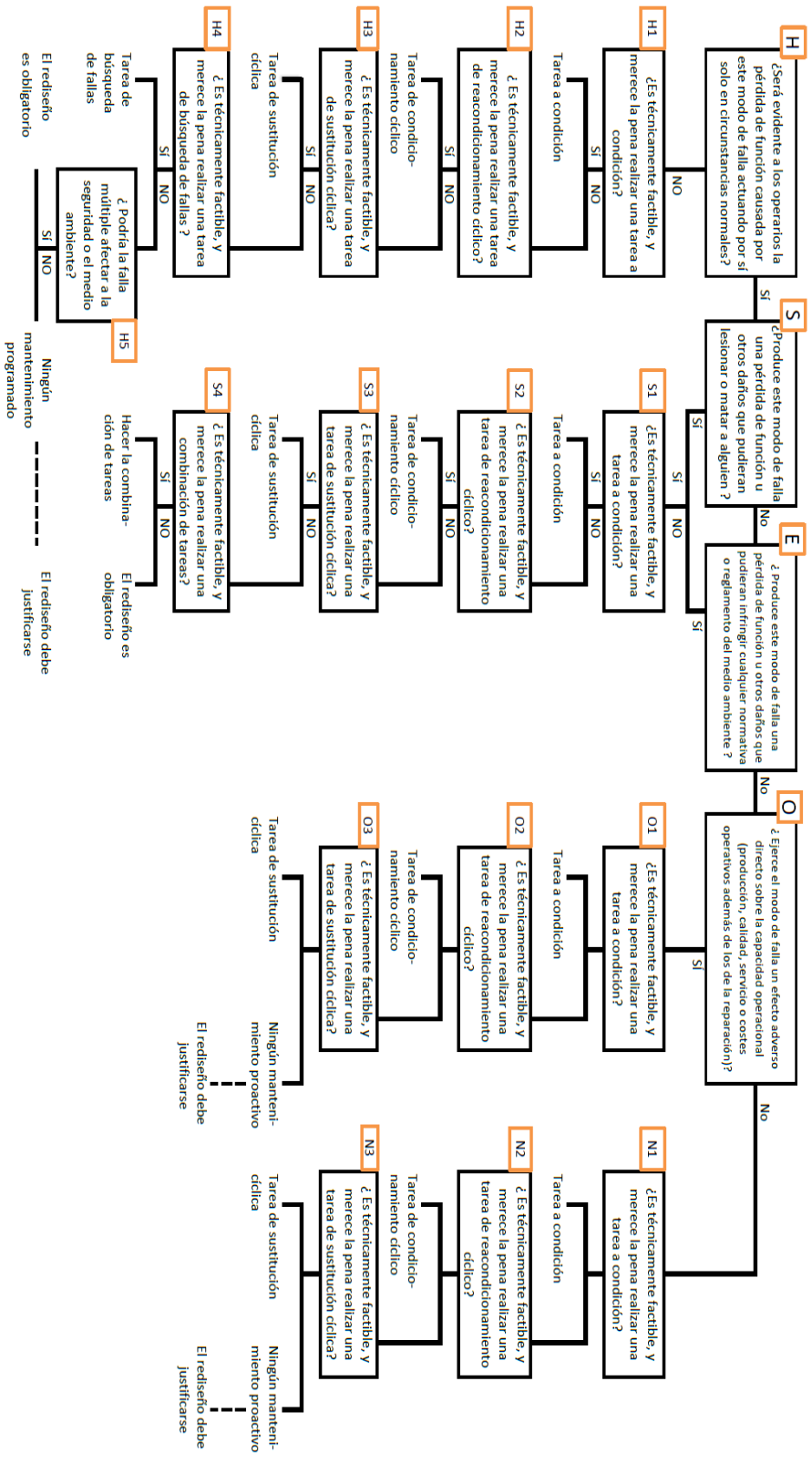


Figura 2.3 Diagrama de decisión RCM II
Fuente: Fabricación propia

Tabla 2.2 Hoja de decisión RCM II

SISTEMA								Sistema N°	Facilitador:	Fecha	Hoja N°				
SUBSISTEMA								Subsistema N°	Auditor:	Fecha	de				
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4			

Fuente: RCM II John Moubray

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.

2.3 Resumen Capitulo 2: Metodología

En este capítulo se describió la metodología a utilizar para resolver el problema planteado en el capítulo 1.

Para cumplir con el objetivo general “Desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico participante en línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales, basado en la metodología RCM II para Planta industrial, ASMAR Valparaíso”, la metodología se dividió en 5 etapas definidas a continuación:

- Etapa 1: Funciones y fallas funcionales del activo:

En esta etapa se definen las funciones del sistema definido y sus componentes en el contexto operacional y funcional cuando fallan, además se van a identificar las fallas funcionales según la función de cada subsistema a estudiar.

- Etapa 2: Análisis AMFE

El paso siguiente es identificar los modos de falla que tienen más posibilidad de causar la pérdida de una función en el sistema o subsistemas, para luego identificar los efectos de cada falla.

Finalmente, mediante un formato denominado “Hoja de Información RCM II” registrar de forma detallada toda la información de cada componente del equipo a estudiar.

- Etapa 3: Evaluación de las consecuencias de falla

Según la gravedad de cada modo de falla se clasifica las consecuencias, si una falla tiene consecuencias significativas, será importante tratar de prevenirlas. Por otro lado, si las consecuencias no son significativas, entonces se indica que acción “a falta de” debería ser tomada.

- Etapa 4: Técnicas de manejo de fallas

Se definen las tareas proactivas o acciones “a falta de” dependiendo de la importancia que tenga la consecuencia, para luego determinar el personal a cargo de la tarea y la frecuencia de trabajo adecuada, lo cual queda registrado en un formato denominado “Hoja de decisión RCM II”

- Etapa 5: Resultados

Finalmente, se formula una propuesta de plan de mantenimiento a la máquina mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, a través de un documento llamado “Procedimientos para las mantenciones preventivas” la cual señale información relevante para el mantenimiento de los elementos significativos del equipo en cuestión.

Se presenta esta metodología de mantenimiento centrado en la confiabilidad como una alternativa para lograr un cambio positivo y efectivo en la gestión de mantenimiento de la empresa, confiando en que se producirán resultados muy rápidos y ayudará a proveer un marco de trabajo paso a paso efectivo permitiendo llevar la gestión de mantenimiento del equipo esperando tener como resultado un mantenimiento más eficaz y menos costoso el cual asegure la confiabilidad y disponibilidad.

El diagrama de flujo que se ilustra posteriormente en la figura 2.4 se realizó con el fin de ofrecer una descripción visual de las actividades implicadas en el proceso de aplicación de la metodología RCM II donde se muestra la relación secuencial entre ellas, facilitando la rápida comprensión de cada actividad y su relación con las demás.

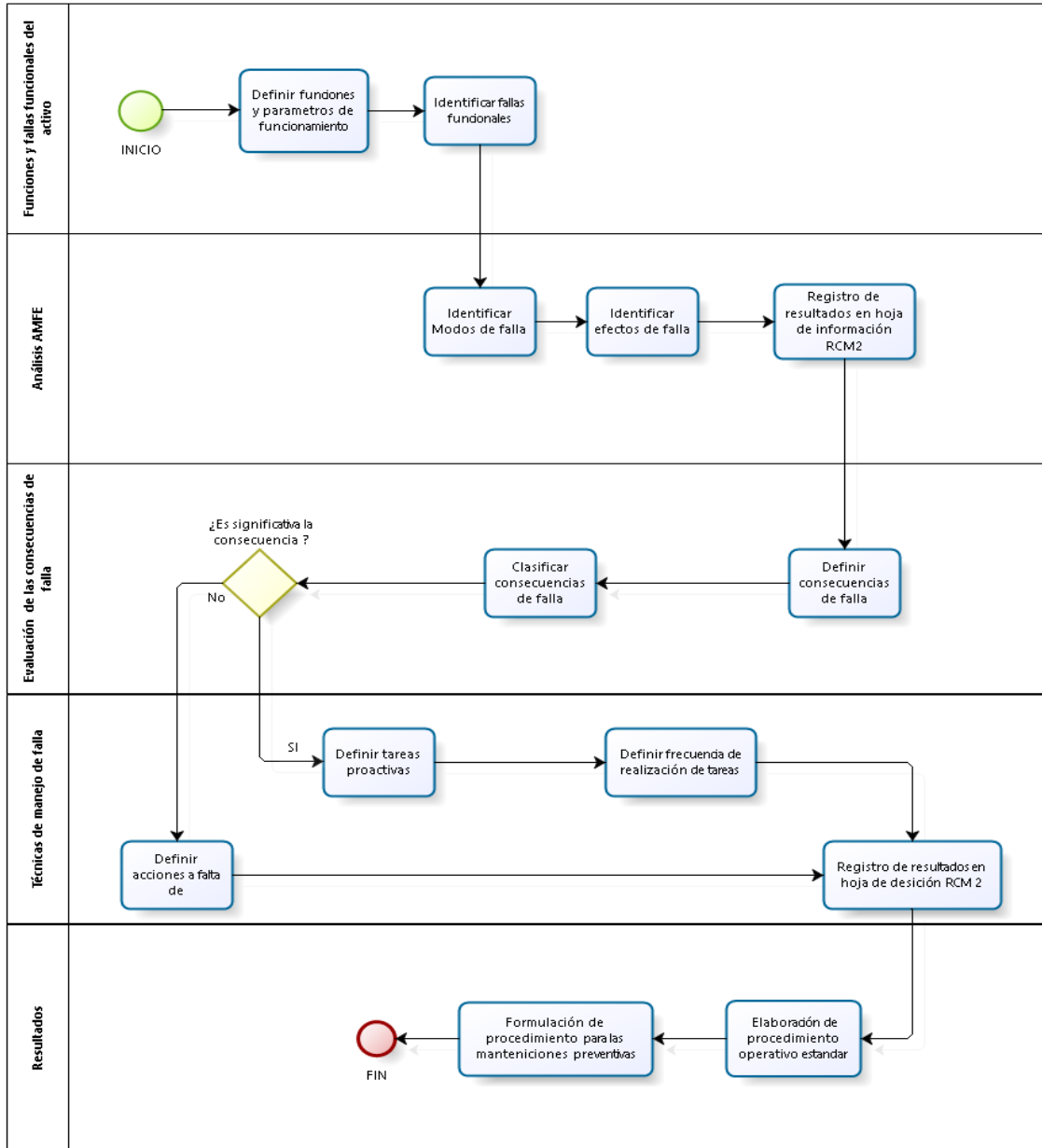


Figura 2.4 Diagrama de flujo aplicación de metodología RCM II

Fuente: Elaboración Propia

3. Aplicación de la metodología

En este capítulo se describe la aplicación de la metodología detallada en el capítulo 2, a través de 5 etapas:

Etapa 1: Funciones y fallas funcionales del activo.

Etapa 2: Análisis AMFE.

Etapa 3: Evaluación de las consecuencias de fallas.

Etapa 4: Técnicas de manejo de fallas.

Etapa 5: Resultados.

3.1 Funciones y fallas funcionales del activo

Mediante la revisión de manuales de fabricante y entrevistas al personal de mantenimiento, se describe el funcionamiento y los parámetros operacionales de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, la cual basada en la metodología RCM II se determina como sistema a analizar. Posteriormente se identifican los subsistemas del equipo para determinar las principales funciones y las fallas que provocan la pérdida de la función en el equipo.

3.1.1 Funcionamiento y los parámetros operacionales de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

La mandrinadora está compuesta por una bancada donde hay una mesa giratoria para fijar las piezas que se van a mecanizar, y una columna vertical por la que se desplaza el cabezal motorizado que hace girar al husillo portaherramientas donde se sujetan las barras de mandrinar. Está destinada para el barrenado exacto según el método de coordenadas, taladrado, fresado, torneado refrendado y roscado de roscas de las piezas labradas, cuyo peso no excede 3000 kg.

Este equipo es de tipo izquierdo, es decir que la caja del husillo se encuentra a la izquierda (desde el punto de vista del puesto del operador). Las superficies de dirección de la bancada y los carros longitudinales están revestidos con listones templados, las superficies contrarias en los carros longitudinales y transversales están confeccionadas por una materia plástica, la cual ha sido creada para este objeto especialmente y tiene buenas características de deslizamiento. Toda las demás correderas son de deslizamiento, de tipo clásico.

La propulsión del husillo de trabajo y del deslizamiento es ejecutada por el motor eléctrico asíncrono común con el inducido cortocircuitado, el mando es realizado por botones y barras de cambio en la placa frontal.

Los movimientos de trabajo realizables en la mandrinadora son:

1. Movimiento de corte por rotación de la herramienta.
2. Movimiento de avance por desplazamiento axial de la herramienta o por desplazamiento longitudinal de la pieza.
3. Movimiento de profundidad de pasada por desplazamiento radial de la herramienta.

Las operaciones que pueden realizarse en la mandrinadora son las siguientes:

- Mandrinado: Se realiza con herramientas en voladizo cuando son mandrinados cortos. Si se trata de mandrinados largos, se utiliza la barra de mandrinar.
- Taladrado: Aunque no es un trabajo propio de la mandrinadora, se realizan con frecuencia taladros utilizando brocas con mangos cónicos.
- Escariado: Se repasan los orificios con escariadores fijos o regulables.
- Refrentado: Se realiza esta operación utilizando el plato con el portaherramientas desplazable radialmente.
- Roscado: Se pueden darse avances al husillo, igual a los pasos normalizados de las roscas, y por tanto.
- Fresado: Es una operación frecuente en la mandrinadora y se realiza con fresas montadas sobre el eje cuando son de pequeños diámetros o sobre el plato cuando se trata de fresas grandes. Utilizando un portaherramientas orientable especial puede fresarse en cualquier ángulo.
- Torneado: Si la mandrinadora es equipada con mesa circular dotada de rotación independiente pueden realizarse torneados.

Cuando se mandrinan piezas cúbicas, éstas se fijan en la mesa de trabajo de la máquina y lo que gira es la herramienta de mandrinar sujeta al husillo, donde se imprime la velocidad adecuada de acuerdo con las características del material constituyente de la herramienta y el avance axial adecuado.

A continuación en la tabla 3.1 se describen los parámetros técnicos de la máquina, los cuales fueron extraídos del manual de mantenimiento del equipo.

Tabla 3.1 Parámetros técnicos de la máquina

PARAMETROS TECNICOS MANDRINADORA FRESADORA TOS VARNSDORF		
Diámetro del Husillo	mm	100
Cono del husillo		ISO 50
Número de velocidades		23
Gama de revoluciones del husillo	rpm	7,1-1120
Número de velocidades del cabezal		16
Gama de revoluciones del cabezal de mandrinar	Rpm	7.1- 224
Potencia del motor principal	kw	11
Par max. del husillo:		
Durante velocidad baja	Nm	3350
Durante velocidad alta	Nm	78.5
–	mm	1600
del eje del husillo de trabajo encima de la mesa (Y)	mm	1120
Recorrido longitudinal de la mesa (Z)	mm	1250
Salida del husillo de trabajo(W)	mm	900
Superficie de sujeción de la mesa	mm	1250 x 1250
Peso máximo de la pieza de trabajo	kg.	3000
Ranuras en T:		
Dimensión	Mm	22H8
Salida	mm	160
Cantidad		9
Avances de taladrado –grados 32- gama de avances	mm/rev.	0,02-12
Avance de fresado –grados 18- gama de avances	mm/min	18-900
Avance de revoluciones de la mesa en diametro de 1000 mm	mm/min	25-400
Avances rápidos del husillo, la caja del husillo y la mesa	mm/min	2800
Roscas métricas –grados 18- valores extremos	mm	0,25-12
Roscas ingleses –grados 18- valores extremos	pasos/1"	120-2,5
Voltaje	V/Hz	3x400/50
Potencia absorbida total de la máquina	–	15
Nivel de ruido "A" en sitio del operador	dB(A)	80
Peso de la máquina	kg	14000

CABEZAL DE MANDRINAR		
Diámetro del cabezal de mandrinar	mm	600
Avance de los carros de cuchilla del cabezal	mm	215
Diámetro máximo de refrentado	mm	900
Revoluciones del cabezal	mm	7,1-224

SOPORTE DE LAS BARRAS DE MANDRINAR		
Del taladrado utilizando las barras de mandrinar de $\varnothing 80$	mm	180-425
Del taladrado utilizando las barras de mandrinar de $\varnothing 100$	mm	250-425

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, en la figura 3.1 y 3.2 se muestran las vistas lateral y superior de la mandrinadora respectivamente.

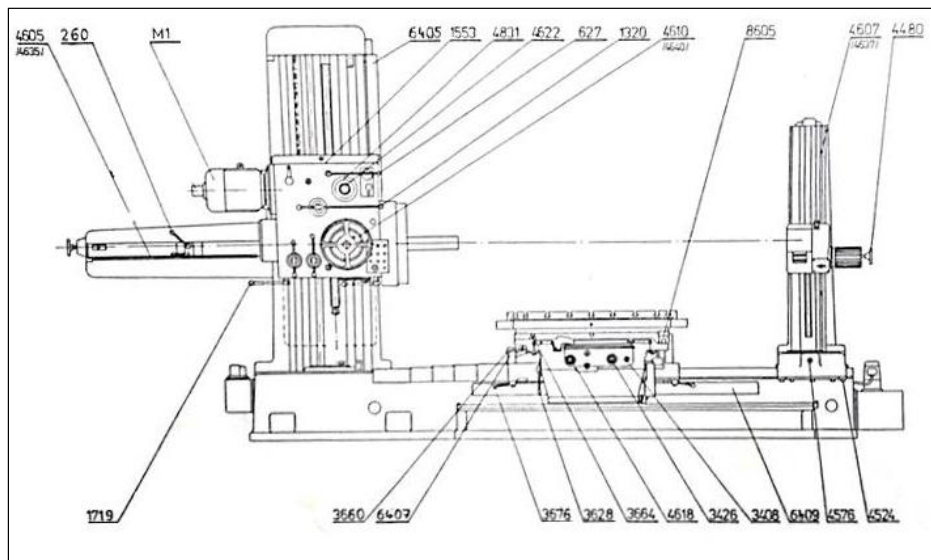


Figura 3.1 Vista lateral máquina

Fuente: Manual de mantenimiento mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf

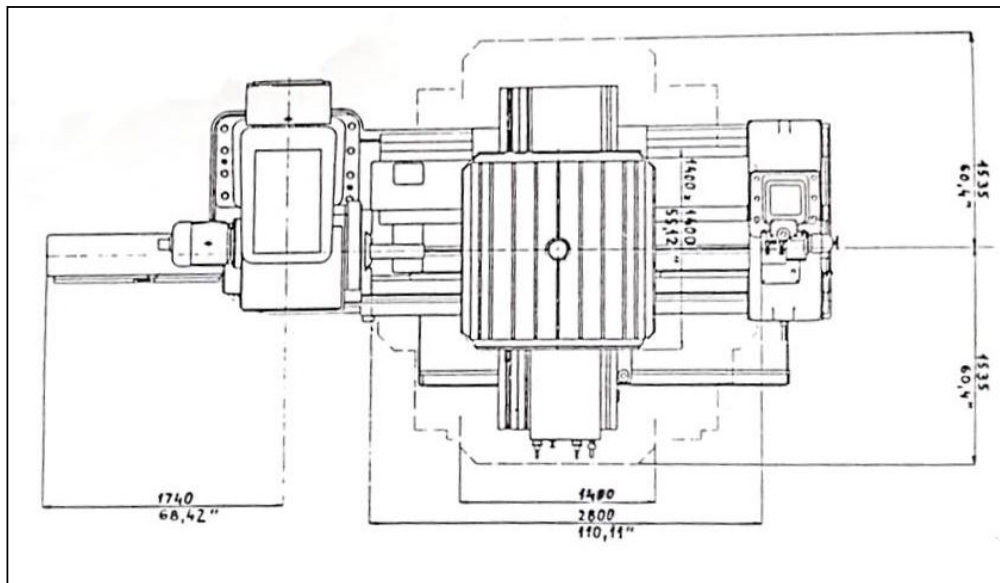


Figura 3.2 Vista superior máquina

Fuente: Manual de mantenimiento mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf

3.1.2 Funciones y fallas funcionales de los subsistemas de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

Inicialmente bajo la opinión de expertos se identificaron los subsistemas que componen la máquina, los cuales son considerados las piezas principales en el funcionamiento del equipo, debido a que si se produce una falla en ellos, generaría la no disponibilidad del equipo.

Luego se determinaron las funciones de cada uno de los subsistemas indicando cada una de las fallas funcionales respectivas. A continuación, en la tabla 3.2 se muestra el detalle de lo descrito anteriormente.

Tabla 3.2 Funciones y fallas funcionales de los subsistemas

Subsistema	Función	Falla Funcional
Husillo de trabajo	Sistema portaherramientas que sujeta las barrenas de mandrinar	Desafinamiento del husillo
		Incapacidad de frenado del husillo
		Fisura en el husillo
		Vibración fuera de parámetros del husillo
Cabezal	Permite el movimiento vertical sobre el montante, sostiene el husillo de trabajo y principal, permite la selección de las revoluciones de ambos husillos y el avance del equipo	Incapacidad de desplazamiento del cabezal
		Aumento en la temperatura en cabezal
		Altas vibraciones del cabezal
		Incapacidad de seleccionar marchas
Motor principal	Transmitir el movimiento al cabezal para el giro del Husillo y desplazamiento de todos los componentes de la maquina	Motor no arranca
		Pérdida de potencia
		Altas vibraciones del motor
		Temperatura sobre los niveles normales de funcionamiento
Captador portaherramientas	Fijar las herramientas en el husillo de trabajo	Incapacidad de instalar herramientas
		Bloqueo de control
		Falla en motor eléctrico del captador
		Daños en el alfiler
Mesa giratoria	Unidad giratoria donde se sujetan las piezas a mecanizar	No gira ni avanza longitudinalmente la mesa
		Movimiento transversal nulo de la bancada
		Ruido y sobrecalentamiento en cabezal
		Tambaleo de mesa
		Incapacidad de mantener perpendicularidad de rotación de la mesa
Plato	Montar herramientas complejas y de envergadura mayor	Giro excéntrico del plato
		Incremento en las profundidades de corte establecida
		Falla en carro de cuchillo
		Fisura en plato

Fuente: Elaboración Propia

Las funciones y fallas funcionales de cada subsistema se registraron en la primera y segunda columna de las hojas de información de RCM II encontradas en el anexo 3.1.

3.2 Análisis de modos, fallas y efectos (AMFE)

Una vez que se identificó cada función y falla funcional de los componentes del sistema, el próximo paso fue identificar todos los hechos que puedan haber causado cada estado de falla (modos de fallas) y además se determinó que sucede cuando se producen estas fallas considerando los efectos operacionales, seguridad ambiental y personal e incidencia que podría tener en el funcionamiento del equipo. Los resultados obtenidos se registraron en la tercera y cuarta columna de las hojas de información de RCM II encontradas en el anexo 3.1.

Para ejemplificar el formato denominado “hoja de información RCM II” en la tabla 3.3 se muestra un extracto de lo realizado para el subsistema husillo de trabajo.

Tabla 3.3 Extracto de hoja de información del subsistema husillo

Hoja de información RCM II	SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf		
	SUBSISTEMA	Husillo de trabajo		
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)
1 Sistema portaherramientas que sujeta las barrenas de mandrinar.	A Desafinamiento del husillo	1	Desgaste rodamiento de cabezal	Genera inconvenientes en el proceso de mecanizado de piezas, ya que imposibilita el alineamiento de estas, provocando mecanizado excéntrico, Mecanizado cónico y Mecanizado fuera de tolerancia según planos de referencia.
		2	Flexión del husillo	
		3	Desgaste en buje cónico	
		4	Desajuste rodamiento de fijación axial	
	B Incapacidad de frenado del husillo	1	Falla en relé de revoluciones	Puede generar accidentes al operario, debido a la imposibilidad accionar el mecanismo de frenado.
		2	Falla en conmutador	
		3	Falla en unidad de control	
		4	Falla en temporizador de frenado	
	C Fisura en el husillo	1	Mala manipulación de la maquinaria	Impide la operación de las piezas a trabajar y además puede generar un accidente al operador.
		2	Mecanizado de piezas por sobre las capacidades de la maquina	

Fuente: Elaboración propia

La totalidad de las hojas de información elaboradas para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, se encuentran en el anexo 3.1.

3.3 Evaluación de las consecuencias de las fallas

RCM II reconoce que la única razón para hacer cualquier tipo de mantenimiento proactivo no es evitar las fallas sino evitar o reducir las consecuencias de las fallas.

En la tabla 3.4 se muestra las categorías de las consecuencias en la metodología de RCM II.

Tabla 3.4 Consecuencias de las fallas

Consecuencias	Consecuencias de fallas ocultas.
	Consecuencias operacionales.
	Consecuencias no operacionales.
	Consecuencias ambientales y para la seguridad.

Fuente: Elaboración propia

Posterior a la elaboración de las hojas de información, se hace uso de éstas, como base del marco de trabajo estratégico para la toma de decisiones en el mantenimiento a realizar, por lo que se procedió a utilizar el diagrama de decisión RCM II (ver figura 2.3) donde según la gravedad de cada modo de falla se clasifica las consecuencias y en relación a esto, ver que técnica de manejo de falla utilizar.

3.4 Técnicas de manejo de fallas

En esta etapa se determinó que tipo de tareas era factible aplicar según lo significativa que sea la consecuencia, priorizando la realización de una tarea proactiva, de lo contrario se tomó una “acción a falta de” adecuada para tratar directamente el estado de falla. En la tabla 3.5 se muestran los tipos de cada técnica de manejo de falla.

Tabla 3.5 Técnicas de manejo de fallas

Tareas proactivas	Acciones a falta de
Reacondicionamiento cíclico.	Búsqueda de fallas.
Sustitución cíclica.	Rediseño.
Tarea a condición.	Ningún mantenimiento programado.

Fuente: Elaboración propia

Luego para cada tarea propuesta se estableció la frecuencia de realización de éstas, las cuales se determinaron bajo la experiencia del personal relacionado con el proceso de mantención de ASMAR (V) y las frecuencias de falla del equipo encontradas en la tabla 1.8.

Finalmente, de acuerdo a las competencias que posee el personal de mantención del astillero, se determinó los encargados de realizar cada una de las tareas propuestas.

Los resultados obtenidos de las etapas anteriores, se registraron en la hoja de decisión RCM II. A modo de ejemplo, en la tabla 3.6 se muestra un extracto para el subsistema husillo de trabajo.

Tabla 3.6 Extracto de hoja de decisión RCM II, subsistema husillo

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf							Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto - Ignacio Jara		Fecha Mayo 2016			
SUBSISTEMA Husillo de trabajo							Subsistema N° 001			Auditor: Jefe de Mantención					
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Efectuar inspección visual del husillo	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
	B	1	S	S	N	S	S						Medir voltaje y corriente del relé	Cada 4 meses	Eléctrico
		2	S	S									Medir voltaje y corriente del conmutador	Cada 4 meses	Eléctrico
		3	S	S			S						Inspección de botoneras, conexiones, circuitos	Cada 4 meses	Eléctrico
		4	S	S			S				-		Realizar inspección a temporizador	Cada 4 meses	Eléctrico

Fuente: Elaboración propia

<p>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.</p>	<p>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.</p>
--	--

La totalidad de las hojas de decisión elaboradas para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, se encuentran en el anexo 3.2

3.5 Elaboración de POE para de propuesta de plan de mantenimiento para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf

Luego de tener completadas las hojas de decisión, se procedió a realizar un ordenamiento de las técnicas de mantenimiento mediante procedimientos operativos estandarizados (POE), donde se establecen las mantenciones a realizar, la frecuencia, encargados y sugerencias para la realización de las tareas. A modo de ejemplo, en la tabla 3.7 se muestra un extracto del POE propuesto.

La totalidad de los procedimientos operativos estándar de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, se encuentran en el anexo 3.3.

Tabla 3.7 Extracto procedimiento estándar de mantenimiento

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada tres meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar análisis de vibraciones a husillo. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento del cabezal. • Inspeccionar desgaste, fisuras o deformaciones en buje cónico. • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento de fijación axial. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.

Fuente: Elaboración propia

3.6 Resumen Capítulo 3: Aplicación de la Metodología

En este capítulo se desarrolló la aplicación de la metodología RCM II en 5 etapas, las cuales inician con las descripción de las funciones y fallas del activo y culmina con la elaboración de un procedimiento operativo estándar.

En la primera etapa se describieron las funciones y fallas funcionales de los subsistemas que componen la máquina, estos últimos son considerados las partes principales en el funcionamiento del equipo, por lo que si se produce una falla en ellos, se produciría la no disponibilidad del equipo. A continuación en la tabla 3.8 se expone los subsistemas analizados.

Tabla 3 Sistema y subsistema analizados

Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf:
Subsistemas	Husillo de trabajo
	Cabezal
	Motor principal
	Captador portaherramientas
	Mesa giratoria
	Plato

Fuente: Elaboración propia

En la segunda etapa para cada uno de los subsistemas se identificaron los modos de fallas y que sucede cuando se produce la falla, considerando los efectos operacionales, seguridad ambiental y personal e incidencia que podría tener en el funcionamiento del equipo (efecto de falla).

Los resultados obtenidos en la etapa 1 y 2 se registraron en la hoja de información de RCM II.

Posteriormente, se utilizó el diagrama de decisión RCM II para evaluar las consecuencias y así establecer las tareas que se deben realizar para reducir éstas.

En la etapa 4 luego de realizar lo indicado anteriormente, se determinó las técnicas de manejo de fallas, es decir qué tipo de tareas era factible aplicar en el equipo priorizando la realización de una tarea proactiva, además se estableció la frecuencia de realización de éstas y los encargados de ejecutarlas.

Los resultados obtenidos de las etapas anteriores, se registraron en la hoja de decisión RCM II.

Finalmente, el capítulo culmina con la realización de un procedimiento operativo estándar, el cual representa un ordenamiento de las tareas a realizar, su frecuencia, personal encargado de su ejecución y por último sugerencias para la realización de las mantenciones.

4. Análisis de resultados

El capítulo que se describe a continuación, presenta el análisis de los resultados obtenidos luego de la aplicación de la metodología RCM II, donde se evalúan los cambios y las mejoras propuestas al plan de mantenimiento que posee en la actualidad la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

4.1 Contexto de la aplicación de la metodología RCM II

Con el objetivo de recordar lo expuesto en el capítulo 1 del presente trabajo de título, se expone a continuación el resumen del problema.

“En la actualidad existe la no disponibilidad de los equipos de la línea de negocio reparación de embarcaciones navales por alta ejecución de mantenciones correctivas asociadas a fallas”.

En lo que respecta al objeto de estudio se determinó que existía un alto costo de recursos asignados y un tiempo alto de no disponibilidad del equipo producto principalmente de las mantenciones correctivas asociadas a fallas.

Para dar solución al problema y sus causas, se aplicó la metodología RCM II con la finalidad de obtener un mantenimiento menos costoso y eficiente, que permita aumentar la disponibilidad y confiabilidad de la máquina y así garantizar el correcto funcionamiento de esta, finalizando con el ordenamiento de las tareas propuestas en un procedimiento operativo estándar.

4.2 Análisis de las mantenciones preventivas propuestas

El plan de mantenimiento que en la actualidad presenta ASMAR para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, contempla la realización de mantenciones preventivas cada cuatro meses, las cuales se presentan gráficamente en la tabla 4.1 extraídas de la carta Gantt general del plan de mantención anual de la planta.

Tabla 4.1 Carta gantt mantenciones preventivas mandrinadora

Equipo	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf		M.P				M.P				M.P		

Fuente: Elaboración propia

Dichas mantenciones presupuestadas no se realizaron en la fechas previstas, ya que se requería de la utilización de la maquina al momento de realizarse la mantención, provocando inclusive la división de las tareas en dos tandas. El detalle de las fechas y las mantenciones preventivas realizadas se encuentra en el capítulo 1 en la tabla 1.8

Las actividades de mantenimiento para las tres mantenimientos anuales previstas, fueron pensadas principalmente en una estrategia de mantenimiento general de la máquina y no en el detalle de las piezas que pudiesen fallar. A continuación, en la tabla 4.2 se describen algunas de las mantenimientos preventivos extraídas de la hoja de ruta de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

Tabla 4.2 Actividades de mantenimiento de mandrinadora

Actividades de mantenimiento
• Efectuar pruebas operacionales
• Medir voltaje de trabajo del equipo.
• Soplar y/o lavar tablero eléctrico.
• Medir corriente general del equipo.
• Soplar y/o lavar tablero eléctrico.
• Verificar existencia de ruidos extraños.

Fuente: Elaboración propia

Las tareas de mantenimiento propuestas basadas en la metodología RCM II contenidas en el POE, fueron analizadas y determinadas dividiendo el equipo en subsistemas, o en efecto en las piezas principales de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, obteniendo así una estrategia de mantenimiento enfocada al detalle y no en lo general como se mantiene a la actualidad. Esta modalidad de mantenimiento pretende ser más eficiente a la hora de anteponerse a que falla funcional y así evitar que la máquina pierda la capacidad de realizar trabajos de mecanizado.

En lo que respecta a la distribución de las tareas de mantenimiento en el tiempo, se consideró realizar mantenimientos cada tres meses y cada cuatro meses, frecuencia que se determinó bajo la experiencia del personal relacionado con el proceso de mantenimiento de ASMAR (V) y las frecuencias de falla del equipo. Las tareas a realizar cada 3 meses son inspecciones que no requieren de un esfuerzo mayor en su realización y están orientadas mayoritariamente a la verificación del estado de la máquina, prevaleciendo las tareas a condición, las segundas representan las mantenimientos más profundas que demandan una mayor cantidad de recursos tanto en mano de obra, materiales y tiempo de realización de las tareas.

A continuación, en la tabla 4.3 se muestra la distribución anual de las tareas propuestas.

Tabla 4.3 Distribución de mantenimientos

Equipo	Tipo de mantenimiento	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	Cada 4 meses												
	Cada 3 meses												

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar de la tabla anterior, que la cantidad de mantenciones aumenta considerablemente en comparación a las mantenciones actuales que presenta ASMAR, sin embargo la distribución fue determinada de la forma más eficiente posible para que existiera una repartición uniforme de tareas, la cual comienza con aquellas que en general representan un mayor estado de reparación y termina con las que miden principalmente la condición de la maquinaria.

Para tener una visión más ejemplificadora de las variantes en las mantenciones preventivas actuales versus las propuestas basadas en la metodología RCM II se generó la tabla 4.4 la cual muestra a continuación.

Tabla 4.4 Comparación de mantenciones

	Mantenciones preventivas ASMAR	Mantenciones preventivas RCM II
Cantidad de mantenciones	3	7
Periodicidad de mantenciones	Cada cuatro meses	Cada tres meses y cada cuatro meses
Orientación de las tareas de mantenimiento	Orientada a lo general	Orientada al detalle

Fuente: Elaboración propia

4.3 Análisis de costos mantenimiento propuesto

Con la finalidad de recordar los costos incurridos en el mantenimiento anual de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, a continuación se presenta en la tabla 4.5 el detalle de los recursos asignados al equipo.

Tabla 4.5 Costos de mantenimiento, mandrinadora

	Correctiva	Preventiva
Costo total mantención anual (\$)	5.120.000	306.000
Costo promedio de mantención (\$)	585.000	61.000

Fuente: Elaboración propia

Los costos que se describieron en la tabla anterior fueron obtenidos del SIIG Omega, el cual no permite desglosar los costos en mano de obra, insumos y materiales, lo que provoca mayor dificultad a la hora de hacer un análisis más preciso de la situación actual, sin embargo de la tabla anterior se puede establecer que el costo incurrido en las mantenencias correctivas es aproximadamente 15 veces mayor que el incurrido en mantenencias preventivas y que en promedio es aproximadamente 8 veces más caro realizar una mantención correctiva que una preventiva. Estos datos son fundamentales a la hora de poder establecer una comparación con las mantenencias propuestas basada en la metodología RCM II.

Para establecer los costos de mantenimiento preventivo propuestos asociadas a las tareas descritas en el POE (ver anexo 3.3) se realizó un análisis basado en un escenario pesimista, ya que se asume que cada vez que exista una inspección se debe sustituir la pieza, lo que no necesariamente sea necesario realizar, además se consideró sólo las sustituciones que impliquen un reemplazo preventivo ya que existen componentes que por su alto costo y complejidad de sustitución se considera un reemplazo correctivo, estos antecedentes se obtuvieron de la base de datos que maneja el departamento de abastecimiento de ASMAR (V). En la tabla 4.6 y 4.7 se desglosan el detalle de los costos de materiales requeridos

Tabla 4.6 Costos de mantenimiento cada 3 meses

Mantenimiento preventivo cada 3 meses	
Pieza	Costo (\$)
Rodamiento husillo	6.966
Buje husillo	2.101
Rodamiento cabezal	8.537
Aceite estanque de bomba	5.324
Rodamiento motor principal	16.247
Rodamiento del captador porta herramienta	3.868
Cuñas mesa giratoria	15.743
Rodamiento Plato	4.730
Total por mantenimiento	63.516
Total mantenimiento anual	254.066

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.7 Costos de mantenimiento cada 4 meses

Mantenimiento preventivo cada 4 meses	
Pieza	Costo (\$)
Botones unidad de control	22.450
Cadena de transmisión motor principal	19.274
Relé	6.810
Conmutador	14.483
Laminas selector de marchas	25.900
Aceite estanque de bomba	5.324
Cremallera mesa giratoria	4.950
Chavetas	5.821,00
Pasadores	3.338,00
Regleta del plato	4.153,00
Total por mantenimiento	112.503
Total mantenimiento anual	337.509

Fuente: Elaboración propia

De las tablas anteriores se puede observar que el costo de mantenimiento preventivo propuesto basado en la metodología RCM II aumenta casi al doble de lo que en la actualidad la empresa desembolsa por dicho concepto, ver tabla 4.8 Comparativa de costo anual de mantenimiento.

En lo que respecta al mantenimiento correctivo se presume bajo la experiencia de otras empresas que la aplicación de la metodología RCM II puede disminuir los costos entre un 30% a un 55%, para ejemplificar lo indicado se puede mencionar empresas como COPEC, donde una vez implementada la metodología los costos de mantenimiento correctivo disminuyeron en un 32% de un total \$494.768.000, además del caso de la empresa BAILAC LTDA, en donde los costos de mantenimiento correctivo disminuyeron un 46% una vez implementada la metodología de un total de US\$6.019 y por último el caso de la empresa Weatherford South America Inc., en donde una vez implementada la metodología RCM II sus costos de mantenimiento correctivo disminuyeron un 54% de un total de US\$75.700. Por lo que para efecto de cálculo, se estima que disminuirá un 40% los costos incurridos en las mantenciones correctivas en la mandrinadora luego de aplicar la metodología ya descrita.

Los costos de mantenimiento asociados a la mano de obra, no se toman en consideración a la hora de realizar las comparativas entre las distintas mantenciones tanto correctivas como preventivas, ya que se mantiene el mismo personal, el cual recibe un sueldo fijo mensual y no una remuneración por mantenimiento efectuado.

Para resumir y establecer un análisis comparativo entre los costos asociados al plan de mantenimiento actual y el propuesto, se muestra a continuación en la tabla 4.8 las diferencias entre dichas modalidades de mantenimiento.

Tabla 4.8 Comparativa de costo anual de mantenimiento

	Costo mantenimiento actual ASMAR (V)	Costo mantenimiento RCM II
Preventivo	306.000	592.000
Correctivo	5.120.000	3.073.000
Total	5.426.000	3.665.000

Fuente: Elaboración propia

De la tabla anterior se puede señalar, que aunque el aumento en el costo de realización de las mantenciones preventivas basada en la metodología RCM II sean casi el doble respecto a la modalidad actual de mantenimiento, en la sumatoria total existe una disminución considerable de los costos, esto se debe principalmente a que las mantenciones correctivas representan una parte importante del total de recursos que se asignan a las mantenciones realizadas en el equipo. Dicha disminución representa un 32% lo que se considera un buen resultado para la sección de mantención de ASMAR.

4.4 Resumen Capitulo 4: Análisis de resultados

Con el objetivo de exponer el contexto de la aplicación de la metodología RCM II se realizó en primera instancia un breve recordatorio de lo indicado en el capítulo 1.

Posteriormente se efectuó un análisis de las mantenciones preventivas que en la actualidad maneja la sección de mantención para el objeto de estudio, en el análisis realizado se describió la distribución de las mantenciones en el tiempo y las principales tareas que realiza en la actualidad el astillero. Dichas tareas se compararon con las propuestas en este trabajo de título, donde se determinó que aumenta considerablemente la cantidad de mantenciones preventivas, no obstante estas últimas pretenden ser más eficientes a la hora de anteponerse a una posible falla, debido principalmente a que se pensaron en una estrategia enfocada en el detalle y no en lo general como se mantiene en la actualidad.

Finalmente, se realizó un análisis comparativo entre los costos actuales incurridos en mantenimiento en la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf y los propuestos bajo la metodología RCM II, donde se pudo establecer que debido al aumento en la cantidad de tareas preventivas y el tipo de tareas propuestas en la nueva modalidad, aumenta el costo de mantenimiento preventivo, sin embargo en lo que respecta al costo de mantenimiento general, éste disminuye considerablemente debido a que se reduce aproximadamente en un 40% el costo de las mantenciones correctivas. Dicha disminución en el costo general representaría un 32%, lo cual para la empresa es una reducción significativa en el presupuesto anual de mantenimiento.

5. Conclusiones y recomendaciones

En el capítulo que se describe a continuación, se exponen las conclusiones y las recomendaciones que se obtuvieron posteriores al desarrollo del presente trabajo de título.

5.1 Conclusiones

El presente trabajo de título se orientó al análisis de los procesos del área de mantenimiento de la planta industrial de ASMAR Valparaíso, con el objetivo de desarrollar una propuesta de plan de mantenimiento para equipo crítico participante a línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales, basándose en la metodología RCM II.

Para ello, en primera instancia se diagnosticó la situación actual del proceso de mantenimiento de la planta mediante recopilación de información, entrevistas y encuestas al personal relacionado con el objeto de describir el funcionamiento del área y evaluar su situación.

El estudio contempló analizar sólo los datos de las mantenciones realizadas a los equipos que ASMAR considera críticos participantes específicamente en la línea de negocio asociada a la reparación de embarcaciones navales, este criterio se basó en que la no disponibilidad de ellos afecta significativamente los procesos de reparación de embarcaciones navales, obteniendo que:

- De un total de \$ 18.313.986 asignados a la mantención de los equipos críticos, el 94% se asignó a mantenciones correctivas y un 6% a mantenciones preventivas.
- De 52 mantenciones realizadas a equipos críticos el 62% corresponde a mantenciones correctivas y el 38% corresponde a mantenciones preventivas.
- Del tiempo de indisponibilidad de los equipos críticos el 80% corresponde a mantenciones correctivas y el 20% a mantenciones preventivas.

De la información obtenida y analizada se concluyó que el problema se centra en que actualmente existe la no disponibilidad de los equipos de la línea de negocio reparación de embarcaciones navales por alta ejecución de mantenciones correctivas.

Según lo estudiado y en base a herramientas como brainstorming, Pareto e Ishikawa se determinó que el origen del problema mencionado anteriormente corresponde a diversas causas identificadas, entre las que destacan:

- Inadecuado plan de mantenimiento preventivo debido a que el 76% de las veces las mantenciones planificadas no se realizaron.
- Mala manipulación de los equipos por el operario provocado por la inexistencia de capacitaciones previas al personal sobre la manipulación óptima de éstos.

- Escasez de repuestos, esta escasez se encuentra sobre el 40% debiendo incluso tener que adquirir repuestos en el extranjero lo que atrasa y encarece las mantenciones de los equipos.

Posteriormente a la identificación del problema y sus causas se identificó las consecuencias que provoca la problemática, estas corresponden a:

- Retrasos en las tareas de reparación de embarcaciones planificadas las cuales representan un 8% del total ejecutado, éstas se retrasaron en promedio de 10 días.
- Reclamos por no cumplimiento del plazo de entrega de los requerimientos lo cual provoca la pérdida de imagen corporativa.
- No productividad del personal relacionado con las reparaciones de embarcaciones navales la cual representa un 7% del total de horas no productivas, significando para la empresa un costo de \$4.369.456.
- Alta reducción del presupuesto asignado a mantención por concepto de fallas no programadas, las cuales representan un 80% del presupuesto asignado a mantenciones de equipos.

Para ver el detalle de las causas y consecuencias del problema ver figura 1.14 en capítulo 1.

Luego de realizar el diagnóstico de la situación actual se identificó el equipo crítico del área de reparación de embarcaciones navales el cual se estableció como objeto de estudio, para esto se realizó un análisis de 5 dimensiones obtenidas a través de entrevistas a experto y una encuesta tomada al personal involucrado en el proceso de mantención. Las dimensiones analizadas fueron:

- Criticidad de equipos (opinión de expertos).
- No disponibilidad de equipos por concepto de reparaciones.
- Cantidad de fallas en los equipos.
- Tiempo entre fallas.
- Costos asociados a la mantención.

Luego de realizar un estudio exhaustivo de cada dimensión nombrada anteriormente se concluyó seleccionar a la máquina mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf como objeto de estudio.

A continuación, en la tabla 5.1 se muestra un resumen de la representación de la mandrinadora en cada una de las dimensiones.

Tabla 5.1 Representación de objeto de estudio en las dimensiones

Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	
Dimensión	Representación
Criticidad de equipos (opinión de experto)	16,6%
No disponibilidad por concepto de reparaciones	19%
Cantidad de fallas en los equipos	36%
Tiempo entre fallas	33 días
Costos asociados a la mantención	\$5.427.299

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se formuló una propuesta de plan de mantenimiento basado en la metodología RCM II donde se determinó que se debe hacer para asegurar que el equipo en estudio continúe haciendo los que sus usuarios quieren que haga, esto se realizó identificando las funciones, falla funcional, modo de falla y efectos de falla de cada componente analizado del equipo.

Mediante la clasificación de las fallas de acuerdo a las consecuencias que generaría su ocurrencia, se determinaron los requerimientos de mantención para cada componente de la mandrinadora, esto permitió ver qué tarea proactiva era factible para prevenir las fallas.

Con esta información se realizó un ordenamiento de las tareas de mantenimiento mediante procedimientos operativos estandarizados (POE) a partir de los cuales se detallaron funciones, responsabilidades y frecuencias de mantenimiento para cada componente del equipo, además de determinar los criterios pertinentes para asegurar que los trabajos de mantención se realicen en forma segura. A continuación, en la tabla 5.2 se muestra un extracto del POE.

Tabla 5.2 Extracto procedimiento estándar de mantenimiento

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada tres meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar análisis de vibraciones a husillo. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento del cabezal. • Inspeccionar desgaste, fisuras o deformaciones en buje cónico. • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento de fijación axial. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.

Fuente: Elaboración propia

La totalidad de los procedimientos operativos estándar de la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf, se encuentran en el anexo 3.3.

Las tareas de mantención propuestas en el procedimiento mencionado anteriormente se consideraron realizar cada 3 y cada 4 meses, distribuyendo éstas de forma más eficiente para que exista una repartición uniforme de las mantenciones. A continuación, en la tabla 5.3 se muestra la distribución gráficas de las tareas.

Tabla 5.3 Distribución gráfica de las tareas de mantención

Equipo	Tipo de mantención	Ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf	Cada 4 meses												
	Cada 3 meses												

Fuente: Elaboración propia

Del plan de mantenimiento mencionado anteriormente se concluyó lo siguiente:

- Existe un aumento considerable en la cantidad de mantenciones preventivas, no obstante estas últimas pretenden ser más eficientes a la hora de anteponerse a una posible falla, debido principalmente a que se pensaron en una estrategia enfocada en el detalle y no en lo general como se mantiene en la actualidad.
- En lo que respecta a los costos de mantenimiento se concluye que debido al aumento en la cantidad de tareas preventivas y el tipo de tareas propuestas en la nueva modalidad, aumenta el costo de mantenimiento preventivo, sin embargo en lo que respecta al costo de mantenimiento general éste disminuye considerablemente debido a que se reduce aproximadamente en un 40% la cantidad de mantenciones correctivas. Dicha disminución en el costo general representaría un 32%, lo cual para la empresa es una reducción significativa en el presupuesto anual de mantenimiento. En base a lo anterior, se realizó la tabla 5.4 donde se observa una comparación entre los costos actuales totales de mantención y los costos totales de mantenimiento propuesto basado en la metodología RCM II.

Tabla 5.4 Comparativa entre costos de mantenimiento

Costo total mantenimiento Actual, ASMAR (\$)	Costo total mantenimiento RCM II (\$)
5.426.000	3.665.000

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, como resultado se obtuvo una propuesta de plan de mantenimiento para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf basada en la metodología RCM II para planta industrial ASMAR Valparaíso, a través de un documento llamado "Procedimiento para el mantenimiento preventivo" (ver anexo 4.3) el cual permitió la estandarización del proceso en cuanto a la realización y control trabajos de mantención, su frecuencia y registro de información.

5.2 Recomendaciones

Luego de haber analizado la situación actual de la sección de mantención, los procesos de mantenimiento actuales del Astillero y en relación a la información recopilada y los resultados obtenidos, se sugieren las siguientes mejoras:

Se recomienda realizar una reingeniería de las aplicaciones específicas que posee el SIIG OMEGA para el mantenimiento, ya que las que se manejan en la actualidad son demasiado precarias para poder obtener datos históricos, lo que dificulta la toma de decisiones a la hora de establecer planes anuales de mantenimiento. Específicamente se requiere una base de datos que muestre el tiempo de no disponibilidad real de los equipos por concepto de reparación, los costos asociados desglosados en mano de obra, materiales e insumos y cada cuanto se producen las fallas, además de indicar cual fue específicamente la falla que impide el correcto funcionamiento de la maquinaria. En la actualidad esos datos se manejan en unos formularios escritos en papel, lo que implica mayores esfuerzos a la hora de generar estudios estadísticos, ya que los datos se deben extraer y tabular en hojas de cálculos.

Se recomienda la implementación de horómetros en los equipos que en la actualidad no poseen dicho accesorio, ya que mejoraría la información de la utilización real de las maquinarias en un tiempo determinado, provocando mayor precisión en la formulación de las tareas de mantenimiento y mayor exactitud en la medición de los tiempos medios entre fallas. En la actualidad aquellos equipos que no poseen este indicador, los tiempos entre falla se calculan en días corridos y no en horas de utilización, lo que no implica necesariamente que la maquina estuvo activa durante todo ese tiempo, provocando sesgos en la información requerida para la toma de decisiones.

Se recomienda que la planificación de mantenimiento preventivo anual se genere conjuntamente entre la secciones de mantención y programación, ya que en la actualidad las planificaciones son generadas sólo por la sección de mantención, provocando que en oportunidades cuando se requería efectuar las mantenciones a los equipos, estos no se encontraban disponibles puesto que existían trabajos programados los cuales no se podían detener para no postergar la entrega de los trabajos a los clientes del astillero, implicando en oportunidades la detención del equipo por una sobre utilización de éste, aumentando los costos de mantenimiento y mayor tiempo de no disponibilidad del equipo.

Se recomienda complementar los actuales indicadores de mantención, los cuales están orientados a la gestión de costos y al control de realización de las mantenciones resumidos en una carta Gantt, con la generación de indicadores de control que permitan monitorear el estado de los equipos, donde muestren la cantidad de fallas anuales por equipo, tiempo medio entre fallas por equipo, cantidad de horas de utilización por equipo y tiempo de indisponibilidad por equipo, tanto como por falla, como por mantenimiento preventivo.

Se recomienda coordinar con el departamento de abastecimiento la incorporación de los insumos y repuestos que se utilizarán en las distintas mantenciones preventivas, al listado de materiales con política de niveles de stock, es decir que se mantenga una cierta cantidad de ellos almacenados en la bodega de ASMAR. Para establecer que materiales deben ser incorporados a dicho listado, se debe generar una tabla con los materiales necesarios en cada una de las mantenciones preventivas y para establecer los niveles de stock, se debe verificar la cantidad de materiales utilizados en las mantenciones históricas además de considerar parámetros tales como lead time del proveedor y consumo promedio mensual de los materiales a incorporar, esto permitiría minimizar el tiempo realización de las mantenciones, ya que en la actualidad dichos elementos se envían a compra cuando se requiere realizar una mantención preventiva, lo cual genera retrasos en la puesta en marcha de las tareas de mantenimiento debido al proceso específico para la adquisición de materiales de dicho departamento.

Se recomienda evaluar la cantidad de personal en la sección de mantención para así poder cumplir de manera eficiente con el aumento en la cantidad de mantenciones preventivas y dar correcciones a las posibles fallas que se produzcan en los distintos equipos que mantiene el astillero, para esto se recomienda que se midan o estimen los tiempos de realización de cada de las nuevas tareas de mantenimiento y las que actualmente se manejan en la planta, con el objeto de establecer una comparación porcentual de las horas hombres requeridas para realizar las actividades en los dos tipos de modalidades y así establecer el número de trabajadores a incorporar.

Se recomienda capacitar a los operarios sobre la correcta manipulación de los equipos en que intervienen, con el objetivo de disminuir y/o evitar las fallas producidas por errores humanos de operación, además se recomienda que cada 3 meses se realicen supervisiones aleatorias a las operaciones en los equipos, para así monitorear que los trabajos realizados por los operarios cumplan con los parámetros de buena manipulación establecidos en las capacitaciones previamente realizadas.

Para finalizar se recomienda implementar la metodología RCM II descrita en este trabajo de título en la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf durante un periodo de un año para luego evaluar los resultados, los cuales de ser favorables se recomienda extrapolar el método a todos los equipos que posee la planta industrial.

Bibliografía

[Acuña03] Acuña, Jorge. **Ingeniería de confiabilidad**. Editorial Tecnológica de Costa Rica 2003

[Arata05] Arata, Adolfo. **Manual de gestión de activos y mantenimiento**. Santiago, Chile, 2005

[DGPCE10] Dirección general de protección civil y emergencias. Guía técnica: Métodos cualitativos para el análisis de riesgo. España 2010.

[García10] García, Oliverio. **Gestión Integral de Mantenimiento Basada en Confiabilidad**, 2010 (disponible vía web en <http://confiabilidad.net/articulos/gestion-integral-de-mantenimiento-basada-en-confiabilidad/> visitada Octubre 2015).

[Garrama13] Garrama, Jorge. **Técnicas del Mantenimiento Industrial**, 2013

Información sobre origen, descripción y desarrollo en el tiempo de empresa (disponible vía Web en www.asmar.cl , visitada en Septiembre del 2015).

[IUNT, 09] Instituto Uruguayo de Normas Técnicas, **Herramientas para la mejora de la calidad**, 2009.

[Jimenez11] Jimenez, Aliro. (disponible vía web en <http://www.Mantenancela.blogspot.cl/2011/10/confiabilidad-disponibilidad-y.html> visitada en Octubre 2015)

[Moubray97] John, Moubray. **Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad**, 1997

[RepsolYPF05] Repsol YPF. Estudio de criticidad de equipos. Ingeniería de Mantenimiento – Staff técnico ABB. 2005

[Torres09] Torres, Leandro. **Gestión Integral de activos físicos y mantenimiento**, 2009

Anexos

Anexo 1.1 Descripción general del proceso de servicio de reparación de embarcaciones marítimas

Revisión de contrato y programación

1. Datos de entrada

Cliente genera solicitud de trabajo o reclamo por garantía

2. Comercial

El jefe de proyecto asignado debe: Ingresar a SIIG Omega todo requerimiento de trabajo, efectuado por cliente Armada o clientes particulares.

- a) Crear en el SIIG Omega un N° de ítem y luego asignarlo al estimador correspondiente, de acuerdo a su especialidad.
- b) Una vez estimado el ítem, se asigna a un planificador, quien revisa en SIIG la disponibilidad de mano de obra por especialidad (MO) y propone una fecha de término de trabajos al jefe de proyecto.
 - Si el jefe de proyecto concuerda con las fechas propuestas por el Planificador, envía ítem (vía SIIG Omega) a la sección estimación y programación para que sea lanzado a taller.
 - En caso de no estar de acuerdo con las fechas, el Jefe de proyecto debe realizar las gestiones pertinentes, ya sea acordando nuevas fechas con el cliente o priorizando, para ajustar trabajos ya programados.

3. Estimación

El Estimador debe:

- a) Recibir el ítem de estimación, verificar el alcance técnico de los trabajos requeridos y proceder a realizar la estimación, asesorándose de ser necesario por el personal de producción.
- b) Solicitar a la Subgerencia de Logística la cotización de repuestos y materiales sin stock, servicios vía subcontratos y disponibilidad de servicios internos requeridos para realizar la estimación de trabajo.
- c) Devolver el ítem, una vez realizada la estimación, al jefe de proyecto, el que revisará con el cliente y negociará plazos, costos, alcances y garantías.

4. Programación

Una vez que el ítem estimado es revisado y aprobado por el cliente, el jefe de proyecto lo envía a la sección Estimación y Programación a través del SIIG Omega.

El Planificador debe:

- a) Programar verificando lo siguiente:
 - Disponibilidad de talleres: Oferta- Demanda (SIIG Omega, personal de Producción).
 - Especialidades (SIIG Omega, personal de Producción).
 - Estructura de la tarea (SIIG Omega)
- b) Asignar fechas de inicio y de término a los trabajos solicitados.
- c) Enviar el ítem al jefe de proyecto correspondiente para su revisión.

5. Producción

- a) El taller designado como líder de trabajo debe realizar todos los preparativos y coordinaciones para ejecutar las tareas en los plazos establecidos.
- b) El Preparador del taller líder deberá gestionar con la Subgerencia de logística todos los requerimientos de adquisición de materiales, repuestos, servicios internos y las coordinaciones respectivas para los trabajos que se realizarán bajo la modalidad de subcontratos.
- c) Si alguno de los talleres no cuenta con personal disponible para cumplir con los plazos establecidos o no cuenta con personal con las competencias requeridas para ejecutar los trabajos, debe generar en SIIG Omega una "Solicitud de Mano de Obra Directa".

6. Logística

- a) La sección de Adquisiciones, al recibir los requerimientos de materiales o repuestos y debe proceder a su posterior compra de productos tan en el mercado nacional o extranjero según corresponda.
- b) La sección de subcontratos, al recibir los requerimientos de contratos, se procede a adquirir, subcontratar y coordinar servicios
- c) La sección de Movilización, recibe y revisa los requerimientos de transporte, apoyo de grúa y maniobras, entregando los certificados de pruebas correspondientes.

7. Recursos Humanos

- a) La sección personal, al recibir los requerimientos de Mano de Obra Directa debe proceder a reclutar, seleccionar, contratar, incorporar o desvincular al personal con contrato a plazo fijo o por obra”.

Ejecución y entrega de trabajos

1. Producción

- a) El taller Líder será el responsable de velar por el cumplimiento de los requisitos técnicos y plazos de entrega establecidos en la respectiva tarea.
- b) Mientras el trabajo se encuentre en ejecución, el Taller Líder debe interactuar permanentemente en todas las áreas involucradas:
 - Talleres de apoyo (ejecución de tareas).
 - Programación (carga de horas hombres en SIIG Omega, solicitud de reprogramaciones y avance físico).
 - Logística (Solicitud de repuestos y materiales, coordinación de servicios internos y subcontratos).
 - Comercial (Solicitud de reestimaciones, comunicación con el cliente).
- c) Todos los talleres deben utilizar el SIIG Omega como herramienta de trabajo para ingresar datos y generar todo tipo de solicitudes
- d) El taller líder debe recopilar y gestionar toda la información y documentación que se genere a raíz de las inspecciones, ensayos, reparaciones y pruebas.
- e) Una vez que el cliente recibe conforme el trabajo, el taller líder debe dar termino a las tareas en el SIIG Omega.

2. Programación

El planificador debe:

- a) Mantener una comunicación permanente con los talleres, objeto velar por la consistencia entre la información proporcionada por SIIG Omega respecto de la situación real de la Planta (carga de trabajo de talleres, cumplimiento de fechas, especialidades disponibles, entre otros).
- b) Recibir los requerimientos de reprogramación de las tareas y gestionar las nuevas fechas con el jefe de proyecto.

3. Comercial

El jefe de proyecto debe:

- a) Analizar las re estimaciones solicitadas por los talleres vía SIIG Omega
 - Si concuerda con la re estimación solicitada, asignará los recursos faltantes al taller, objeto continuar con los trabajos en desarrollo.
 - Si no concuerda con la solicitud de re estimación, procederá a rechazar la solicitud, continuando con el procedimiento establecido.
- b) Cerrar ítem al término de las tareas efectuada por el taller líder.

4. Fin Proceso

Cliente satisfecho con trabajo efectuado.

Ver diagrama de flujo de proceso de servicio de reparación de embarcaciones marítimas, ASMAR (V) en figura 1.5.

Anexo 1.2 Descripción general del área mantenimiento

1.2.1 Organigrama de Mantenición planta Valparaíso

En la actualidad el Área de Mantenición, cuenta con personal propio a tiempo completo organizado, en la figura 1.5 se puede apreciar la estructura organizacional del área de mantenimiento:

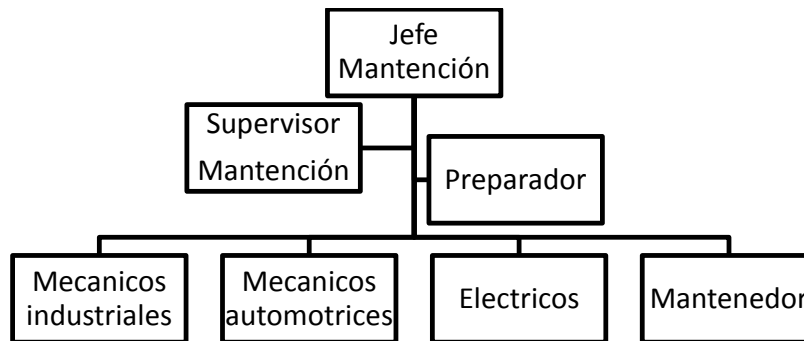


Figura 1.15 Estructura Organizacional Área de Mantenición
Fuente: Elaboración propia

1.2.2 Personal de Mantenición

Funciones del personal de la Sección Mantenición:

Jefe Mantenición:

- Dirigir, asesorar y supervisar las actividades desarrolladas por el personal a cargo.
- Formular e implementar mejoras a los procesos de mantenimiento de la planta.
- Coordinar las actividades de mantenimiento de todas las áreas de la planta.
- Controlar y responsabilizarse por la calidad de las mantenciones realizadas a equipos, maquinaria, vehículos e instalaciones.
- Participar en la decisión de eliminar o sustitución de equipos y maquinarias.
- Realizar el análisis de fallas de la maquinaria, equipo rodante e instalaciones.
- Administrar las funciones de las reparaciones para obtener la eficiente ejecución de las mantenciones preventivas y correctivas, la reparación de equipos estacionarios y no estacionarios y la reparación de edificios e infraestructuras de la planta.

Supervisor Mantenición:

- Administrar los recursos humanos y materiales asignados a la sección de mantención.
- Dirigir y controlar las actividades de área.
- Distribuir al personal según tipo de trabajo a realizar.
- Controlar los recursos necesarios para la correcta ejecución de los trabajos de mantención.
- Controlar y verificar que el equipo de trabajo cumpla con las metas propuestas en recursos y plazo de ejecución.
- Promover, producir y controlar el ahorro de recursos y mano de obra con el propósito de mejorar la gestión de la sección de mantención.
- Efectuar todas las coordinaciones necesarias para el cumplimiento de objetivos.

Preparador Mantenición:

- Analizar y estudiar las tareas y solicitudes de mantención, su información técnica y fechas de programación.
- Confeccionar cronogramas de programación de trabajos de mantención.
- Confeccionar solicitud de materiales y repuestos necesarios para dar cumplimiento a tareas de mantención.
- Evaluar los requerimientos de materiales suplementarios solicitados.
- Realizar la programación de las fases y solicitudes de Apoyo en que fue dividida una secuencia de trabajo, de manera que se cumplan con las fechas establecidas en la planificación.
- Verificar el ingreso oportuno al sistema computacional de las fechas de inicio y termino de los trabajos nuevos, reprogramados y de la eliminación de los terminados, con el objeto de mantener actualizada la información sobre la programación de los trabajos.
- Verificar que los materiales de los trabajos a ejecutar estén disponibles antes de ejecutar el trabajo de mantención.
- Verificar y ajustar programación de fechas de inicio y término de los trabajos según prioridades.

Mecánico de mantención industrial:

- Efectuar calibraciones de elementos mecánicos.
- Ejecutar y prestar apoyo en la confección de croquis para la fabricación de repuestos.
- Ejecutar y asesorar en el desarme y armado de diferentes componentes y equipos mecánicos.
- Realizar inspecciones mecánicas, neumáticas y oleo hidráulicas, emitiendo informes técnicos y recomendaciones de reparaciones.

Mecánico de mantención automotriz:

- Efectuar mantenciones preventivas y correctivas al parque automotriz equipos generadores de electricidad y aire comprimido.
- Ajustar motores de vehículos.
- Desarmar, inspeccionar y reparar sistemas de dirección neumática de vehículos.
- Desarmar, inspeccionar y reparar sistemas de frenos neumáticos e hidráulicos de vehículos.
- Efectuar afinamiento a vehículos convencionales e industriales.
- Efectuar lubricación a equipos y maquinarias de acuerdo a programas y estándares preestablecidos.

Electricista Mantención:

- Armar y desarmar componentes eléctricos de motores.
- Barnizar maquinarias eléctricas.
- Efectuar reacondicionamiento general y pruebas de motores eléctricos.
- Realizar canalizaciones eléctricas.
- Confeccionar e interpretar planos eléctricos.
- Realizar informes de reacondicionamiento de reparaciones.
- Efectuar inspección, diagnóstico y mantenimiento integral de todos tipos de maquinarias eléctricas.

Mantenedor Misceláneo:

- Efectuar limpieza y mantenimiento a la infraestructura asignada.
- Efectuar inspección, diagnóstico y mantenimiento a las redes sanitarias.
- Interpretar y realizar planos de gasfitería e instalaciones sanitarias.
- Ejecutar todas aquellas funciones que sean asignadas por el superior a cargo, relacionadas con el manteniendo de infraestructuras.

1.2.3 Ejecución Programa Mantención Preventiva

- a) El Preparador de Mantención debe extraer del Programa de Mantención Preventiva durante la primera semana del mes en curso, el listado de los Activos Productivos a los cuales les corresponde efectuar mantención definidas en sus ciclos: Trimestral, Semestral, Anual.
- b) Respecto a los equipos cuyos periodos de mantención están establecidos en horas de trabajo, el Preparador de Mantención debe extraer semanalmente dicha información.
- c) Una vez identificados los equipos, se deben generar las tareas correspondientes en SIIG OMEGA, dejándolas en estado "Programación Central".

- d) Una vez generadas las tareas, se debe solicitar vía correo electrónico a los Jefes de Departamento y Supervisores correspondientes, la disponibilidad de los equipos, quienes deben indicar por la misma vía la fecha y hora.
- e) Confirmada la disponibilidad, el Preparador de Mantenimiento debe solicitar al Programador el lanzamiento de las tareas.
- f) Lanzadas las tareas, el Preparador de Mantenimiento debe generar las “Hojas de Ruta” correspondientes a cada equipo y entregarlas al especialista para la ejecución del trabajo.
- g) El especialista de Mantenimiento antes de ejecutar el trabajo debe tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles.
- h) Una vez ejecutada la tarea, el especialista debe adherir en el equipo, la tarjeta “Control de Mantenimiento” correctamente llenada, y entregar el trabajo terminado al Jefe de Departamento o a quien él designe.
- i) Una vez terminada la mantención el especialista debe entregar Hoja de Ruta correctamente llenada y con letra legible al Preparador de Mantenimiento, quien debe ingresar en bitácora del equipo en SIIG OMEGA todos los antecedentes del trabajo realizado.
- j) Una vez ingresado los antecedentes, el Preparador de Mantenimiento debe dejar tarea correspondiente en estado “Terminada” y marcar en PMP con color verde el trabajo efectuado en el mes y casillero correspondiente al equipo.
- k) De no cumplirse el punto e), por carga de trabajo no programada por parte del taller de producción o por no disponibilidad de Especialista de Mantenimiento, el Preparador de Mantenimiento debe solicitar a la Sección Programación mediante SIIG OMEGA, la reprogramación de la tarea indicando causal y nueva fecha de ejecución, previamente acordada con Jefe Departamento o Supervisor Correspondiente.
- l) Si la reprogramación del trabajo se extiende al mes siguiente de la fecha originalmente programada, el preparador de Mantenimiento debe marcar en el Programa de Mantenimiento Preventiva en el casillero correspondiente al equipo con color rojo e ingresar en la bitácora del mismo en SIIG OMEGA todos los antecedentes y motivos de la Reprogramación.

Ver diagrama de flujo de proceso de mantenimiento preventivo en figura 1.6.

1.2.4 Ejecución Mantenimiento Correctiva

- a) Los Subgerentes, Jefes de Departamento, Jefes de Sección, Supervisores o a quien ellos designen, cuando falle un equipo, deben generar la Solicitud de Mantenimiento en SIIG OMEGA, asociando el equipo correspondiente y especificar claramente lo requerido, derivando cuando corresponda, los equipos al Taller de Mantenimiento.
- b) Todo equipo o herramienta derivado al Taller de Mantenimiento, debe ser recepcionado por el Especialista de Mantenimiento disponible.
- c) El Preparador de Mantenimiento debe extraer diariamente del SIIG OMEGA las Solicitudes de Mantenimiento generadas, imprimirlas y entregarlas al Jefe Sección Mantenimiento, quien debe asignarlas al especialista de mantenimiento correspondiente, para que inspeccione y genere un diagnóstico de reparación.
- d) Una vez diagnosticada la Solicitud de Mantenimiento, el Especialista de Mantenimiento debe entregarla al Preparador de Mantenimiento, quien en conjunto con el Jefe de Sección de Mantenimiento, procederá a estimar y generar la tarea correspondiente para su ejecución.
- e) Una vez generada la tarea, se debe solicitar a la Sección Estimación y Programación, la programación de ésta.
- f) Una vez programada la tarea, la solicitud es entregada al especialista asignado para el trabajo, quien debe archivar el documento en su carpeta de "Solicitudes de Mantenimiento en Ejecución" hasta terminar el trabajo.
- g) La carpeta "Solicitudes de Mantenimiento en Ejecución" debe ser revisada por Jefe Sección Mantenimiento semanalmente verificando avance de los trabajos.
- h) El Jefe de Sección de Mantenimiento, tratándose de reparaciones a equipos relevantes para el proceso productivo, debe mantener informado el avance de los trabajos al Jefe Departamento encargado del equipo, a la Sección Estimación y Programación y Jefes de Proyecto.
- i) Una vez ejecutada la tarea, el especialista debe entregar trabajo terminado al Cliente, posteriormente debe entregar documentos al Preparador de Mantenimiento, quien debe ingresar los antecedentes del trabajo ejecutado bitácora del equipo en SIIG OMEGA.
- j) De ser necesario ejecutar trabajo con personal externo, se debe generar la solicitud de contrato correspondiente.

Ver diagrama de flujo de proceso de mantenimiento correctivo en figura 1.7.

Anexo 1.3 Descripción de actividades de mantención

Equipo	Marca	Personal	Actividad de mantenimiento realizada
Torno CNC	Shen Yang	Mecánico Eléctrico	Efectuar pruebas operacionales, verificar y corregir si es necesario nivel aceite, circuito sistema refrigerante (bomba y conductos), estado de bancada (limpieza, lubricación), limpieza de bomba de enfriamiento, nivelación de equipo, medir voltaje y corriente de equipo y motor principal y bomba refrigerante, inspeccionar y reparar funcionamiento de componentes eléctricos, soplar y/o lavar comando eléctrico y tableros de control.
Mesa de corte	Pro - Arc	Mecánico Eléctrico	Efectuar pruebas operacionales, reemplazar felpa de lubricación sistema UBD y bancada, Inspeccionar y verificar manómetros, carro porta mangueras, engrasar rodamientos, medir corriente y voltaje de equipo, transformador y motores eléctricos, inspeccionar y verificar funcionamiento de carros laterales, mesa longitudinal, transformador general y motores.
Maquina Granalladora	Blast- Vac	Mecánico Eléctrico	Efectuar pruebas operacionales, verificar, inspeccionar y reparar componentes y estado de máquina, estado de boquilla de salida de granalla, filtro de aire, manguera principal y abrazaderas, medir voltaje y corriente de equipo y motores, inspeccionar y reparar funcionamiento de componentes eléctricos.
Prensa Hidraulica	Hollman	Mecánico Eléctrico	Verificar y reparar si es necesario conexiones hidráulicas, filtro de aspiración, cilindros hidráulicos, válvulas de accionamiento mecánico y eléctrico y cilindros hidráulicos, medir voltaje y corriente de equipo, tablero central, de las dos bombas, inspeccionar y reparar funcionamiento de componentes eléctricos.
Torno VDF	Boringer		Efectuar pruebas operacionales, verificar y corregir si es necesario cambio aceite y filtro, estado general de la bancada (limpieza, lubricación), nivelación del equipo, medir voltaje y corriente de equipo y motor principal y bomba refrigerante, inspeccionar y reparar funcionamiento de componentes eléctricos, soplar y/o lavar comando eléctrico y tableros de control.
Barrenadora	TOS	Mecánico Eléctrico	Verificar y corregir si es necesario nivel de aceite en estanque de bomba de lubricación, tensión de cadenas y correas, nivelación de equipo, análisis de vibraciones, medir voltaje y corriente de equipo, motor principal, motor captador, bomba de lubricación, inspeccionar y reparar funcionamiento de componentes eléctricos y botoneras de comando.

Anexo 1.4 Encuesta 1 y resumen



Mediante esta encuesta se busca clasificar y enumerar las dimensiones de los procesos de mantención, objeto poder enfocarse en los equipos más relevantes para realizar el estudio.

Instrucciones: Enumere las siguientes dimensiones del 1 al 4 de forma descendente de la más importante a la menos importante.

Dimensión	Numero
Inactividad de equipos por concepto de Reparaciones	
Costos Asociados a la Mantención	
Recurrencia de fallas (tiempo entre fallas)	
Cantidad de Fallas en los equipos	

Gracias por su tiempo

Tabla resumen respuestas personal encuestado de ASMAR (V)

Dimensión	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	Prom.
Indisponibilidad de equipos por concepto de Reparaciones	4	3	2	4	3	4	4	3	3	3	3,3
Costos Asociados a la Mantenición	1	1	3	1	2	1	3	1	2	1	1,6
Recurrencia de fallas (tiempo entre fallas)	2	4	4	2	1	2	1	4	1	2	2,3
Cantidad de Fallas en los equipos	3	2	1	3	4	3	2	2	4	4	2,8

Anexo 1.5 Mantenciones totales a equipos críticos

Nombre Equipo	Tipo Mantención	Fecha de mantención	Inicio Mantención	Termino Mantención	Costo de Mantención \$
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	09-05-2014	09-05-2014	09-05-2014	14.496
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Preventiva	27-05-2014	27-05-2014	01-07-2014	282.641
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Preventiva	30-05-2014	30-05-2014	30-05-2014	4.496
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	30-05-2014	30-05-2014	30-05-2014	34.496
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	05-06-2014	05-06-2014	09-06-2014	21.386
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Preventiva	04-08-2014	04-08-2014	04-08-2014	4.496
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	28-08-2014	28-08-2014	28-08-2014	138.954
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	05-09-2014	05-09-2014	21-09-2014	3.900
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	22-09-2014	22-09-2014	22-09-2014	10.000
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Preventiva	10-11-2014	10-11-2014	10-11-2014	4.496
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Preventiva	27-11-2014	27-11-2014	27-11-2014	10.000
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	11-12-2014	11-12-2014	07-01-2015	81.268
Mandrinadora fresadora Tos Varnsdore	Correctiva	11-12-2014	11-12-2014	22-12-2014	45.624
Mandrinadorafresadora Tos Varnsdore	Correctiva	17-02-2015	17-02-2015	17-02-2015	4.910.000
Prensa HidraulicaHollman	Preventiva	19-03-2014	19-03-2014	19-03-2014	39.668
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	05-03-2014	05-03-2014	19-03-2014	525.573
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	21-02-2014	21-02-2014	21-02-2014	1.023.919
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	25-04-2014	25-04-2014	09-05-2014	501.624
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	13-06-2014	13-06-2014	29-06-2014	363.135
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	23-06-2014	23-06-2014	28-06-2014	717.601

Prensa HidraulicaHollman	Preventiva	28-07-2014	28-07-2014	28-07-2014	197.400
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	05-08-2014	05-08-2014	11-08-2014	653.734
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	17-10-2014	17-10-2014	28-10-2014	441.252
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	09-10-2014	09-10-2014	09-10-2014	221.529
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	15-09-2014	15-09-2014	17-09-2014	26.713
Prensa HidraulicaHollman	Correctiva	12-12-2014	12-12-2014	08-01-2015	386.147
Mesa de corte Proarc	Correctiva	15-02-2014	15-02-2014	19-03-2014	556.168
Mesa de corte Proarc	Correctiva	22-05-2014	22-05-2014	22-05-2014	960.200
Mesa de corte Proarc	Preventiva	26-06-2014	26-06-2014	28-06-2014	63.717
Mesa de corte Proarc	Preventiva	04-08-2014	04-08-2014	24-09-2014	93.774
Mesa de corte Proarc	Correctiva	07-10-2014	07-10-2014	27-10-2014	357.606
Mesa de corte Proarc	Preventiva	10-11-2014	10-11-2014	10-11-2014	63.682
Mesa de corte Proarc	Correctiva	17-12-2014	17-12-2014	17-12-2014	1.800.000
Torno CNC Shen Yang	Preventiva	01-07-2014	01-07-2014	01-07-2014	78.856
Torno CNC Shen Yang	Preventiva	04-08-2014	04-08-2014	04-08-2014	4.496
Torno CNC Shen Yang	Correctiva	19-10-2014	19-10-2014	19-10-2014	67.250
Torno CNC Shen Yang	Correctiva	07-11-2014	07-11-2014	17-12-2014	402.253
Torno CNC Shen Yang	Preventiva	01-12-2014	01-12-2014	01-12-2014	4.496
Torno CNC Shen Yang	Correctiva	05-05-2014	05-05-2014	15-05-2014	576.498
Maquina Granalladora BJP-2000 SERIE NR 9	Preventiva	19-03-2014	19-03-2014	19-03-2014	16.474
Maquina Granalladora BJP-2000 SERIE NR 9	Preventiva	02-06-2014	02-06-2014	02-06-2014	241.482
Maquina Granalladora BJP-2000 SERIE NR 9	Correctiva	30-09-2014	30-09-2014	13-10-2014	182.453
Maquina Granalladora BJP-2000 SERIE NR 9	Preventiva	21-10-2014	21-10-2014	21-10-2014	20.788
Maquina Granalladora BJP-2000 SERIE NR 9	Correctiva	11-12-2014	11-12-2014	06-05-2015	1.920.757
Torno VDF Boringer	Preventiva	08-04-2014	08-04-2014	08-04-2014	4.496
Torno VDF Boringer	Preventiva	04-08-2014	04-08-2014	04-08-2014	36.768
Torno VDF Boringer	Correctiva	05-06-2014	05-06-2014	09-06-2014	22.812
Torno VDF Boringer	Preventiva	29-07-2014	29-07-2014	29-07-2014	4.496
Torno VDF Boringer	Correctiva	23-10-2014	23-10-2014	27-10-2014	117.488
Torno VDF Boringer	Preventiva	01-12-2014	01-12-2014	01-12-2014	4.496

Torno VDF Boringer	Correctiva	08-01-2015	08-01-2015	08-01-2015	24.496
Torno VDF Boringer	Correctiva	28-01-2015	28-01-2015	28-01-2015	162.390

Anexo 1.6 Encuesta 2 y resumen



Mediante esta encuesta se busca recopilar información sobre las causas de las excesivas fallas de equipos, reflejados en la gran cantidad de mantenciones correctivas realizadas en el año 2014.

Instrucciones: Marque con una X en los recuadros la opción que usted considere asertiva.

1. Del punto de vista del personal que trabaja con las maquinas y aquellos que realizan las mantenciones de ellas. ¿Cuál considera usted que es la causa principal de la gran cantidad de fallas de las maquinarias en el 2014?

- a. Mala manipulación de los equipos por el usuario de las maquinarias.
- b. Poca capacitación personal mantención
- c. Poco personal disponible para realizar mantenciones
- d. Rotación de personal de mantención

2. De los materiales e insumos utilizados para las reparaciones de las maquinarias ¿Cuál de los siguientes factores cree usted que contribuyo mayoritariamente en las fallas de los equipos y que no se haya cumplido el plan de mantenimiento en el año 2014?

- a. Escases de repuestos.
- b. Mala calidad de los repuestos.
- c. Herramientas inadecuadas para realizar mantención.
- d. Uso repuesto reacondicionados en las mantenciones.

3. ¿Cuál considera usted que es la causa más relevante en relación a los métodos utilizados para realizar y planificar mantenciones preventivas que contribuyo a que no se realizaran dichas mantenciones?

- a. Plan de mantenimiento preventivo inadecuado.
- b. Procedimientos poco claros para realizar las mantenciones.
- c. Poco juicio para dar de baja un equipo.
- d. Exceso de uso de las maquinarias equipo no disponible para realizar las mantenciones.

4. Del estado actual que se encuentran las maquinarias que participan en el proceso de reparación de buques ¿Cual considera que es la condición que contribuye mayoritariamente a las fallas no programadas de ellas?

- a. Maquinarias antiguas sin repuesto en el mercado.
- b. Poca vida útil de los accesorios de las maquinas.
- c. Calidad de las maquinarias.
- d. Falta de indicadores de deterioro en las maquinarias.

5. Del punto de vista del medio ambiente ¿Cuál considera usted que es el factor más importante que contribuye al desgaste de las maquinarias que porfijan fallas en los equipos.

- a. Proximidad de la planta con el Mar ambiente corrosivo.
- b. Polución dentro de la Planta.
- c. Fluctuaciones importantes de temperaturas.
- d. No considero que haya factores medio ambientales que afecten el desgaste de las maquinas.

Gracias por su tiempo

Tabla resumen respuestas personal encuestado de ASMAR (V)

Preguntas	Frecuencia de Respuestas			
	A	B	C	D
#				
Del punto de vista del personal que trabaja con las máquinas y aquellos que realizan las mantenencias de ellas. ¿Cuál considera usted que es la causa principal de la gran cantidad de fallas de las maquinarias en el 2014?	6	2	3	0
De los materiales e insumos utilizados para las reparaciones de las maquinarias ¿Cuál de los siguientes factores cree usted que contribuyo mayoritariamente en las fallas de los equipos y que no se haya cumplido el plan de mantenimiento en el año 2014?	6	3	1	0
¿Cuál considera usted que es la causa más relevante en relación a los métodos utilizados para realizar y planificar mantenencias preventivas que contribuyó a que no se realizaran dichas mantenencias	7	0	1	3
Del estado actual que se encuentran las maquinarias que participan en el proceso de reparación de buques ¿ Cual considera que es la condición que contribuye mayoritariamente a las fallas no programadas de ellas	3	2	5	0
Del punto de vista del medio ambiente ¿Cuál considera usted que es el factor más importante que contribuye al desgaste de las maquinarias que porfijan fallas en los equipos.	1	1	0	8

Anexo 3.1 Hojas de información RCM ii “Mandrinadora Tos Varnsdorf”

Hoja de información RCM II		SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf			
		SUBSISTEMA	Husillo de trabajo			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1	Sistema portaherramientas que sujeta las barrenas de mandrinar	A	Desafinamiento del husillo	1	Desgaste rodamiento de cabezal	Genera inconvenientes en el proceso de mecanizado de piezas, ya que imposibilita el alineamiento de estas, provocando mecanizado excéntrico, Mecanizado cónico y Mecanizado fuera de tolerancia según planos de referencia.
				2	Flexión del husillo	
				3	Desgaste en buje cónico	
				4	Desajuste rodamiento de fijación axial	
		B	Incapacidad de frenado del husillo	1	Falla en relé de revoluciones	Puede generar accidentes al operario, debido a la imposibilidad accionar el mecanismo de frenado.
				2	falla en conmutador	
				3	Falla en unidad de control	
				4	Falla en temporizador de frenado	
		C	Fisura en el husillo	1	Mala manipulación de la maquinaria	Impide la operación de las piezas a trabajar y además puede generar un accidente al operador.
				2	Mecanizado de piezas por sobre las capacidades de la maquina	
		D	Vibración fuera de parámetros del husillo	1	Mal funcionamiento del motor eléctrico asíncrono	Provoca incapacidad de mecanizar piezas que requieran alta precisión, además de amentar los tiempos de mecanizado.
				2	Rodamientos y/o bujes en mal estado	

Hoja de información RCM II		SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf			
		SUBSISTEMA	Cabezal			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1	Permite el movimiento vertical sobre el montante, sostiene el husillo de trabajo y principal, permite la selección de las revoluciones de ambos husillos y el avance del equipo	A	Incapacidad de desplazamiento del cabezal	1	Desgaste en el eje sin fin y/o tuerca guía	Genera incapacidad de movimiento del cabezal, provocando una posible activación del disyuntor térmico apagando la máquina.
				2	Engranajes trabados en la caja de velocidades	Puede generar los siguientes inconvenientes en el normal funcionamiento de la maquina: Activación de sistema de fusibles provocando el apagado del equipo; fractura de engranajes provocando incapacidad de funcionamiento de máquina y caída de la caja del cabezal.
				3	Viruta o elementos extraños en el tornillo sinfin	
		B	Aumento en la temperatura en cabezal	1	Problema en bomba refrigerante	Provoca el deterioro y desgaste de los componentes internos del cabezal, producto del sobrecalentamiento de la máquina, lo cual podría incluso detener la máquina.
				2	Bajo nivel de lubricante	
				3	Sistema de ductos obstruidos	
		C	Altas vibraciones del cabezal	1	Desgaste en conjunto de engranajes	Genera fractura en componentes internos, daños permanentes en los engranajes del sistema, además de provocar que el mecanizado de piezas quede irregular.
				2	Desgaste en rodamientos	
				3	Poca tensión en cadena de transmisión	
				4	Sobre carga producida por desprendimiento de material interno	
		D	Incapacidad de seleccionar marchas	1	Desgaste de láminas	Limita la selección de las RPM, dificultando el correcto mecanizado de piezas
				2	Desacople de eje selector de marchas	
				3	Fisura en horquillas de engranajes	
				4	Desajuste de las láminas	

Hoja de información RCM II	SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf			
	SUBSISTEMA	Motor principal			
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)	MODO DE FALLA		EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1	A	Motor no arranca	1	Problema de alimentación eléctrica	Provoca incapacidad de realizar trabajos de mecanizado
			2	Bloqueo de relé de revoluciones	
			3	Falla en el transformador	
			4	Engranajes de la caja de revoluciones trabados	
	B	Pérdida de potencia	1	Desgaste de correas de transmisión	Genera frenado en la rotación del husillo, produciendo sonidos agudos lo que podría llevar a la activación del disyuntor térmico.
			2	Baja aislación bobina del motor principal	
	C	Altas vibraciones del motor	1	Desgaste de rodamientos del motor principal	Genera inconvenientes en el proceso de mecanizado de piezas, provocando mecanizado irregular fuera de tolerancia según planos de referencia.
			2	Desbalanceo de rotor del motor principal	
			3	Desbalanceo del rotor	
			4	Desalineamiento del motor	
	D	Temperatura sobre los niveles normales de funcionamiento	1	Rodamientos desgastados	Podría generar el fundido del motor, provocando que la maquina quede inutilizable.
			2	Mecanizado de piezas por sobre las capacidades de la maquina	
			3	Elementos internos trabados	
			4	Desafinamiento y desbalanceo del motor	

Hoja de información RCM II		SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf				
		SUBSISTEMA	Captador portaherramientas				
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)		
1	Fijar las herramientas en el husillo de trabajo.	A	Incapacidad de instalar herramientas	1	Problema en el motor del captador	Incapacidad de mecanizado con husillo de trabajo.	
				2	Rodamientos trabados		
				3	Pérdidas de las esferas de trabado portaherramientas		
		B	Bloqueo de control	1	Límite de carrera en mal estado		Incapacidad de mecanizado con husillo de trabajo.
				2	Límite de carrera desajustado		
				3	Falla en temporizador		
		C	Falla en motor eléctrico del captador	1	Carga excesiva en el motor principal		Incapacidad de mecanizado con husillo de trabajo.
				2	Rodamientos desgastados		
				3	Problemas en la alimentación del motor		
				4	Baja aislación en la bobina del motor		
		D	Daños en el alfiler	1	Flexión en el alfiler		Genera imposibilidad de movimiento, provocando la incapacidad de insertar correctamente las herramientas.
				2	Fisura en alfiler		
				3	Alfiler obstruido		

Hoja de información RCM II		SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf			
		SUBSISTEMA	Mesa giratoria			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA	EFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1	Unidad giratoria donde se sujetan las piezas a mecanizar	A	No gira ni avanza longitudinalmente la mesa	1	Problemas en el eje sin fin	Genera la incapacidad de generar trabajos de mecanizado.
					Desacoplamiento de los engranajes del cabezal	
					Corte de chavetas y/o pasadores	
		B	Movimiento transversal nulo de la bancada	1	Daños en la cremallera y en el piñón que ejecuta el movimiento.	No permite mecanizado ni perforaciones de gran profundidad.
		C	Ruido y sobrecalentamiento en cabezal	1	Cadena mal tensionada	Provoca la incapacidad de cambiar las velocidades en el avance, induciendo a realizar un trabajo mayor por parte del operario.
				2	Desgaste en acoplamiento	
				3	Problema de lubricación	
		D	Tambaleo de mesa	1	Desajuste y/o daño en los rodamientos	No permite el bloqueo de la mesa giratoria.
				2	Cuñas de ajuste sueltas o dañadas	
		E	Incapacidad de mantener perpendicularidad de rotación de la mesa	1	Bancada desalineada	Genera la incapacidad de realizar trabajos con la mesa giratoria.
				2	Daños en posicionador óptico	Provoca problema al mecanizar, ya que las piezas a fabricar quedan fuera de tolerancia.

Hoja de información RCM II		SISTEMA	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf			
		SUBSISTEMA	Plato			
FUNCIÓN		FALLA FUNCIONAL (Pérdida de función)		MODO DE FALLA	EFFECTO DE LA FALLA (Qué sucede cuando se produce una falla)	
1	Montar herramientas complejas y de envergadura mayor	A	Giro excéntrico del plato	1	Daño en rodamientos	Puede generar un accidente al operador debido al desprendimiento de las fijaciones del plato, además de generar mecanizado irregular.
				2	Pernos de fijación del plato sueltos	
		B	Incremento en las profundidades de corte establecida	1	Desgaste de rodamiento del husillo	Genera inconvenientes en el proceso de mecanizado de piezas, provocando mecanizado irregular y fuera de tolerancia.
		C	Falla en carro de cuchillo	1	Engranaje y eje sin fin trabados	Provoca incapacidad de mecanizar con el plato o piezas de gran envergadura.
				2	Topes mecánicos sueltos	
				3	Viruta trabando movimiento	
				4	Desajuste de la regleta	
		D	Fisura en plato	1	Brazo montado en el carro trabado con la pieza a mecanizar.	
				2	Pieza montada en la mesa golpee el plato	

Anexo 3.2 Hojas de decisión RCM II “Mandrinadora Tos Varnsdorf”

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf								Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto - Ignacio Jara		Fecha Mayo 2016		
SUBSISTEMA Husillo de trabajo								Subsistema N° 001			Auditor: Jefe de Mantenición				
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
										H4	H5	S4			
F	FF	FM	H	S	E	O									
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Efectuar inspección visual del husillo	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
	B	1	S	S	N	S	S						Medir voltaje y corriente del relé	Cada 4 meses	Eléctrico
		2	S	S	N	S	S						Medir voltaje y corriente del conmutador	Cada 4 meses	Eléctrico
		3	S	S			S						Inspección de botoneras, conexiones, circuitos	Cada 4 meses	Eléctrico
		4	S	S			S						Realizar inspección a temporizador	Cada 4 meses	Eléctrico
	C	1	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantención
		2	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantención
	D	1	S	N	N	S	S						Inspección de motor eléctrico	Cada 4 meses	Eléctrico y mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf							Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto - Ignacio Jara		Fecha: Mayo 2016			
SUBSISTEMA: Cabezal							Subsistema N° 002			Auditor: Jefe de Mantenición					
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O	H4	H5	S4						
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección de eje sin fin	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar ferrografía	Cada 3 meses	Departamento de ensayos no destructivos
	B	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección general a bomba refrigerante	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección de niveles de lubricante	Cada 3 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar ferrografía	Cada 3 meses	Departamento de ensayos no destructivos
	C	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar inspección y ajuste a cadena de transmisión	Cada 4 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S						Realizar ferrografía	Cada 3 meses	Departamento de ensayos no destructivos
	D	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección en láminas	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Inspección de eje selector de marchas	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar inspección en engranajes	Cada 4 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S						Realizar inspección en láminas	Cada 4 meses	Mecánico

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf							Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto -Ignacio Jara			Fecha: Mayo 2016		
SUBSISTEMA: Motor principal							Subsistema N° 003			Auditor: Jefe de Mantenimiento					
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar chequeo a conectores de alimentación eléctrica	Cada 4 meses	Eléctrico
		2	S	N	N	S	N	N	S				Medir voltaje y corriente del relé	Cada 4 meses	Eléctrico
		3	S	N	N	S	S						Revisar estado de transformador	Cada 4 meses	Eléctrico
		4	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	N	N	S				Verificar estado y tensión de la cadena	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Efectuar inspección de bobina de motor principal	Cada 4 meses	Eléctrico
	C	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección al rotor	Cada 4 meses	Eléctrico
		3	S	N	N	S	S						Realizar inspección al rotor	Cada 4 meses	Eléctrico
		4	S	N	N	S	S						Inspección visual del motor	Cada 4 meses	Eléctrico
	D	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantenimiento
		3	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de motor principal	Cada 4 meses	Eléctrico
		4	S	N	N	S	S						Realizar inspección general del motor	Cada 4 meses	Eléctrico

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf										Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto -Ignacio Jara		Fecha: Mayo 2016	
SUBSISTEMA: Captador portaherramientas										Subsistema N° 004			Auditor: Jefe de Mantenición			
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por	
F	FF	FM	H	S	E	O				H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección al motor del captador	Cada 4 meses	Eléctrico	
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico	
		3	S	N	N	S	S						Realizar inspección a esfera de portaherramientas	Cada 4 meses	Mecánico	
	B	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección a límite de carrera	Cada 4 meses	Mecánico	
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección a límite de carrera	Cada 4 meses	Mecánico	
		3	S	N	N	S	S						Realizar prueba operacional a temporizador.	Cada 4 meses	Eléctrico	
	C	1	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantención	
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico	
		3	S	N	N	S	S						Realizar chequeo a conectores de alimentación eléctrica	Cada 4 meses	Eléctrico	
		4	S	N	N	S	S						Efectuar inspección de bobina de motor principal	Cada 4 meses	Eléctrico	
	D	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección en alfiler	Cada 4 meses	Mecánico	
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección en alfiler	Cada 4 meses	Mecánico	
3		S	N	N	S	S						Realizar inspección en alfiler	Cada 4 meses	Mecánico		

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf								Sistema N° 10654			Facilitador: Carolina Soto - Ignacio Jara		Fecha: Mayo 2016		
SUBSISTEMA: Mesa giratoria								Subsistema N° 005			Auditor: Jefe de Mantenición				
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección de eje sin fin	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección en engranajes	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Realizar chequeo de chavetas y/o pasadores	Cada 4 meses	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	S						Verificar estado de cremallera y piñón	Cada 4 meses	Mecánico
	C	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección y ajuste de cadena	Cada 4 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección del acoplamiento de la mesa	Cada 3 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Revisión de niveles de lubricante e inspección de tuberías	Cada 4 meses	Mecánico
	D	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de cuñas	Cada 3 meses	Mecánico
	E	1	S	N	N	S	S						Realizar inspección visual de bancada	Cada 3 meses	Mecánico
2		S	N	N	S	S						Realizar prueba operacional a posicionador óptico	Cada 3 meses	Mecánico	

SISTEMA: Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf								Sistema N° 10654	Facilitador: Carolina Soto -Ignacio Jara			Fecha: Mayo 2016			
SUBSISTEMA: Plato								Subsistema N° 006	Auditor: Jefe de Mantenición						
Referencia de información			Evaluación de la consecuencias				H1 S1 O1 N1	H2 S2 O2 N2	H3 S3 O3 N3	Acción a falta de			Tarea Propuesta	Intervalo inicial	A realizarse por
F	FF	FM	H	S	E	O			H4	H5	S4				
1	A	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		2	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
	B	1	S	N	N	S	S						Realizar análisis de vibraciones	Cada 3 meses	Mecánico
		1	S	N	N	S	S						Realizar inspección de eje sin fin	Cada 4 meses	Mecánico
	C	2	S	N	N	S	S						Realizar chequeo en topes mecánicos	Cada 4 meses	Mecánico
		3	S	N	N	S	S						Inspeccionar y realizar limpieza a carro de cuchillo	Cada 3 meses	Mecánico
		4	S	N	N	S	S						Realizar inspección de regleta	Cada 4 meses	Mecánico
	D	1	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantenimiento
		2	S	S			S						Supervisar operaciones aleatoriamente	Cada 3 meses	Supervisor de mantenimiento

Anexo 3.3 Procedimientos operativos estándar “Mandrinadora Tos Varnsdorf”

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada tres meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar análisis de vibraciones a husillo. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento del cabezal. • Inspeccionar desgaste, fisuras o deformaciones en buje cónico. • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento de fijación axial. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.
CABEZAL	1. Realizar análisis de vibraciones en cabezal. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos. • Inspeccionar elementos obstructivos en el conjunto de engranajes, lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en engranajes. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico. 2. Verificar nivel de aceite en estanque de bomba de lubricación, rellenar de ser necesario con 80W/90.

CABEZAL	<p>3. Realizar inspección general a bomba refrigerante</p> <p>3.1 Verificar posibles fugas</p> <p>3.2 Medir presiones de funcionamiento de la bomba refrigerante.</p> <p>3.3 Revisar acoples de la bomba.</p> <p>3.4 Revisar conexiones eléctricas de la bomba. </p>
	<p>4. Realizar ferrografía en el depósito de lubricante.</p> <p>4.1 En caso de encontrar partículas no deseadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar inspección a tornillo sinfín y sistema de ductos, de encontrarse una avería mayor, realizar sustitución de pieza de lo contrario realizar limpieza del sistema.
MOTOR PRINCIPAL	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a motor principal.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del motor principal. • Inspeccionar elementos obstructivos en el conjunto de engranajes de caja de revoluciones, lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en engranajes. <p>1.2 En caso de encontrar algún elemento obstructivo en conjunto de engranajes de la caja de revoluciones realizar limpieza.</p> <p>1.3 En caso de encontrar alguna anomalía en el cuerpo sólido de los elementos inspeccionados, realizar sustitución.</p>
CAPTADOR PORTAHERRAMIENTAS	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a captador portaherramientas</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del captador portaherramientas. • Inspeccionar elementos obstructivos en rodamientos del captador portaherramientas. <p>1.2 Realizar limpieza en caso de encontrar algún elemento obstructivo en rodamientos de captador y en caso de encontrar alguna anomalía en el cuerpo sólido de estos, realizar sustitución.</p>
MESA GIRATORIA	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a mesa giratoria.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos de la mesa giratoria <p>1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de rodamientos.</p>

MESA GIRATORIA	<p>2. Realizar inspección visual a bancada verificando su correcta alineación con el resto de la estructura.</p> <p>2.1 De encontrar alguna anomalía, realizar ajuste.</p>
	<p>3. Realizar prueba operacional posicionador óptico.</p>
	<p>4. Realizar inspección del acoplamiento de la mesa verificando que la alineación, lubricación y ensamblaje sean adecuados.</p> <p>4.1 En caso de existir alguna anomalía reparar acoplamiento de la mesa.</p>
	<p>5. Realizar inspección visual a cuñas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no exista desgaste, fisuras, deformaciones o indicios de corrosión. <p>5.1 En caso de que las cuñas no se encuentren en condiciones adecuadas, reemplazarlas.</p>
PLATO	<p>1. Realizar análisis de vibraciones al plato.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del plato. <p>1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.</p>
	<p>2. Inspeccionar carro de cuchillo y realizar limpieza.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar elementos obstructivos en el carro de cuchillo. <p>2.1 En caso de encontrar algún elemento obstructivo, realizar limpieza.</p>
Observaciones:	


PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada cuatro meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar inspección a unidad de control. <ul style="list-style-type: none"> • Revisar conexiones y circuitos de la unidad de control. • Realizar limpieza y pruebas operacionales a las botoneras.
	2. Efectuar prueba operacional al temporizador. 2.1 En caso de que se encuentre en mal estado, sustituirlo.
	3. Efectuar inspección visual del husillo verificando que no exista flexión del husillo. 3.1 En caso de encontrar alguna anomalía, desmontar la pieza y enviar a rectificar.
	4. Medir voltaje y corriente del relé y conmutador.
	5. Inspeccionar motor eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> • Verificar suministro de energía. • Medir voltaje y corriente de motor. • Revisar conexiones y terminales sueltos. 5.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir o ajustar elementos averiados o en mal estado.

CABEZAL	1. Realizar inspección al eje sin fin verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones. 1.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas, sustituir.
	2. Realizar inspección a cadena de transmisión verificando los pasadores, la placa interior y exterior y los bujes de la cadena. 2.1 Verificar tensión de la cadena de transmisión. 2.2 Ajustar la cadena si no se encuentra correctamente tensada y en caso de encontrarse en mal estado sustituir la cadena.
	3. Inspeccionar láminas del selector de marchas verificando que no existan fisuras, corrosión, desgaste o deformaciones. 3.1 Realizar sustitución en caso de no encontrarse en condiciones adecuadas.
	4. Efectuar revisión del eje selector de marchas verificando que la alineación y ensamblaje sean adecuados. 4.1 En caso de existir alguna anomalía reparar acoplamiento del eje selector de marchas.
	5. Realizar inspección a engranajes del selector de marchas verificando lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en los engranajes.
MOTOR PRINCIPAL	1. Realizar chequeo de conexión de alimentación eléctrica.
	2. Medir voltaje y corriente del relé
	3. Revisar estado de transformador.
	4. Medir voltaje y corriente del motor.
	5. Efectuar inspección de bobina de motor principal.
	6. Realizar inspección al rotor.
	7. Verificar estado y tensión de la cadena de transmisión.
CAPTADOR PORTAHERRAMIENTA	1. Realizar inspección a las esferas del captador portaherramientas verificando si tienen deformaciones o si se encuentran trabadas. 1.1 Realizar sustitución en caso de ser estrictamente necesario.
	2. Efectuar chequeo a límite de carrera del captador portaherramientas.
	3. Efectuar prueba operacional al temporizador. 3.1 En caso de que se encuentre en mal estado, sustituirlo.

<p style="text-align: center;">CAPTADOR PORTAHERRAMIENTA</p>	<p>4. Inspeccionar motor del captador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar suministro de energía. • Medir voltaje y corriente del motor. • Revisar conexiones y terminales sueltos. <p>4.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir o ajustar elementos averiados o en mal estado.</p>
	<p>5. Realizar chequeo a conectores de alimentación eléctrica del captador portaherramientas verificando que se encuentren en buen estado y bien acoplados.</p> <p>5.1 En caso de encontrarse en mal estado sustituirlos y en caso de encontrarse sueltos, ajustarlos.</p>
	<p>6. Efectuar inspección de aislación de la bobina del motor principal.</p>
	<p>7. Realizar inspección al alfiler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no existan elementos obstructivos en el alfiler. • Verificar que no exista desgaste, fisuras, flexión o corrosión en el alfiler. <p>7.1 Realizar limpieza en caso encontrar algún elemento obstructivo y rectificar en caso de no encontrarse en condiciones óptimas.</p>
	<p style="text-align: center;">MESA GIRATORIA</p>
<p>2. Realizar inspección a cadena de transmisión verificando los pasadores, la placa interior y exterior y los bujes de la cadena.</p> <p>2.1 Verificar tensión de la cadena de transmisión.</p> <p>2.2 Ajustar la cadena si no se encuentra correctamente tensada y en caso de encontrarse en mal estado sustituir la cadena.</p>	
<p>3. Realizar inspección al eje sin fin verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones.</p> <p>3.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas, sustituir.</p>	
<p>4. Realizar inspección en engranajes del cabezal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo, deformaciones y acoplamiento en engranajes del cabezal. <p>4.1 En caso de no encontrarse en condiciones óptimas, sustituir engranajes.</p>	
<p>5. Revisar estado de cremallera y piñón verificando desgaste, fisura o rotura de las piezas.</p> <p>5.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir piezas.</p>	
<p>6. Efectuar chequeo y ajuste de chavetas y /o pasadores.</p>	

PLATO	1. Realizar inspección al eje sin fin de carro de cuchillo verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones. 1.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas realizar sustitución.
	2. Efectuar inspección de regleta verificando su ajuste.
Observaciones:	

Anexo 3.4 Procedimientos para las mantenciones preventivas, ASMAR Valparaíso

	PROCEDIMIENTO PARA EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
	Procedimiento N°: PE-01/M	Fecha vigencia:	Modificación N°:
Aplicable a: ASMAR VALPARAÍSO			

1. Objetivo

Estandarizar procedimientos de mantención preventiva para mandrinadora Tos Varnsdorf, con el fin de conservar sus condiciones óptimas de funcionamiento, previniendo posibles averías y fallos y así consiguiendo que el trabajo realizado por este equipo se ejecute con los mayores niveles de calidad y seguridad, asegurando su disponibilidad y confiabilidad.

2. Responsabilidades

Subgerente producción, subgerente comercial, subgerente logística, subgerente RR.HH., jefe de departamento, supervisor de mantención, preparador, mecánicos, eléctricos.

3. Terminología

- **Falla:** Es el deterioro o desperfecto en las instalaciones, máquinas o equipos que no permite su normal funcionamiento. Pérdida de la capacidad operativa del elemento de máquina.
- **Mantenimiento correctivo:** Es aquel que corrige los defectos observados en los equipamientos o instalaciones, consiste en localizar averías o defectos y corregirlos o repararlos.
- **Mantenciones preventivas:** es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento.
- **SII omega:** Es un sistema de planificación de recursos empresariales que integra y maneja aspectos asociados con las operaciones de producción y distribución diseñado para la empresa.

4. Referencias

- NCh ISO 9001: 2008
- NCh ISO 14001: 2005
- Norma OHSAS 18001: 2007

5. Documentos relacionados

- Manual técnico de Mantenimiento de Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.
- Plan de mantenimiento para equipos.
- Procedimiento para las mantenencias correctivas.

6. Descripción proceso de mantenimiento preventivo

En el presente documento se establece la planificación de actividades de mantenimiento mediante un procedimiento operativo estándar en el cuál se identifican las tareas de mantenimiento, la calendarización de estas y los responsables de la realización de todas las actividades de mantenimiento para la mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.

Es relevante que este procedimiento se cumpla a cabalidad para evitar retrasos en la planificación de las mantenencias.

6.1 Datos de entrada

- Manual técnico de Mantenimiento de Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf.
- Plan de mantenimiento de equipo.
- Antecedentes históricos del equipo.
- Control de horómetro y odómetro del equipo

6.2 Procedimiento mantenimiento preventivo

- a) El preparador de mantenimiento durante la primera semana del mes en curso debe extraer el documento "Procedimiento operativo estándar de mantenimiento" del equipo y revisar cuando corresponde realizar las mantenencias definidas según frecuencia.
- b) El preparador debe solicitar autorización para realizar el mantenimiento programado al taller que corresponda, mediante el documento DC-01 "Orden de trabajo". El supervisor de taller deberá informar al preparador el estado de la solicitud dentro de 24 horas.
- c) Luego de ser aprobada la ejecución de las tareas de mantenimiento, el preparador debe generar las tareas de mantenimiento correspondientes en el SIIG OMEGA.
- d) Una vez confirmada la disponibilidad del equipo para realizar la mantención y teniendo generadas las tareas, el preparador de mantención debe entregar el documento "Procedimiento operativo estándar de mantenimiento" al especialista para ejecución de los trabajos.

- e) El especialista de mantención debe leer detalladamente el documento nombrado anteriormente y sus respectivas acciones preliminares, tomando las medidas de seguridad necesarias antes de ejecutar el trabajo de mantenimiento.
- f) Una vez ejecutadas las tareas, el especialista debe registrar en el documento DC-02 "Bitácora de mantenimiento" información general del trabajo realizado.
- g) Luego, el supervisor de mantención debe verificar el estado del trabajo realizado por el especialista y completar el documento DC-03 "Control de mantenimiento preventivo".
- h) Posteriormente el preparador debe ingresar en el SIIG OMEGA los antecedentes del trabajo realizado, además de archivar los documentos nombrados anteriormente en la carpeta del equipo.
- i) Una vez ejecutados y revisados estos trabajos, el supervisor debe entregar el trabajo terminado al correspondiente mediante DC-04 "Formulario de recepción conforme" el cual debe ser completado y firmado por el supervisor del taller.
- j) Posteriormente a la recepción conforme por parte del taller el preparador debe dejar las tareas correspondientes en estado "terminadas".
- k) De no poder cumplirse el procedimiento operativo estándar de mantenimiento del equipo ya sea por carga excesiva de trabajo en producción o no disponibilidad de especialista, el preparador de mantención mediante SIIG OMEGA debe solicitar la reprogramación de la tarea detallando la causa y nueva fecha de ejecución acordada junto a jefe de mantención.

7. Próximo proceso

Mejora continua.

8. Anexos

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada tres meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar análisis de vibraciones a husillo. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento del cabezal. • Inspeccionar desgaste, fisuras o deformaciones en buje cónico. • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento del rodamiento de fijación axial. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.
CABEZAL	1. Realizar análisis de vibraciones en cabezal. 1.1 En caso de salir fuera de parámetros: <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos. • Inspeccionar elementos obstructivos en el conjunto de engranajes, lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en engranajes. 1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico. 2. Verificar nivel de aceite en estanque de bomba de lubricación, rellenar de ser necesario con 80W/90.

CABEZAL	<p>3. Realizar inspección general a bomba refrigerante</p> <p>3.1 Verificar posibles fugas</p> <p>3.2 Medir presiones de funcionamiento de la bomba refrigerante.</p> <p>3.3 Revisar acoples de la bomba.</p> <p>3.4 Revisar conexiones eléctricas de la bomba. </p>
	<p>4. Realizar ferrografía en el depósito de lubricante.</p> <p>4.1 En caso de encontrar partículas no deseadas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar inspección a tornillo sinfín y sistema de ductos, de encontrarse una avería mayor, realizar sustitución de pieza de lo contrario realizar limpieza del sistema.
MOTOR PRINCIPAL	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a motor principal.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del motor principal. • Inspeccionar elementos obstructivos en el conjunto de engranajes de caja de revoluciones, lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en engranajes. <p>1.2 En caso de encontrar algún elemento obstructivo en conjunto de engranajes de la caja de revoluciones realizar limpieza.</p> <p>1.3 En caso de encontrar alguna anomalía en el cuerpo sólido de los elementos inspeccionados, realizar sustitución.</p>
CAPTADOR PORTAHERRAMIENTAS	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a captador portaherramientas</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del captador portaherramientas. • Inspeccionar elementos obstructivos en rodamientos del captador portaherramientas. <p>1.2 Realizar limpieza en caso de encontrar algún elemento obstructivo en rodamientos de captador y en caso de encontrar alguna anomalía en el cuerpo sólido de estos, realizar sustitución.</p>
MESA GIRATORIA	<p>1. Realizar análisis de vibraciones a mesa giratoria.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos de la mesa giratoria <p>1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de rodamientos.</p>


MESA GIRATORIA	<p>2. Realizar inspección visual a bancada verificando su correcta alineación con el resto de la estructura.</p> <p>2.1 De encontrar alguna anomalía, realizar ajuste.</p>
	<p>3. Realizar prueba operacional posicionador óptico.</p>
	<p>4. Realizar inspección del acoplamiento de la mesa verificando que la alineación, lubricación y ensamblaje sean adecuados.</p> <p>4.1 En caso de existir alguna anomalía reparar acoplamiento de la mesa.</p>
	<p>5. Realizar inspección visual a cuñas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no exista desgaste, fisuras, deformaciones o indicios de corrosión. <p>5.1 En caso de que las cuñas no se encuentren en condiciones adecuadas, reemplazarlas.</p>
PLATO	<p>1. Realizar análisis de vibraciones al plato.</p> <p>1.1 En caso de salir fuera de parámetros:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar lubricación, estado del anillo exterior, bolas, jaula y anillo exterior y acoplamiento de los rodamientos del plato. <p>1.2 En caso de encontrar alguna anomalía, realizar sustitución de elemento específico.</p>
	<p>2. Inspeccionar carro de cuchillo y realizar limpieza.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inspeccionar elementos obstructivos en el carro de cuchillo. <p>2.1 En caso de encontrar algún elemento obstructivo, realizar limpieza.</p>
Observaciones:	

PROCEDIMIENTO OPERATIVO ESTÁNDAR DE MANTENIMIENTO	
Sistema	Mandrinadora fresadora Tos Varnsdorf
Responsables	Jefe de mantención - Supervisor de mantención - Mecánico - Eléctrico
Frecuencia	Cada cuatro meses
Acciones preliminares	
1) Leer previamente este documento para tomar acciones necesarias y así efectuar de manera correcta cada tarea de mantención.	
2) Detener suministro eléctrico de la máquina	
3) Delimitar zona de trabajo y señalar que el equipo se encuentra en mantención.	
4) Tomar las medidas necesarias para contener posibles derrames de combustibles, aceite, entre otros. Utilizando bandejas anti derrame, paños absorbentes o cualquier otro dispositivo que cumpla con el objetivo.	
Sub Sistema	Procedimiento específico
HUSILLO DE TRABAJO	1. Realizar inspección a unidad de control. <ul style="list-style-type: none"> • Revisar conexiones y circuitos de la unidad de control. • Realizar limpieza y pruebas operacionales a las botoneras.
	2. Efectuar prueba operacional al temporizador. 2.1 En caso de que se encuentre en mal estado, sustituirlo.
	3. Efectuar inspección visual del husillo verificando que no exista flexión del husillo. 3.1 En caso de encontrar alguna anomalía, desmontar la pieza y enviar a rectificar.
	4. Medir voltaje y corriente del relé y conmutador.
	5. Inspeccionar motor eléctrico: <ul style="list-style-type: none"> • Verificar suministro de energía. • Medir voltaje y corriente de motor. • Revisar conexiones y terminales sueltos. 5.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir o ajustar elementos averiados o en mal estado.

CABEZAL	<p>1. Realizar inspección al eje sin fin verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones. 1.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas, sustituir.</p>
	<p>2. Realizar inspección a cadena de transmisión verificando los pasadores, la placa interior y exterior y los bujes de la cadena. 2.1 Verificar tensión de la cadena de transmisión. 2.2 Ajustar la cadena si no se encuentra correctamente tensada y en caso de encontrarse en mal estado sustituir la cadena.</p>
	<p>3. Inspeccionar láminas del selector de marchas verificando que no existan fisuras, corrosión, desgaste o deformaciones. 3.1 Realizar sustitución en caso de no encontrarse en condiciones adecuadas.</p>
	<p>4. Efectuar revisión del eje selector de marchas verificando que la alineación y ensamblaje sean adecuados. 4.1 En caso de existir alguna anomalía reparar acoplamiento del eje selector de marchas.</p>
	<p>5. Realizar inspección a engranajes del selector de marchas verificando lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo y deformaciones en los engranajes.</p>
MOTOR PRINCIPAL	1. Realizar chequeo de conexión de alimentación eléctrica.
	2. Medir voltaje y corriente del relé
	3. Revisar estado de transformador.
	4. Medir voltaje y corriente del motor.
	5. Efectuar inspección de bobina de motor principal.
	6. Realizar inspección al rotor.
	7. Verificar estado y tensión de la cadena de transmisión.
CAPTADOR PORTAHERRAMIENTA	<p>1. Realizar inspección a las esferas del captador portaherramientas verificando si tienen deformaciones o si se encuentran trabadas. 1.1 Realizar sustitución en caso de ser estrictamente necesario.</p>
	2. Efectuar chequeo a límite de carrera del captador portaherramientas.
	<p>3. Efectuar prueba operacional al temporizador. 3.1 En caso de que se encuentre en mal estado, sustituirlo.</p>

<p style="text-align: center;">CAPTADOR PORTAHERRAMIENTA</p>	<p>4. Inspeccionar motor del captador:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar suministro de energía. • Medir voltaje y corriente del motor. • Revisar conexiones y terminales sueltos. <p>4.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir o ajustar elementos averiados o en mal estado.</p>
	<p>5. Realizar chequeo a conectores de alimentación eléctrica del captador portaherramientas verificando que se encuentren en buen estado y bien acoplados.</p> <p>5.1 En caso de encontrarse en mal estado sustituirlos y en caso de encontrarse sueltos, ajustarlos.</p>
	<p>6. Efectuar inspección de aislación de la bobina del motor principal.</p>
	<p>7. Realizar inspección al alfiler:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar que no existan elementos obstructivos en el alfiler. • Verificar que no exista desgaste, fisuras, flexión o corrosión en el alfiler. <p>7.1 Realizar limpieza en caso encontrar algún elemento obstructivo y rectificar en caso de no encontrarse en condiciones óptimas.</p>
	<p style="text-align: center;">MESA GIRATORIA</p>
<p>2. Realizar inspección a cadena de transmisión verificando los pasadores, la placa interior y exterior y los bujes de la cadena.</p> <p>2.1 Verificar tensión de la cadena de transmisión.</p> <p>2.2 Ajustar la cadena si no se encuentra correctamente tensada y en caso de encontrarse en mal estado sustituir la cadena.</p>	
<p>3. Realizar inspección al eje sin fin verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones.</p> <p>3.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas, sustituir.</p>	
<p>4. Realizar inspección en engranajes del cabezal</p> <ul style="list-style-type: none"> • Verificar lubricación, estado de los dientes de engranajes, fisuras, diámetro del cubo, deformaciones y acoplamiento en engranajes del cabezal. <p>4.1 En caso de no encontrarse en condiciones óptimas, sustituir engranajes.</p>	
<p>5. Revisar estado de cremallera y piñón verificando desgaste, fisura o rotura de las piezas.</p> <p>5.1 En caso de encontrar alguna anomalía, sustituir piezas.</p>	
<p>6. Efectuar chequeo y ajuste de chavetas y /o pasadores.</p>	

PLATO	1. Realizar inspección al eje sin fin de carro de cuchillo verificando que no existan desgaste, fisuras o deformaciones. 1.1 En caso de no encontrarse en condiciones adecuadas realizar sustitución.
	2. Efectuar inspección de regleta verificando su ajuste.
Observaciones:	

	ORDEN DE TRABAJO		
	Documento N°: DC-01	Fecha vigencia:	Modificación N°:
Aplicable a: ASMAR VALPARAÍSO			

Equipo:
Código:

Tipo de mantenimiento:	
Fecha de ejecución:	
Tiempo aproximado de ejecución	

Personal de apoyo

Materiales / Insumos

--

Descripción del trabajo/ Procedimiento

--

Observaciones

Revisado por:

Aprobado por:

	BITÁCORA DE MANTENIMIENTO		
	Documento N°: DC-02	Fecha vigencia:	Modificación N°:
Aplicable a: ASMAR VALPARAÍSO			

Equipo:
Código:


Fecha de ejecución:
Tipo de mantenimiento

Descripción trabajo realizado	Hora
Termino	
Materiales y repuestos utilizados	

Observaciones

Nombre y firma especialista

Nombre y firma supervisor

	CONTROL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
	Documento N°: DC-03	Fecha vigencia:	Modificación N°:
Aplicable a: ASMAR VALPARAÍSO			

Equipo _____ Fecha _____
 Código _____ Próxima mantención a realizar _____

Frecuencia de
mantención _____

Sub sistema	¿Se pudo realizar la mantención ?		Hora (inicio-termino)	Observaciones/ Mejoras	¿Es correcto funcionamiento?	
	Si	No			Si	No
Husillo de trabajo						
Cabezal						
Motor principal						
Captador portaherramienta						
Mesa giratoria						
Plato						

Observaciones


Situación final del equipo

Operativo

No operativo

Nombre y firma de
especialista

Nombre y firma de supervisor de
mantención

	FORMULARIO DE RECEPCIÓN CONFORME		
	Documento N°: DC-04	Fecha vigencia:	Modificación N°:
Aplicable a: ASMAR VALPARAÍSO			

Equipo _____ Fecha _____
 Código _____

Sub sistema	Recepcionó conforme los trabajos en:		Observaciones específicas:
	Si	No	
Husillo de trabajo			
Cabezal			
Motor principal			
Captador portaherramienta			
Mesa giratoria			
Plato			

Observaciones generales:

Nombre y firma de supervisor taller

9. Registros

Código	Nombre de documento	Responsable a cargo
–	Procedimiento operativo estándar de mantenimiento	Supervisor de mantención
DC-01	Orden de trabajo	Preparador de mantención
DC-02	Bitácora de mantenimiento	Preparador de mantención
DC-03	Control de mantenimiento preventivo	Supervisor de mantención
DC-04	Formulario de recepción conforme	Supervisor de mantención

10. Control de cambios

N°	REFERENCIA Número de memo que respalda el cambio	PÁGINA(S) AFECTADA (S) Número de la(s) páginas afectadas	FECHA Fecha de cambio	FIRMA