



Universidad Austral de Chile

Escuela de Ingeniería Civil Industrial

Sede Puerto Montt

PROFESOR PATROCINANTE:
MBA JOHNNY BLANC SPERBERG
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL INDUSTRIAL

**DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LA FLOTA
NAVIERA DE LA EMPRESA FRASAL S.A., PUERTO MONTT, CHILE.**

Trabajo de Titulación
para optar
al título de **Ingeniero Civil Industrial**

VALENTINA ALEJANDRA SOTO GONZÁLEZ

PUERTO MONTT – CHILE
2016

*A mi familia, por darme la fortaleza y apoyo incondicional para
cumplir mis metas en cada etapa de mi vida.*

Agradecimientos

A mi familia por entregarme el apoyo y la fuerza necesaria en cada etapa importante de mi vida y de mi carrera profesional,

A mi hija por ser el principal incentivo para lograr todas mis metas propuestas con éxito,

A los docentes por formarme profesionalmente y por entregarme las herramientas para enfrentarme al mundo laboral,

A la empresa por abrirme las puertas, confiar en mis capacidades y entregarme la oportunidad de aprender y crecer profesionalmente,

A Dios por ponerme en este maravilloso camino, por guiarme en mis decisiones y por poner gente hermosa a mi lado.

Sumario

Compañía Naviera Frasal S.A. es una de las empresas navieras más reconocidas de la región, contando con una amplia variedad de servicios como el transporte de cosecha, de smolt, de alimentos, cabotaje, buceo profesional y transporte de carga en general, y teniendo como clientes a importantes empresas del rubro salmonero como Ventisqueros, Salmones Austral, Camanchaca, Blumar, Fiordo Austral, entre otros.

Para llevar a cabo sus servicios, la empresa cuenta con una flota compuesta por 20 embarcaciones, de distintas capacidades y para distintos fines.

Uno de los principales problemas de la empresa radica en el enfoque del mantenimiento, ya que actualmente consiste principalmente en la realización de acciones correctivas, es decir en reparar fallos y averías una vez producidas, generando paradas imprevistas que dificultan la operación y que afectan directamente a la calidad del servicio prestado.

Es por esto que el presente trabajo de titulación se centra en diseñar un Plan de Mantenimiento para el área de mantención de la empresa, que consiste en la elaboración de un programa utilizando la herramienta Macros de Excel, para la aplicación, registro y control de todas las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos de las embarcaciones.

De esta forma se tendrá un mayor rendimiento de la flota, ya que al aplicar de forma correcta y oportuna los mantenimientos adecuados para cada equipo presente en las embarcaciones se disminuirán el número de paradas y aumentará la disponibilidad y operatividad de las motonaves, evitando así pérdidas de servicios.

Para ello fue necesario realizar un análisis de la situación actual de la empresa, determinando las fallas menores recurrentes y realizando una propuesta de solución para cada una de ellas; la actualización de la información técnica de las embarcaciones, incluyendo información relevante para la aplicación del mantenimiento en sus respectivas fichas técnicas, la actualización del inventario de insumos y repuestos, elaborando un listado de aquellos que son críticos para la operación por medio de una Categorización ABC y definiendo a su vez un stock de seguridad, el cual será controlado por medio de un Sistema de Gestión de Inventario programado a través de la herramienta Macros en Excel; la Detección de Necesidades de Capacitación, por medio de la aplicación de una encuesta de DNC y la actualización de las Descripciones de Responsabilidad del personal de taller; y finalmente la elaboración del Plan de Mantenimiento, realizando un análisis de las actividades de mantención y las respectivas frecuencias de cada uno de los equipos presentes en las embarcaciones, obtenido de los manuales de operación y mantenimiento de los fabricantes, y de la experiencia y conocimiento del equipo técnico del área.

Índice de Contenidos:

1. Antecedentes Generales:	1
1.1. Introducción	1
1.2. Descripción de la Empresa:	2
1.2.1. Misión:	2
1.2.2. Visión:	2
1.2.3. Valores:	2
1.2.4. Organización:	3
1.2.5. Servicios:	4
1.3. Planteamiento del Problema	5
1.4. Objetivos:	6
1.4.1. Objetivo General:	6
1.4.2. Objetivos Específicos:	6
2. Marco Teórico	7
2.1 Concepto de Mantenimiento	8
2.2. Evolución del Mantenimiento	8
2.2.1. Primera Generación	8
2.2.2. Segunda Generación	9
2.2.3. Tercera Generación	10
2.2.4. Cuarta Generación	10
2.3. Función del Mantenimiento	11
2.4. Objetivo del Mantenimiento	13
2.5. Tipos de Mantenimiento	15
2.5.1. Mantenimiento Correctivo	15
2.5.2. Mantenimiento Preventivo	18
2.5.3. Mantenimiento Predictivo	22
2.5.4. Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)	28
2.5.5. Mantenimiento en Uso	28
2.6. Mantenimiento Productivo Total TPM	28
2.7. Control de inventario en Mantenimiento	39
2.7.1. Tipos de inventario en Mantenimiento:	39
2.7.2. Clasificación ABC para control de inventario de Mantenimiento:	39
2.7.3. Políticas de control para los artículos de clasificación A, B y C.	40
2.8. Mantenimiento de Buques	40
2.9. Fallas y Averías de los Sistemas	43

- Fallas Tempranas:.....	43
- Fallas Adultas:.....	43
- Fallas Tardías:.....	43
2.10. Método de Análisis de Averías:	47
2.11. Clasificación de los Equipos	52
2.12. Beneficio del Mantenimiento	54
3. Diseño Metodológico:.....	55
3.1. Diagrama Diseño Metodológico:.....	55
3.2. Descripción de Actividades:.....	58
3.2.1. Etapa 1: Analizar la Situación Actual de las Embarcaciones.	58
3.2.2. Etapa 2: Actualizar la Información Técnica de las Embarcaciones	59
3.2.3. Etapa 3: Elaborar un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico de materiales e insumos.....	63
3.2.4. Etapa 4: Detectar Necesidades de Capacitaciones.	64
3.2.5. Etapa 5: Elaboración Programa de Mantenimiento.....	70
4. Resultados:.....	71
4.1. Etapa 1: Analizar la Situación Actual de las Embarcaciones.	71
4.2. Etapa 2: Actualización de la Información Técnica Embarcaciones.	73
4.3. Etapa 3: Elaborar un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico de insumos y repuestos.	78
4.4. Etapa 4: Detección de Necesidades de Capacitaciones.	92
4.5. Etapa 5: Elaboración Programa de Mantenimiento.	107
5. Conclusiones.....	125
6. Recomendaciones:.....	127
7. Bibliografía y Linkografía:.....	128
8. Anexos:.....	130

Índice de Figuras:

Figura N° 1.1: Organigrama Compañía Naviera Frasal	3
Figura N° 2. 1: Mapa Mental Marco Teórico	7
Figura N° 2. 2: Evolución del Mantenimiento.	11
Figura N° 2. 3: Gráfica capacidad de detección vs. Nivel de daño de herramientas sintomáticas.	27
Figura N° 2. 4: Estructura moderna del TPM	31
Figura N° 2. 5: Las 5S	32
Figura N° 2. 6: Resumen de la técnica 5S	33
Figura N° 2. 7: Categorías del Mantenimiento Preventivo	35
Figura N° 2. 8: Tipos de Fallos y sus Soluciones.....	44
Figura N° 2. 9: Curva de Weibull. Característica de periodos de vida y contramedidas de averías.	45
Figura N° 2. 10: Relaciones entre medidas contra averías.	47
Figura N° 2. 11: Clasificación Equipos Navieros.....	53
Figura N° 3. 1: Diagrama Diseño Metodológico.....	57
Figura N° 3. 2: Formato Ficha Técnica Embarcaciones.	62
Figura N° 3. 3: Formato Descripciones de Responsabilidad.	67
Figura N° 3. 4: Formato Encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación.....	68
Figura N° 4. 1: Ficha Técnica MN Orca.	77
Figura N° 4. 2: Hoja Almacenamiento de Ingresos.	85
Figura N° 4. 3: Hoja de Almacenamiento de Salidas.	86
Figura N° 4. 4: Hoja de Almacenamiento de Inventario.	86
Figura N° 4. 5: Formulario de Inicio.	87
Figura N° 4. 6: Formulario de Ingresos.	88
Figura N° 4. 7: Formulario de Egresos.....	88
Figura N° 4. 8: Formulario de Búsqueda de Ingresos.....	89
Figura N° 4. 9: Formulario Búsqueda de Egresos.	89
Figura N° 4. 10: Formulario de Búsqueda de Inventario.....	90
Figura N° 4. 11: Gráfica: Conocimientos específicos que necesitaría desarrollar.....	99
Figura N° 4. 12: Gráfica: Área en donde debería capacitarse.	100
Figura N° 4. 13: Gráfica: Área en donde debería capacitarse sus pares.	101
Figura N° 4. 14: Gráfica: Área en donde deberían capacitarse sus superiores.	102
Figura N° 4. 15: Gráfica: Área en donde le gustaría capacitarse.	103
Figura N° 4. 16: Gráfica: Necesidades de Capacitación.....	105
Figura N° 4. 17: Formulario "Inicio" Plan de Mantenimiento Frasal.....	113
Figura N° 4. 18: Formulario Ingreso Horómetros equipos principales.....	114
Figura N° 4. 19: Base de datos almacenamiento Horómetros MN "Orca".	115

Figura N° 4. 20: Alarmas de ingreso Horómetros Plan de Mantenimiento Frasal.	115
Figura N° 4. 21: Formulario de selección Embarcación para Cambio de Filtros y Aceites.	116
Figura N° 4. 22: Formulario horas restantes Cambio de Aceites y Filtros.	117
Figura N° 4. 23: Formulario ingreso Horómetros de Entrega de Filtros y Aceite.	118
Figura N° 4. 24: Formulario horas restantes Overhaul.	119
Figura N° 4. 25: Formulario ingreso Horómetro Overhaul.	119
Figura N° 4. 26: Formulario Check List Mantenimiento Diario equipos principales.	120
Figura N° 4. 27: Base de datos Mantenimientos diarios equipos principales.	121
Figura N° 4. 28: Formulario días restantes Mantenimientos Equipos Auxiliares.	122
Figura N° 4. 29: Formulario ingreso fecha de mantenimiento Equipos Auxiliares.	123
Figura N° 4. 30: Formulario días restantes Mantenimientos Equipos Principales.	123
Figura N° 4. 31: Formulario ingreso fecha y horómetro de mantenimiento Equipos Principales.	124

Índice de Tablas:

Tabla N° 2. 1. Técnicas de supervisión de la condición eléctrica para equipos específicos.	26
Tabla N° 2. 2: Ejemplo tabla Análisis Modal de Fallos y Efectos.	51
Tabla N° 2. 3: Coeficientes de frecuencia en el AMFE de medios.	51
Tabla N° 2. 4: Coeficientes de gravedad en el AMFE de medios.	52
Tabla N° 2. 5: Coeficientes de detección en el AMFE de medios.	52
Tabla N° 4. 1: Método Sistemático de Análisis de Averías.	71
Tabla N° 4. 2: Numeral de Equipo y Sistemas de Amarre y Fondeo Embarcaciones.	74
Tabla N° 4. 3: Inventario de Repuestos e Insumos Bodega de Mantenición.	78
Tabla N° 4. 4: Cuadro Resumen Categorización ABC	81
Tabla N° 4. 5: Stock Crítico Insumos Categoría "A"	82
Tabla N° 4. 6: Clasificación Equipos Embarcaciones.	83
Tabla N° 4. 7: Inventario Insumos y Repuestos con Stock Crítico.	91
Tabla N° 4. 8: Tabla de puntajes para matriz de ponderación.	98
Tabla N° 4. 9: Matriz de Ponderación: Conocimientos específicos que necesitaría desarrollar.	98
Tabla N° 4. 10: Matriz de Ponderación: Área en donde debería capacitarse.	99
Tabla N° 4. 11: Matriz de ponderación: Área en donde debería capacitarse sus pares.	100
Tabla N° 4. 12: Matriz de ponderación: Área en donde deberían capacitarse sus superiores.	101
Tabla N° 4. 13: Matriz de ponderación: Área en donde le gustaría capacitarse.	102
Tabla N° 4. 14: Cuadro Resumen Necesidades de Capacitación.	104
Tabla N° 4. 15: Actividades Mantenimiento Autónomo MN "Orca"	107
Tabla N° 4. 16: Actividades Mantenimiento Preventivo Motores Principales MN "Orca".	108
Tabla N° 4. 17: Actividades Mantenimiento Preventivo Generadores MN "Orca".	109
Tabla N° 4. 18: Actividades de Mantenimiento Preventivo Cajas de Transmisión MN "Orca".	110
Tabla N° 4. 19: Actividades de Mantenimiento Preventivo Equipos Auxiliares MN "Orca".	111
Tabla N° 4. 20: Actividades de Mantenimiento Predictivo equipos MN "Orca".	112
Tabla N° 4. 21: Frecuencias Overhaul equipos principales MN "Orca".	112

Índice de Anexos:

Anexo N° 1: Formato Check List Revista de Cargo.	130
Anexo N° 2: Formato Informe Quincenal de Máquinas.	134
Anexo N° 3: Formato Pedimento de Máquinas.	137
Anexo N° 4: Descripción de Responsabilidad: Asistente de Equipos de Smolt.	138
Anexo N° 5: Descripción de Responsabilidad: Encargado de Equipos de Smolt.	140
Anexo N° 6: Descripción de Responsabilidad: Gerente de Mantención.	142

1. Antecedentes Generales:

1.1. Introducción

Actualmente, la competitividad de las empresas, debido a la tendencia de la economía mundial y la globalización de los mercados, ha aumentado considerablemente. Es por esto que las organizaciones deben adoptar nuevas estrategias que les permitan enfrentarse con herramientas sólidas ante este nuevo entorno. Pero esto no solo involucra la inversión en nuevos equipos o instalaciones para aumentar la productividad, sino más bien en el uso eficaz de las instalaciones existentes, para lo cual es necesario contar con un adecuado control de mantenimiento, para evitar averías, defectos, accidentes laborales y así mejorar el funcionamiento de la empresa.

El mantenimiento, según García (2009) es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo rendimiento.

El mantenimiento ha sufrido una importante evolución a lo largo de los años, pero a pesar de esto aún existen empresas que realizan acciones correctivas, dedicando gran parte de su esfuerzo a solucionar las fallas que se producen en los equipos. Muchas de ellas aún creen que la gestión del mantenimiento, la implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), Mantenimiento basado en Fiabilidad (RCM), o incluso la simple elaboración de un plan de mantenimiento programado son conceptos muy interesantes en el campo teórico, pero que en la realidad no son aplicables, esto debido a que para ellos la urgencia de las reparaciones es la que marca y marcará siempre las pautas a seguir en el departamento de mantenimiento (Ingeniería del Mantenimiento, 2009).

El objetivo del mantenimiento no es reparar urgentemente las averías que surjan, los objetivos que deben marcar y dirigir su trabajo son cumplir con un valor determinado de disponibilidad, cumplir con un valor determinado de fiabilidad, asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto y conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado.

Esta problemática de enfoque hacia el mantenimiento está presente en una importante cantidad de empresas, entre ellas la empresa naviera Frasal SA.

Es por esto que el siguiente trabajo de título consiste en realizar un diseño de un plan de mantenimiento para la flota naviera de la empresa Frasal S.A., para lo cual se comenzará por analizar la situación actual en la que se encuentra la organización en cuanto al tipo y formas de mantenimiento realizados, actualizar la información técnica de sus embarcaciones, elaborar un sistema de gestión de inventario para el correcto manejo del stock de repuestos e insumos y generar una propuesta de cursos de capacitación para el personal a cargo del mantenimiento, para que de esta forma puedan cumplir de mejor forma con sus actividades laborales.

1.2. Descripción de la Empresa:

Compañía Naviera Frasal S.A. es una empresa que nace en el año 2005 de la fusión de dos grandes compañías, Framar S.A. y Saltek S.A., que a través de una alianza estratégica a largo plazo, lograron unir más de 25 años de experiencia en prestaciones marítimas, transformándose en un gigante del rubro dentro de la industria acuícola.

1.2.1. Misión:

“Somos una empresa naviera dedicada al transporte marítimo de los diversos servicios que contribuyen a la producción de salmones en el sur de Chile; para ello nos encargamos de prestar servicios de alta calidad según estándares y normativas exigidas para el desarrollo de esta industria. Para mantener una rentabilidad sustentable, nos preocupamos por trabajar en forma segura, amigable con el medio ambiente, desarrollando relaciones de respeto y confianza con nuestros clientes, empleados y todas las personas involucradas en nuestro quehacer cotidiano”. Compañía Naviera Frasal (2016).

1.2.2. Visión:

“Ser una empresa líder en la prestación de servicios marítimos, reconocidos por la alta calidad, diversidad y eficiencia de nuestros procesos, con sólidos principios que sustenten relaciones de confianza con nuestros clientes, empleados y autoridad, operando de forma responsable y coherente con las necesidades del entorno social y ambiental para promover la sustentabilidad y desarrollo del negocio”. Compañía Naviera Frasal (2016)

1.2.3. Valores:

Según Compañía Naviera Frasal (2016), sus valores corporativos son:

- Compromiso
- Respeto
- Responsabilidad
- Superación
- Honestidad

1.2.4. Organización:

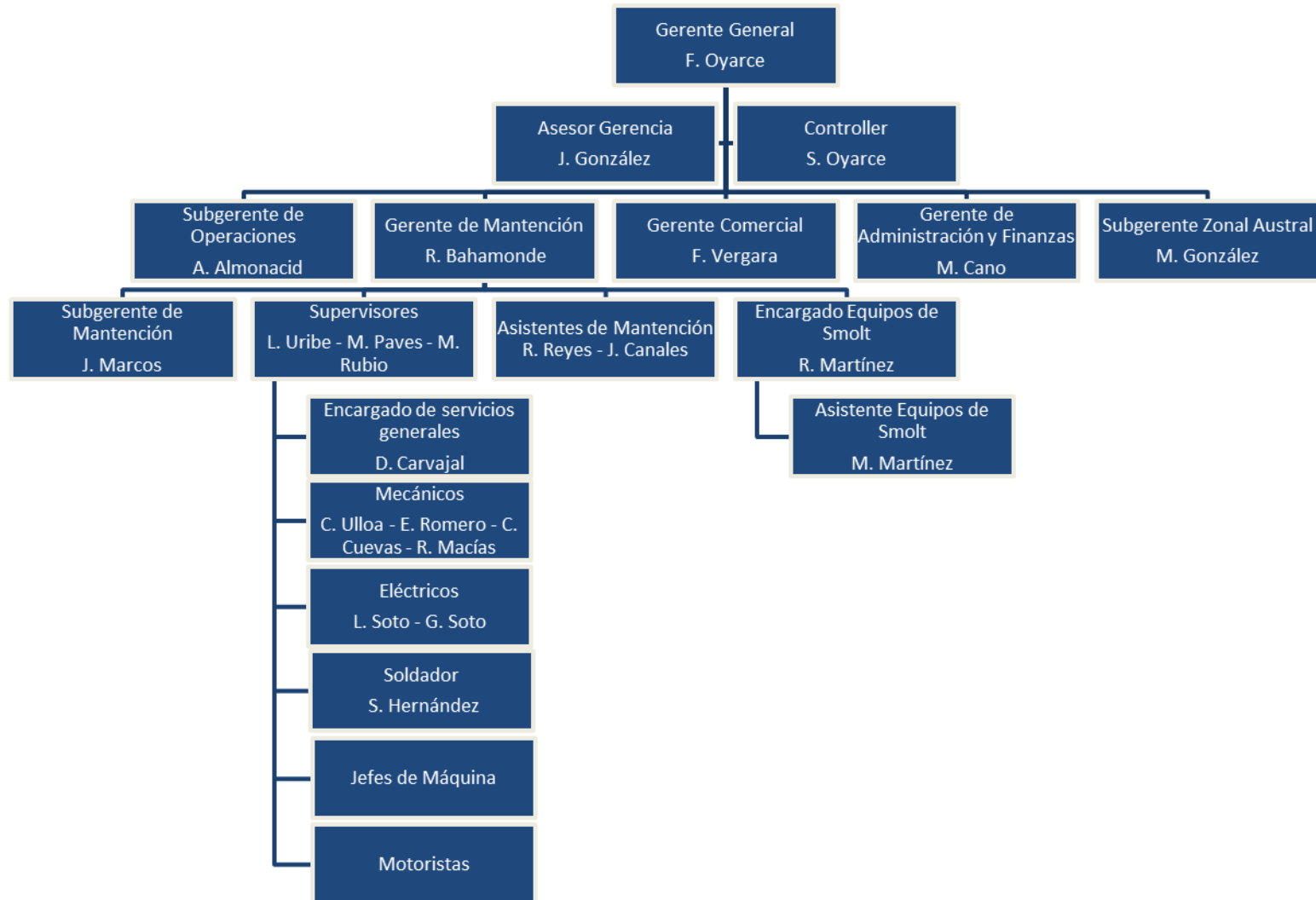


Figura N° 1.1: Organigrama Compañía Naviera Frasal.

Fuente: Elaboración Propia.

1.2.5. Servicios:

Compañía Naviera Frasal S.A. cuenta con una amplia gama de servicios de transporte marítimo, entre los cuales se encuentran:

a) Transporte de Smolt: Es uno de los principales servicios que presta la compañía. Debido a la importancia de ésta etapa en la cadena productiva del salmón, es que se ha invertido e innovado en tecnologías y otros recursos, para brindar un servicio de alta calidad y altos estándares de bioseguridad para los peces y el medio ambiente. Para este fin, la empresa cuenta con embarcaciones tipo motonaves equipados con estanques sobre cubierta de fibra de vidrio o polipropileno de alta densidad, o bien con bodegas aisladas bajo cubierta, ambos con recirculación de agua. Además, todas las naves poseen equipos de filtrado y desinfección de agua mediante filtros mecánicos y radiación UV respectivamente.

b) Cosecha: Frasal cuenta con naves multipropósito equipadas con bodegas aisladas bajo cubierta, para el transporte de cosecha muerta o viva. Para el transporte de cosecha muerta se utiliza el sistema canadiense, que consiste en el transporte de peces muertos desangrados en bodegas con agua refrigerada a $-1,5^{\circ}\text{C}$. Para ello, cada embarcación cuenta con una planta de refrigeración autónoma de agua, la cual recircula desde la planta hacia las bodegas y viceversa dentro de un circuito totalmente cerrado, sin ningún tipo de emisión de residuos al medio. La descarga de las bodegas se realiza mediante presurizado de bodegas o con bomba de peces externa.

c) Cabotaje: Las embarcaciones están diseñadas para transportar insumos varios tales como rodados, muertos, alimento, bins, etc. con el propósito de abastecer las distintas área y lugares donde se realizan faenas marítimas en la X a XII región.

d) Buceo Profesional: Ésta actividad involucra la instalación y recambio de mallas loberas y peceras, extracción de mortalidad, faenas de fondeo y mantención de centros de cultivos en general, considerando para esto equipos de buceo de primer nivel, personal capacitado y experiencia para satisfacer las necesidades de los clientes.

e) Transporte de alimento: La empresa actualmente dispone de embarcaciones exclusivas para este fin, con gran capacidad de tonelaje en bodega, que cuentan con un adecuado y seguro movimiento de este tipo de carga hacia su destino.

f) Multipropósito: La compañía cuenta con naves que realizan diversos servicios para la mantención de los centros de cultivo, las cuales apoyan el buceo profesional, instalación y recambio de mallas, loberas y peceras, extracción de mortalidad, fondeo, con equipos de última generación, personal competente y con vasta experiencia en la industria salmonera.

1.3. Planteamiento del Problema

La problemática detectada en la empresa naviera Frasal S.A. es que poseen ciertas irregularidades en la aplicación del mantenimiento preventivo por falta de un plan riguroso que se pueda aplicar a la Flota. Además no existen protocolos definidos para realizar las pruebas y ensayos de los equipos, por lo que los registros generados no permiten realizar un control adecuado de las mantenciones. La forma de operar habitual del área de mantenimiento de la empresa es realizar acciones correctivas una vez que ocurren las fallas, provocando que la maquinaria no presente un desempeño óptimo, que se pueda acortar su periodo de vida útil, que se generen gastos innecesarios y la pérdida de servicios o ventas.

Por otro lado, es necesario destacar que los Perfiles de Responsabilidad de la organización no se encuentran actualizados y algunos de ellos incluso no están definidos, por lo que muchas veces los trabajadores no tienen la claridad de todas las tareas que deben realizar y las responsabilidades que deben asumir. Esto también involucra una falta de competencias en el personal en ciertas áreas, ya que no se ha podido identificar con claridad la necesidad de capacitación del capital humano.

El equipo técnico de mantención juega un rol fundamental en las organizaciones, pero para realizar su labor de forma óptima es importante conocer en detalle las tareas que deben realizarse, tener un catálogo de especificaciones técnicas de los equipos, de los repuestos e insumos críticos y contar con un programa para realizar los mantenimientos preventivos, ninguna de las cuales posee la empresa.

Es fundamental implementar un sistema de gestión de mantenimiento para controlar los elevados costos de realizar mantenimientos correctivos, para reducir el tiempo ocioso de la flota producto de los paros por averías, para disminuir el tiempo de fuera de servicio de las embarcaciones por reparaciones y de esta manera asegurar la disponibilidad de las mismas, que actualmente bordea en promedio el 83%, evitando posibles pérdidas de clientes por incumplimientos de contratos.

Por esta razón, el objetivo principal de este trabajo es diseñar un Plan de Mantenimiento para mejorar la gestión del mantenimiento de la Flota y disminuir al máximo el número de averías o fallas producidas.

Pero, ¿cómo lograr diseñar el Plan de Mantenimiento adecuado a realizar en los equipos de las embarcaciones de la naviera?

La importancia de este trabajo se centra en responder esta interrogante, por medio de la utilización de herramientas ingenieriles y del estudio en profundidad de la organización, para realizar un aporte a los procesos que contribuyan al crecimiento de la empresa.

1.4. Objetivos:

1.4.1. Objetivo General:

Diseñar un Programa de Mantenimiento a través de la evaluación del sistema actual de mantenimiento y del equipamiento, para generar un plan efectivo y eficiente, y optimizar el uso de la Flota naviera de la empresa Frasal S.A., Puerto Montt, Chile.

1.4.2. Objetivos Específicos:

- 1.- Analizar la situación actual de la empresa, a través de entrevistas con la Gerencia del Área de Mantención, con los operadores y mantenedores de los equipos, y por medio del estudio de registros de operación y mantención, para la elaboración de un análisis de brecha.
- 2.- Actualizar las fichas técnicas de las Motonaves, a través de la comparación de la información existente con la entregada por los fabricantes de los equipos y los operarios respectivos, para generar un inventario de los repuestos e insumos críticos.
- 3.- Crear un sistema de gestión de inventario y una base de datos de materiales e insumos críticos, a través del análisis del Promedio de Permanencia en Bodega de cada uno de ellos, y seleccionados por medio de la herramienta diagrama de Pareto, para definir un stock crítico permanente de ellos en bodega de mantención.
- 4.- Detectar necesidades de capacitaciones para el personal de mantenimiento, a través de la aplicación de una encuesta y del análisis de las descripciones de cargo, para generar una propuesta de cursos a realizar.
- 5.- Establecer un Programa de Mantenimiento Preventivo y Predictivo, a través del análisis de las fichas técnicas y de la situación actual de los equipos, utilizando la herramienta Macros de Excel por medio del Editor de Visual Basic, para mejorar el rendimiento de la Flota de la Compañía Naviera Frasal S.A.

2. Marco Teórico

En el siguiente apartado se aborda una serie de temas y conceptos que servirán como base teórica para el desarrollo y entendimiento de esta investigación, los cuales se resumen en el siguiente mapa mental:

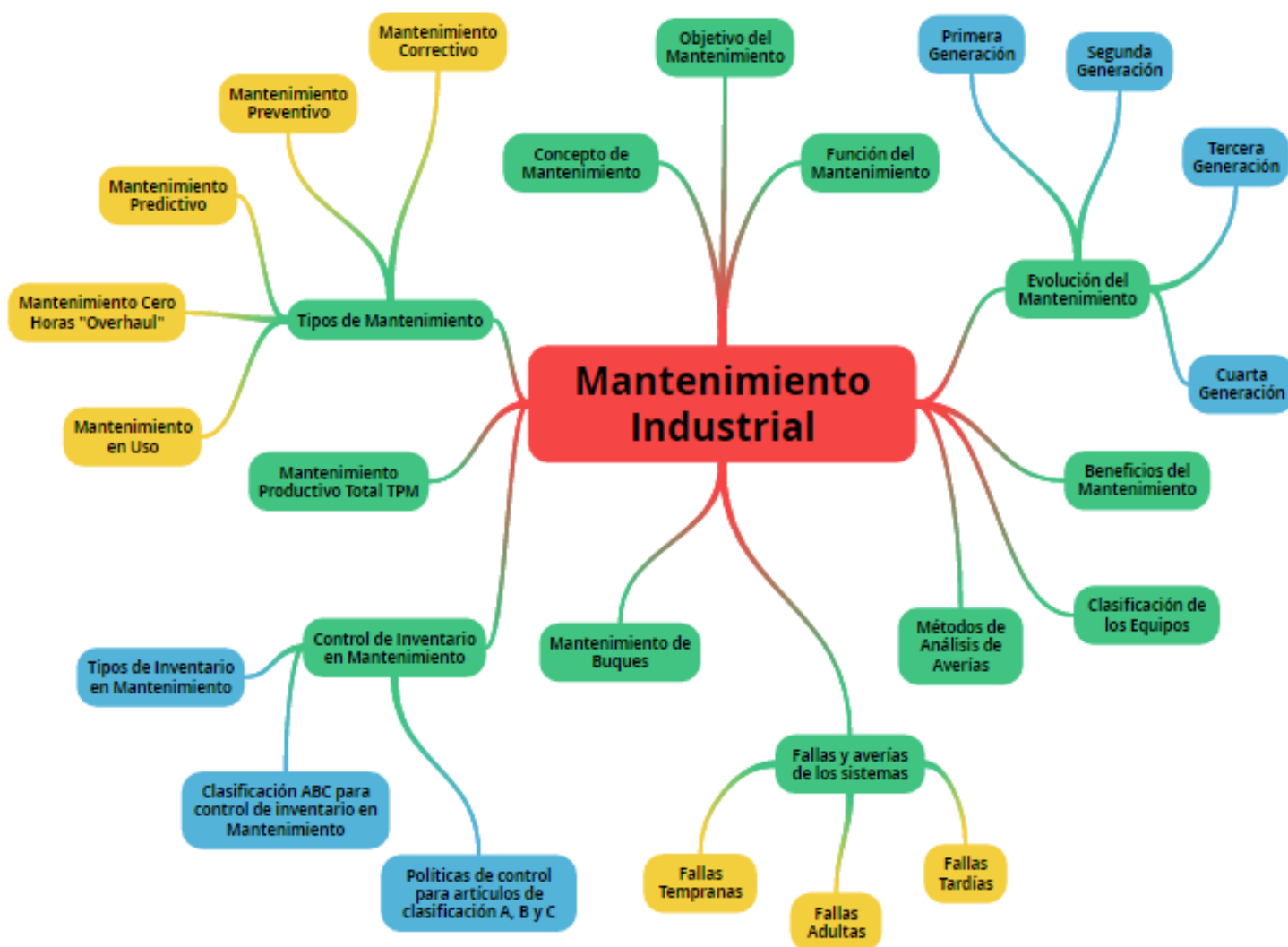


Figura N° 2. 1: Mapa Mental Marco Teórico

Fuente: Elaboración Propia.

2.1. Concepto de Mantenimiento

El mantenimiento, según García (2009), es el conjunto de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones industriales en servicio durante el mayor tiempo posible y con el máximo de rendimiento. También es definido por Díaz (2010) como la función empresarial a la que se encomienda el control del estado de las instalaciones de todo tipo, tanto productivas como las auxiliares y de servicios. En este sentido se puede establecer que el mantenimiento es el conjunto de acciones necesarias para conservar o reestablecer un sistema en un estado que permita garantizar su funcionamiento a un coste mínimo.

2.2. Evolución del Mantenimiento

El término “Mantenimiento” comenzó a usarse en la industria en EEUU en el año 1950. Desde allí ha ido evolucionando desde la simple función de arreglar y reparar los equipos para asegurar la producción, técnica conocida como conservación, hasta la concepción actual del mantenimiento con funciones de prevenir, corregir y revisar los equipos a fin de optimizar los costos globales.

Muchos autores han convenido que la evolución del mantenimiento durante el siglo XX se divide en tres grandes etapas, aunque no se tiene claridad de una frontera entre ellas desde el punto de vista temporal, esto debido a que cada sector de la industria ha ido evolucionando de forma diferente, como por ejemplo, la aeronáutica ha ido siempre muy por delante del sector industrial, naval y ferroviario. Estas etapas se denominan Primera, Segunda y Tercera generación respectivamente, como se muestra a continuación:

2.2.1. Primera Generación

Según González (2005), ésta primera etapa surge entre los años 1930 y 1950, y en donde la mayoría de las actividades de mantenimiento se ceñían a reparar aquello que se averiaba y a periodos de reengrases, lubricaciones y limpiezas. También Rey (2001) indica que la organización y planificación en este periodo eran mínimas debido a que se trataba de una industria que no estaba muy mecanizada y las paradas de los equipos productivos no tenían demasiada importancia al tratarse de maquinaria sencilla y fiable, y por ende, de muy fácil reparación.

Por otro lado, Díaz (2010), indica que corresponde a la etapa más larga, comenzando en la revolución industrial y prolongándose hasta después de la Segunda Guerra Mundial, aunque todavía impera en muchas industrias. En este periodo, con la creación de las primeras máquinas se iniciaron los trabajos de reparación, y de igual manera surgieron los conceptos de competitividad y costos. Además se empezó a tener en cuenta el término de falla y de que ésta producía paros en la producción. La

necesidad de empezar a controlar estas fallas dio lugar a la aparición de las primeras estadísticas sobre tasas de fallas en motores y equipos de aviación.

La mayoría de las fallas que se presentaban eran el resultado de los abusos o de los grandes esfuerzos a los que eran sometidas las máquinas. En ese entonces, el mantenimiento se ocupaba sólo de arreglar las averías, cuando era imposible seguir ocupando los equipos, lo que se conoce como Mantenimiento Correctivo.

En este periodo, según lo expuesto por Arata y Furlanetto (2005), la industria no estaba altamente mecanizada, luego la indisponibilidad no importaba y la prioridad de prevención de fallas era baja. Además, la exigencia de esfuerzos mecánicos era muy baja y generalmente con factores de seguridad altos. Lo anterior hacía los equipos confiables y las rutinas de mantenimiento estaban generalmente basadas en limpieza y rutinas de lubricación, por lo que no requerían de mano de obra especializada.

2.2.2. Segunda Generación

Luego de la Segunda Guerra Mundial, un grupo de ingenieros japoneses iniciaron un nuevo concepto en mantenimiento que simplemente seguía las recomendaciones de los fabricantes de los equipos acerca de los cuidados que se debían tener en la operación y mantenimiento de máquinas y sus dispositivos. González (2005) afirma que esta etapa intenta satisfacer algunos objetivos como obtener una mayor disponibilidad de la planta, una mayor duración de los equipos y fiabilidad, y costos más bajos para lo cual se ponen en marcha sistemas de mantenimiento preventivo basados en revisiones cíclicas a los equipos e instalaciones y medios en general. La optimización de este mantenimiento de Segunda Generación, basado por tanto en mantenimientos preventivos rutinarios y mantenimiento correctivo, se fundamenta en avanzados sistemas de planificación de actividades y de control de los trabajos realizados.

También Díaz (2010) indica que en este periodo se descubre la relación entre la edad de los equipos y su probabilidad de fallo. Esta nueva tendencia se denominó Mantenimiento Preventivo.

Además, en este periodo según Arata y Furlanetto (2005), se incrementó el requerimiento de bienes, conjuntamente con una disminución de la mano de obra disponible, lo que motivó la mecanización. A fines de los años '50, existían máquinas de todo tipo y cada vez más complejas que perduran hasta estos días. Como características de este periodo, según lo mencionado por el autor, el interés por la disponibilidad aumentó, al igual que el costo de los equipos; se inició el concepto del Mantenimiento Preventivo con Overhaul a intervalos fijos, lo que generó el concepto de Plan de Mantenimiento.

2.2.3. Tercera Generación

Según Arata y Furlanetto (2005), este periodo comienza a mediados de los '70 basado en las altas expectativas del mercado ante la creciente competencia. En esta época, adquiere gran importancia la disponibilidad, las fallas se hacen más complejas por la complejidad de la tecnología y la optimización de las máquinas. Se optimizan además otros conceptos, como los suministros basados en abastecimiento Just in Time (JIT). El concepto de disponibilidad comienza a ser un concepto clave en industrias como salud y comunicaciones. Aparece la obligatoriedad de mejorar el mantenimiento, acompañado de nuevas técnicas como Mantenimiento Productivo Total (TPM) y Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM).

A principio de los años 80, como lo indica Díaz (2010) se comienzan a realizar estudios Causa-Efecto para averiguar el origen de los problemas. Esta detección precoz de síntomas incipientes para actuar antes de que las consecuencias sean inadmisibles se llamó Mantenimiento Predictivo. Por otro lado, también se comienza a hacer partícipe al área de Producción de la detección de fallos.

González (2005) explica en sus apartados que este mantenimiento fundamenta sus objetivos en los tres anteriormente expuestos (fiabilidad, disponibilidad y costes) pero aborda complementariamente otros aspectos como la seguridad, la calidad de los servicios, la protección del medio ambiente.

Las primeras tres generaciones aquí mencionadas y descritas por muchos autores, si bien es cierto que en muchas empresas todavía están en la fase de implantación y reflexión sobre ellas, según González (2005) se tiene la certeza de que tienen una vida muy limitada, pues una gran parte de los objetivos en ellas definidos y de metodologías para su consecución están en vías de implantación y muy desarrollados o agotados. En otros casos parece que se ha alcanzado un cierto estancamiento o limitación de implantación, como es el caso de las técnicas predictivas. Ante ello, un cierto número de expertos está planteando la necesidad de visionar un horizonte para el futuro que se propone como Cuarta Generación.

2.2.4. Cuarta Generación

A comienzos de los 90, el mantenimiento se contempla como una parte del concepto Calidad Total: "Mediante una adecuada gestión del mantenimiento es posible aumentar la disponibilidad de los equipos, al mismo tiempo que se reducen los costos". Surge el Mantenimiento Basado en el Riesgo MBR, en el cual se concibe al mantenimiento como un proceso de la empresa al que contribuyen también otros departamentos y como una fuente de beneficios, frente al antiguo concepto de mantenimiento como "mal necesario". La posibilidad de que una máquina falle y las consecuencias asociadas para la empresa es

un riesgo que hay que gestionar, teniendo como objetivo la disponibilidad necesaria en cada caso y al mínimo costo. Díaz (2010).

También, González (2010) comenta que en este periodo nos encontramos con la necesidad de integrar la gestión del mantenimiento, no con base en una sola filosofía o concepto, sino juntando lo mejor de cada una de ellas. Es por esto que el responsable del mantenimiento tendrá que elaborar un plan imaginativo que implique a Producción, que aplique a cada máquina el mantenimiento proactivo y preventivo particular que necesite, que aplique los mantenimientos reglamentarios a que esté obligado y que, en todo este plan tenga muy en cuenta el equilibrio coste/beneficio para que, salvaguardando ante todo la seguridad y el respeto al medio ambiente, su gestión con dicho nuevo plan sea cada día más eficiente, segura y respetuosa con la normativa y el entorno.

Además, otro enfoque o tendencia clara de esta generación, según González (2010), es orientar la actividad a resultados y a clientes,

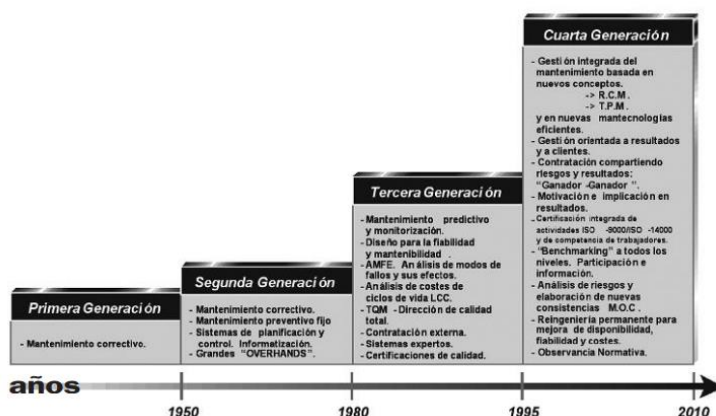


Figura N° 2. 2: Evolución del Mantenimiento.

Fuente: Reducción de Costes y Mejora de Resultados en Mantenimiento: La gestión mediante indicadores. Francisco González. (2010)

2.3. Función del Mantenimiento

Según Bravo y Barrantes (1989), existen dos tipos de funciones del mantenimiento: las funciones primarias y las secundarias. Entre las funciones primarias del mantenimiento se destacan las siguientes:

- Mantenimiento del equipo: Esta actividad es la principal razón de la existencia de la gestión del mantenimiento. Incluye una serie de responsabilidades, como por ejemplo efectuar en forma rápida y económica las reparaciones necesarias de la maquinaria utilizada en los procesos productivos; prever las necesidades de estas reparaciones y, cuando sea posible, tomar acciones preventivas; contar con un grupo de técnicos calificados, capaces de realizar estas labores; minimizar el tiempo durante el cual la maquinaria y el equipo no están disponibles para la producción y llevar registros apropiados para la distribución adecuada de las cargas acumuladas en la ejecución de este trabajo.

- Mantenimiento de los edificios: Se refiere a las reparaciones al edificio y a las propiedades externas de la planta como carreteras, caminos, alcantarillados y tuberías de agua. Una planta que cuente con muchos equipos y un programa importante de mantenimiento de edificios, puede separar lo que se refiere a mantenimiento de edificios, de lo que es ingeniería de mantenimiento. Se considera ingeniería a todas aquellas modificaciones mayores que necesiten rediseños de equipo o edificio objeto de mantenimiento.

- Inspección y lubricación del equipo: En las plantas de tamaño mediano y grande, esta labor se le asigna al grupo de ingeniería de mantenimiento, lo cual da como resultado un procedimiento más estandarizado y un flujo objetivo. En plantas donde la mayor parte de las tareas de los operadores de producción se dedica a la atención de las máquinas con tiempo libre para lubricar, es económicamente improcedente encargar a un grupo separado este servicio.

- Modificación del equipo y edificios existentes, además de las nuevas instalaciones: Existen tres factores que determinan si esta función pertenece o no a la ingeniería de mantenimiento: el tamaño de la planta, tamaño de la empresa si posee varias plantas y las políticas de la empresa.

Entre las funciones secundarias, se pueden nombrar:

- Almacenamiento de materiales: En algunas plantas hay una diferenciación entre almacenes mecánicos y almacenes generales. En tales casos, la administración de los almacenes mecánicos cae normalmente en el grupo de ingeniería de mantenimiento, mientras que los almacenes generales pueden asignarse a algún otro departamento, como el de compras.

- Protección de la planta (incluyendo sistemas contra incendios): En algunas empresas, las secciones de seguridad e incendio se encuentran en un departamento independiente al de mantenimiento.

- Disposición de desperdicios industriales: Esta función tiene variaciones, dependiendo del tipo de planta. Los desperdicios de una planta pueden ser material de producción rechazado o a los envases donde viene la materia prima o productos intermedios que se utilizan en la fabricación. Algunos autores clasifican aquí el mantenimiento de limpieza de patios.
- Eliminación de contaminaciones y ruidos: Es función del departamento de mantenimiento ocuparse de cumplir con las normas vigentes en cuanto a emisiones de agentes contaminantes.
- Limpieza: Es muy difícil que un operador especializado de maquinaria trabaje con un rendimiento máximo en condiciones de suciedad. Por ello es prioritario mantener la planta en las mejores condiciones de limpieza posible.
- Cualquier otro servicio que solicite la administración de la planta: Cualesquiera que sean las responsabilidades asignadas al departamento de mantenimiento es importante que estén claramente definidas y que los límites de autoridad y responsabilidad concuerden con los de los interesados.

Cabe destacar que muchas de estas actividades son de una naturaleza especializadas, por lo que frecuentemente pueden hacerse más económicas por contratos externos. En el caso de la limpieza, generalmente se le asigna al mismo personal del área de producción la responsabilidad de mantener su área de trabajo limpia.

2.4. Objetivo del Mantenimiento

La finalidad de la mantención, según lo expuesto por Arata y Furlanetto (2005), es conservar y valorizar los bienes que constituyen el patrimonio activo fijo de una empresa. Los objetivos generales son conservar el patrimonio de maquinarias e instalaciones durante toda su vida útil, garantizando su capacidad de producir bienes y servicios según las condiciones establecidas. Además, la mantención debe asegurar el mejoramiento permanente orientado a eliminar los puntos críticos de las maquinarias e instalaciones y a reducir los costos de mantención. Esta actividad debe llevarse a cabo respetando la seguridad del personal y la protección del medio ambiente.

Por otro lado, el objetivo fundamental del mantenimiento, como lo expresa García (2009) en sus apartados, no es reparar urgentemente las averías que surjan. El departamento de mantenimiento de una industria tiene cuatro objetivos principales que son muy claros y perfectamente medibles, y que deben marcar y dirigir su trabajo:

- Cumplir un valor determinado de disponibilidad.
- Cumplir un valor determinado de fiabilidad.

- Asegurar una larga vida útil de la instalación en su conjunto, al menos acorde con el plazo de amortización de la planta.
- Conseguir todo ello ajustándose a un presupuesto dado, normalmente el presupuesto óptimo de mantenimiento para esa instalación.

a) El objetivo de disponibilidad: El objetivo más importante del mantenimiento es asegurar que la instalación estará en disposición de producir un mínimo de horas determinado del año. Es un error pensar que el objetivo es conseguir la mayor disponibilidad posible (100%) puesto que esto puede llegar a ser muy costoso y poco rentable.

La disponibilidad es un indicador que ofrece muchas posibilidades de cálculo y de interpretación. La definición de la fórmula de cálculo de la disponibilidad tendrá un papel vital para juzgar si el departamento de mantenimiento está realizando su labor correctamente. Los principales factores a tener en cuenta en el cálculo de la disponibilidad son los siguientes:

- Número de horas totales de producción.
- Número de horas de indisponibilidad total para producir, que se pueden deber a diferentes tipos de actuaciones de mantenimiento, como intervenciones programadas que requieran paradas de planta, intervenciones de mantenimiento correctivo programado que requieran parada de planta o reducción de carga e intervenciones de mantenimiento correctivo no programado que detienen la producción de forma inesperada.
- Número de horas de indisponibilidad parcial, es decir las horas que la planta se encuentra en disposición para producir, pero con una capacidad inferior a la nominal, debido al estado deficiente de una parte de la instalación.

En cuanto a valores aceptados de disponibilidad, conseguir objetivos superiores al 92% de forma sostenida es bastante ambicioso. Las instalaciones industriales suelen buscar objetivos entre ese 92% y un 50% en los casos menos exigentes, donde se disponga de una capacidad de producción muy mayor a la que es capaz de absorber el mercado.

b) El objetivo de fiabilidad: La fiabilidad es un indicador que mide la capacidad de una planta para cumplir su plan de producción previsto. Los factores a tener en cuenta para el cálculo de este indicador son:

- Horas anuales de producción
- Horas anuales de parada o reducción de carga debidas exclusivamente a mantenimiento correctivo no programado.

Para un cálculo correcto de este factor, es necesario saber distinguir entre mantenimiento correctivo programado y no programado. Es habitual considerar que una avería detectada pero cuya reparación

pueda posponerse durante 48 horas o más se considera mantenimiento correctivo programado y en caso contrario, cuando la avería suponga la parada inmediata de la planta o en un plazo inferior a 48 horas, se considera mantenimiento correctivo no programado.

El valor de este indicador es habitualmente muy alto (igual o superior a 98%), pero una instalación bien gestionada no debería tener ningún problema para alcanzar este valor.

c) La vida útil de la planta: Este objetivo plantea que las plantas industriales deben presentar un estado de degradación acorde con lo planificado, de manera que ni la disponibilidad ni la fiabilidad ni el costo de mantenimiento se vean fuera de sus objetivos fijados en un largo periodo de tiempo, normalmente acorde con el plazo de amortización de la planta. La esperanza de vida útil para una instalación industrial promedio se sitúa entre los 20 y 30 años.

d) El cumplimiento del presupuesto: Los objetivos de disponibilidad, fiabilidad y vida útil no pueden conseguirse a cualquier precio. El departamento de mantenimiento debe ajustar sus costos al presupuesto anual de la planta para cumplir con estos objetivos.

2.5. Tipos de Mantenimiento

Muchos autores describen distintos tipos de mantenimiento que se distinguen entre sí por el tipo de tareas que incluyen. Entre estos, los más reconocidos son:

2.5.1. Mantenimiento Correctivo

El Mantenimiento Correctivo, también conocido como *Run the Failure* (RTF), consiste simplemente en una estrategia de “reparar lo dañado”, usualmente tiene asociados bajos niveles de planificación del mantenimiento y excesivos niveles de inventarios de repuestos y mano de obra como forma de resguardar la continuidad de los procesos productivos. La utilización exclusiva de esta estrategia de mantenimiento generalmente es insuficiente y puede representar costos extremadamente significativos si los tiempos medios de reparación se dilatan producto de la propagación de fallas o stock-out de repuestos. Arata y Furlanetto (2005).

Según García (2009), se conoce como Mantenimiento Correctivo al conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los equipos, comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de los mismos.

De Bona (1999) expone que consiste en las acciones necesarias para dejar la instalación en el estado en que se encontraba antes de la avería.

Según Dhillon (2002), el Mantenimiento Correctivo puede definirse como la acción correctiva llevada a cabo por fallas o deficiencias descubiertas durante el Mantenimiento Preventivo, para reparar un equipo o artículo a su estado operativo. Por lo general, el Mantenimiento Correctivo es una acción de mantenimiento no programada, básicamente compuesta por necesidades de mantenimiento impredecibles que no pueden planearse ni programarse sobre la base de la ocurrencia en un momento determinado.

Calloni (2007) explica que corresponde a un mantenimiento simple e inevitable que consiste en reparar la rotura producida. Un ejemplo común y corriente de este mantenimiento, es el que se efectúa cuando un equipo, máquina o instalación queda interrumpida por falla o rotura de algún componente imprescindible para la continuidad operativa, como podría ser un rodamiento, un eje de bomba, etc.

Bravo y Barrantes (1989) lo definen como el conjunto de operaciones que permiten que una máquina vuelva a trabajar en óptimas condiciones, después de un tiempo de paro por la falla de una o varias de sus partes, debido al desgaste o fatiga.

Para Mobley (2008), el Mantenimiento Correctivo tiene como objetivo fundamental eliminar las averías, las desviaciones de las condiciones operativas óptimas y las reparaciones innecesarias, y optimizar la eficacia de todos los sistemas críticos de la planta. El concepto principal de Mantenimiento Correctivo es que las reparaciones adecuadas y completas de todos los problemas incipientes se hacen según sea necesario.

Este tipo de mantenimiento, como lo indica Sánchez, Pérez, Sancho y Rodríguez (2007) sólo es aplicable cuando existe disponibilidad suficiente de equipos de repuesto y la sustitución es rápida, económica, y no supone interrupciones ni perjuicios en el proceso productivo. Esto suele ser así en el caso de máquinas sencillas y baratas, y de las cuales existen varias unidades en la planta industrial, lo que permite con un repuesto reducido cubrir gran parte de los eventuales fallos. En estos casos, según lo expuesto por el autor, el Mantenimiento Correctivo probablemente sea más económico y eficiente que cualquier otro.

Según lo expuesto por Dhillon (2002), el Mantenimiento Correctivo está compuesto de cinco principales pasos secuenciales, que son: reconocimiento de fallas, localización, diagnóstico, reparación y comprobación.

Como lo señala Bravo y Barrantes (1989), existen dos tipos de mantenimiento correctivo: el mantenimiento correctivo programado y el no programado. La diferencia entre ambos radica en que mientras el no programado supone la reparación de la falla inmediatamente después de presentarse, el

mantenimiento correctivo programado o planificado supone la corrección de la falla cuando se cuenta con el personal, las herramientas, la información y los materiales necesarios, y además el momento de realizar la reparación se adapta a las necesidades de producción. La decisión entre corregir un fallo de forma inmediata o planificada es marcada por la importancia del equipo en el sistema productivo: si la avería produce la parada inmediata de un equipo vital para los procesos productivos, la reparación comienza sin planificación previa. Si en cambio, puede mantenerse el equipo o la instalación operativa aún con el fallo presente, puede posponerse la reparación hasta que llegue el momento más adecuado.

En la actualidad, a pesar de la evolución que ha sufrido el mantenimiento, muchas empresas optan por el mantenimiento correctivo. Dentro de las ventajas de utilizar esta forma de mantenimiento y por lo que estas empresas lo prefieren, se encuentran:

- No genera gastos fijos
- No es necesario programar ni prever ninguna actividad
- Solo se gasta dinero cuando está claro que se necesita hacerlo
- A corto plazo, puede ofrecer un buen resultado económico
- Hay equipos en los que el mantenimiento preventivo no tiene ningún efecto, como los dispositivos electrónicos.

Por otro lado, es importante destacar que este tipo de mantenimiento también posee importantes inconvenientes:

- La producción se vuelve impredecible y poco fiable, ya que las paradas y fallos pueden producirse en cualquier momento.
 - Supone asumir riesgos económicos que en ocasiones pueden ser importantes
 - La vida útil de los equipos se acorta
 - Impide que se realice un diagnóstico fiable de las causas que provocan la falla, pues se ignora si el equipo falló por mal trato, por abandono, por desconocimiento del manejo, por desgaste natural, etc. Por el mismo motivo, la avería puede repetirse una y otra vez.
- Los seguros de maquinaria o de gran avería suelen excluir los riesgos derivados de la no realización del mantenimiento programado indicado por el fabricante del equipo.
- Las averías y los comportamientos anormales no solo ponen en riesgo la producción, sino que también existen posibilidades de accidentes que pongan en peligro a las personas o al medio ambiente.
- Para basar el mantenimiento en la corrección de fallos es necesario contar con técnicos muy cualificados, con un stock de repuestos importante, con medios técnicos muy variados, etc.

2.5.2. Mantenimiento Preventivo

Para Dhillon (2002), el Mantenimiento Preventivo es un componente importante de la actividad de mantenimiento, que por lo general representa una parte importante del esfuerzo de mantenimiento total. El Mantenimiento Preventivo es descrito por el autor como el cuidado y el servicio de los individuos involucrados en el mantenimiento, para mantener el equipo e instalaciones en condiciones operativas satisfactorias. Mediante la inspección sistemática, la detección y la corrección de las fallas incipientes antes de su ocurrencia o antes de su evolución a un fracaso mayor.

Calloni (2007) indica que el Mantenimiento Preventivo se practica retirando la máquina, equipo, o instalación del servicio operativo para realizar inspecciones y/o sustituir componentes de acuerdo a una programación planificada y organizada con antelación. Para esto resulta muy importante, según lo indicado por el autor, la información específica que suministran los fabricantes en sus manuales y/o catálogos, especialmente en cuanto a expectativa de vida útil para componentes críticos, así como también tiene importancia el conocimiento específico de la máquina y su historial.

El Mantenimiento Preventivo, según Díaz (2010) tiene la misión de mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando la intervención de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Este tipo de mantenimiento tiene carácter sistemático, es decir se intervienen aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener algún problema.

Arata y Furlanetto (2005), indica que el Mantenimiento Preventivo surge como respuesta para superar las insuficiencias propias del Mantenimiento Correctivo. Su objetivo es reducir la probabilidad de ocurrencia de falla evitando detenciones repentinas en la producción.

Mobley (2008), de igual forma expone que el Mantenimiento Preventivo corresponde a tareas específicas que están diseñadas para evitar la necesidad de Mantenimiento Correctivo o de avería, así como de prolongar la vida útil de los bienes de capital y equipos auxiliares.

Para Peng (2012), el Mantenimiento Preventivo se define como una serie de tareas realizadas con regularidad para ampliar la vida de un activo o descubrir el desgaste crítico que hace que un activo falle. Para ello, los componentes claves son el programa y los recursos necesarios para el Mantenimiento Preventivo. Un programa comprende con qué frecuencia y cuando debe realizarse el Mantenimiento Preventivo, y los recursos consisten en personal, piezas, herramientas y documentación, como también procedimientos y listas de control.

También es definido por Bravo y Barrantes (1989) como un sistema ordenado formado por operaciones que permite trabajar a una industria y al equipo con el máximo de eficiencia y al mínimo costo.

Por otro lado, Chase, Aquilano y Jacobs (2009) indican que el Mantenimiento Preventivo comprende la inspección periódica y el diseño de reparaciones para que la máquina sea confiable y así garantizar que no se interrumpen los flujos debido al tiempo de inactividad o al mal funcionamiento del equipo.

Este tipo de mantenimiento tiene como objetivo prevenir el fallo. El Mantenimiento Preventivo más común es el planificado (PPM, Planned Preventive Maintenance), el cual se basa en el establecimiento de una rutina de sustitución de piezas a intervalos periódicos de tiempo. En la mayoría de los casos la sustitución de un componente se realiza sistemáticamente, independiente del estado de la pieza, basándose en el número de ciclos realizados o el tiempo de trabajo de la máquina y en la información histórica del tiempo medio entre fallos del componente. El éxito del método radica en una adecuada elección de los intervalos de sustitución de las piezas. (Sánchez, Pérez, Sancho y Rodríguez, 2007)

Las ventajas del Mantenimiento Preventivo, según lo expuesto por Díaz (2010) y por De Bona (1999) son:

- Importante reducción de paradas imprevistas en equipos
- Es adecuado cuando, por la naturaleza del equipo, existe una cierta relación entre probabilidad de fallos y duración de vida.

Arata y Furlanetto (2005) también indican que las ventajas del Mantenimiento Preventivo por sobre el Correctivo son:

- Permite planificar las actividades de mantenimiento y, por lo tanto, determinar los requerimientos de recursos humanos y materiales (partes, piezas y herramientas).
- Puede reducir los costos de falla puesto que se enfoca en evitar la ocurrencia de estos eventos.
- Minimiza el tiempo en reparación de los equipos al desarrollarse las tareas de mantenimiento de manera planificada.
- La seguridad de los operadores se ve incrementada al reducir los eventos de falla.

De igual forma, Nieto (2013) explica que una de las principales ventajas de este tipo de mantenimiento es que es posible planificar con antelación la intervención para preparar los recursos necesarios, como el personal y los materiales, además de incidir mínimamente en la producción, porque al tener prevista la parada, se adaptarán los periodos de fabricación o entrega de un servicio, evitando incumplir un plazo de entrega al cliente a causa de un imprevisto.

La utilización de este mantenimiento también presenta algunos inconvenientes, que son:

- No se aprovecha la vida útil completa del equipo
- Aumenta el gasto y disminuye la disponibilidad si no se elige convenientemente la frecuencia de las acciones preventivas.

Calloni (2007) también comenta que uno de los méritos de este tipo de mantenimiento es acotar la cantidad de horas, normalmente informadas por el fabricante, para la indisponibilidad del equipo por componentes que han cumplido su vida útil (por ejemplo rodamientos, correas, válvulas, etc.) y evitar el riesgo para otros componentes aleatorios (por ejemplo ejes, ventiladores, motores, cañerías, etc.)

De Bona (1999) también indica que el Mantenimiento Preventivo consiste en efectuar determinadas revisiones a los elementos de una instalación, con independencia de que se hayan averiado o funcionen correctamente. Este tipo de mantenimiento, según el autor, se puede realizar desde una doble vertiente: legal y de gestión. Por una parte, estas actuaciones están determinadas en ciertos casos por la normativa legal, que implica que para que determinadas instalaciones puedan funcionar legalmente, es necesario que sean revisadas de determinada forma y cada determinado tiempo. Normalmente las instalaciones, equipos y máquinas que están sujetas a estos términos legales son aquellos susceptibles de producir un accidente o de contaminar el entorno. En otra instancia, este tipo de mantenimiento puede depender de criterios de gestión, como por ejemplo, la importancia de una avería, la proximidad de una remodelación de la instalación, la vida útil respecto a la duración del negocio al que sirven, el dinero disponible, entre otros.

Según lo recomendado por Nieto (2013), este sistema se debe utilizar en elementos que tienen un desgaste conocido y el coste de los repuestos es reducido. También se debe aplicar a elementos que resultan críticos y por los cual deben reducirse las posibilidades de avería al mínimo porque las consecuencias pueden ser muy graves, como riesgos de accidentes o de pérdidas importantes de producción. Este autor también expone que los trabajos preventivos se realizan en forma periódica. Estos periodos pueden establecerse según el tiempo natural (anualmente, semestralmente, etc.), según el tiempo de funcionamiento (mediante dispositivos que midan el tiempo de trabajo de una máquina) o según los ciclos de trabajo (el número de veces que una máquina realiza una acción). También pueden utilizarse otros sistemas de medida en casos específicos. Sánchez, Pérez, Sancho y Rodríguez (2007) también exponen que éste método es especialmente indicado para aquellos componentes que tienen una curva de deterioro claramente dependiente del número de ciclos, como por ejemplo los filtros. De hecho, el cambio de aceite y filtros o bujías en un automóvil es un claro ejemplo de la aplicación de una estrategia de mantenimiento preventivo.

Dhillon (2002) indica en sus apartados que los elementos del Mantenimiento Preventivo son siete y se detallan a continuación:

1.- Inspección: Inspeccionar periódicamente los materiales o artículos para determinar su capacidad de servicio, comparando sus características físicas, eléctricas, mecánicas, etc. (según corresponda) con las normas esperadas.

2.- Servicio: Limpieza, lubricación, carga, conservación, etc. de artículos periódicamente para evitar la aparición de fallas incipientes.

3.- Calibración: Determinar periódicamente el valor de las características de un elemento por comparación con un estándar. Consiste en la comparación de dos instrumentos, uno de los cuales está certificado con una precisión conocida, para detectar y ajustar cualquier discrepancia en la precisión del material o parámetro que se está comparando con el valor estándar establecido.

4.- Pruebas: Chequeo periódico de la capacidad de servicio y detección de la degradación eléctrica y mecánica.

5.- Alineación: Hacer cambios en los ítems de variables especificados de un determinado elemento con el objetivo de lograr un rendimiento óptimo.

6.- Ajuste: Ajuste periódico de elementos variables especificados del material, con el fin de lograr el rendimiento óptimo del sistema.

7.- Instalación: Reemplazo periódico de artículos de vida limitada.

Calloni (2007) propone la siguiente metodología para la planificación y organización del Mantenimiento Preventivo:

1.- Determinar los elementos mecánicos y/o eléctricos que serán motivo de inspección.

2.- Haber tomado conocimiento, por información de los fabricantes, sobre la esperanza de vida útil de los elementos del punto anterior (por ejemplo cantidad de horas de funcionamiento).

3.- Con la información anterior, determinar los trabajos a cumplir, planificando las horas hombre para los distintos gremios u oficios.

4.- Aparecerán gremios u oficios con igual o similar periodo de actuación (mecánicos, electricistas, cañistas, etc.) formándose conjuntos de trabajo a ejecutar en una misma intervención, generando las

denominadas “Órdenes de Trabajo” o también llamadas “Órdenes de Reparación”, que incluyen en general, trabajos a realizar en cada oficio, secuencia operacional para estos trabajos, horas-hombre necesarias, repuestos y materiales, estimación de tiempos laborales para cada oficio, Normas de seguridad e Higiene industrial y la Información sobre cada trabajo (planos, catálogos, etc.)

Peng (2012) por su parte, recomienda una serie de pasos similares para la creación de un programa efectivo de mantenimiento, los cuales son:

- 1.- Recopilar información sobre Mantenimiento Preventivo del fabricante del equipo.
- 2.- Determinar un programa de Mantenimiento Preventivo.
- 3.- Determinar un listado de tareas de Mantenimiento Preventivo.
- 4.- Determinar las necesidades de personal para el Mantenimiento Preventivo.
- 5.- Determinar los requerimientos de equipos y herramientas.
- 6.- Determinar la demanda de materiales y piezas.
- 7.- Establecer un sistema de información de Mantenimiento Preventivo.

2.5.3. Mantenimiento Predictivo

El Mantenimiento Predictivo es, según Mobley (2008) el más malentendido y mal utilizado de todos los programas de mejoramiento de plantas. La mayoría de los usuarios lo definen como un medio para prevenir fallas catastróficas de maquinaria rotativa crítica. Otros definen el Mantenimiento Predictivo como una herramienta de programación de mantenimiento que utiliza datos de análisis de vibraciones y de análisis de aceite o lubricante infrarrojo para determinar la necesidad de acciones de Mantenimiento Correctivo. Un tema común de estas definiciones es que es únicamente una herramienta de gestión del mantenimiento. Pero para el autor, el Mantenimiento Predictivo es mucho más que una herramienta de programación de mantenimiento y no debe limitarse a la gestión del mantenimiento. Como parte de un programa de gestión integral del rendimiento de la planta, puede proporcionar los medios para mejorar la capacidad de producción, la calidad del producto y la eficacia general de nuestras plantas de fabricación y producción. Por lo tanto, el Mantenimiento Predictivo es una técnica de gestión que utiliza la evaluación regular de las condiciones reales de operación del equipo de la planta, los sistemas de producción y las funciones de administración para optimizar el funcionamiento total de la planta.

Según Díaz (2010), esta forma de mantenimiento persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables que son representativas de su estado y operatividad. Para poder aplicar este mantenimiento es necesario identificar variables físicas cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo, como la temperatura, vibración, consumo de energía, entre otras. Es el

mantenimiento más tecnológico debido a que requiere de medios técnicos avanzados y en ocasiones, de importantes conocimientos matemáticos, físicos y técnicos.

Arata y Furlanetto (2005), de igual forma expresan que en el Mantenimiento Predictivo, a través del comportamiento de una variable en el tiempo es posible modelar y predecir la condición futura y así decidir el tiempo para la intervención. Esta estrategia es aplicable a modos de fallas críticos cuyo costo de falla justifica una inversión efectiva en equipamiento, si está disponible, y en personal para el control de los procesos productivos por sobre estrategias de mantenimiento de tipo preventivo.

Para Peng (2012), el Mantenimiento Predictivo es la aplicación de técnicas predictivas para detectar el estado del equipo antes de la falla, y como consecuencia, tomar medidas para resolver el problema antes de que ocurra.

Las ventajas de esta técnica destacadas por Díaz (2010) son:

- Determinación óptima del tiempo para realizar el mantenimiento preventivo.
- Ejecución sin interrumpir el funcionamiento normal de equipos e instalaciones.
- Mejora el conocimiento y el control del estado de los equipos.

Los inconvenientes detectados por Díaz (2010) en el mantenimiento predictivo, son:

- Se requiere de personal mejor formado e instrumentación de análisis costosa.
- No es viable una monitorización de todos los parámetros funcionales significativos, por lo que pueden presentarse averías no detectadas por el programa de vigilancia.
- Se pueden presentar averías en el intervalo de tiempo comprendido entre dos medidas consecutivas.

Peng (2012) indica además que en la actualidad existen más de 50 técnicas de Mantenimiento Predictivo y cada año se desarrollan nuevas técnicas. Además explica que estas técnicas aumentan la eficiencia del mantenimiento y ahorran costos y tiempo al hacer el mantenimiento en el momento adecuado. Las categorías más populares de técnicas de Mantenimiento Predictivo son el análisis químico de partículas, análisis de vibración, control de temperatura, monitoreo eléctrico, inspección ultrasónica, y técnicas visuales avanzadas.

Existen una serie de tecnologías que pueden describirse como una variedad enfoques utilizados para determinar la condición del artículo o equipo con el propósito de estimar el tiempo más efectivo para programar el mantenimiento, según lo expuesto por Dhillan (2002). Estas tecnologías incluyen enfoques intrusivos y no intrusivos, además de usar parámetros de proceso para evaluar el estado general del equipo.

Por otro lado, Calloni (2007) indica que este tipo de mantenimiento se anticipa a la falla por medio de un seguimiento para predecir el comportamiento de una o más variables de una máquina o equipo. Se basa en un proceso de mediciones con la máquina funcionando, tratando de minimizar el tiempo de “equipo detenido” y poder detectar:

- La evolución de una falla y tomar la anticipación necesaria.
- Prolongar la factibilidad del funcionamiento, aún con la existencia de una falla, hasta permitir una inspección programada.

Estos puntos, según lo expresado por Calloni (2007), conllevan el cumplimiento de las siguientes pautas laborales:

a) Análisis de Aceites para aislación y/o refrigeración: Este tipo de análisis informa no sólo su estado, sino también el del equipo que lo contiene. En cuanto al estado del aceite, interesa investigar:

- Presencia de residuos no solubles, como por ejemplo, polvo o limaduras metálicas que indican desgastes en componentes. Un análisis metalográfico informará sobre los componentes con deterioros.
- Presencia de agua, que indica estanqueidad defectuosa por fallas en juntas, guarniciones, empaquetaduras en un circuito que trabaja con fluidos líquidos y/o gaseosos.
- Nivel de cenizas: indicará exceso de temperatura de trabajo, por ejemplo en transformadores de potencia, interruptores, cárter de compresores, etc.
- Viscosidad, que informará sobre el estado de la capacidad del lubricante.
- Rigidez dieléctrica, que informará sobre la aptitud aislante del aceite.

b) Medición de temperaturas: En el caso de motores eléctricos, generadores, alternadores, dínamos, etc., es un parámetro que está especificado por Normas informando sobrecargas en sus devanados. Si la temperatura no es detectada por las protecciones (guardamotors, interruptores termomagnéticos, contactores), puede haber una falla de refrigeración y/o ventilación defectuosas, fuera de servicio o por conductos de circulación obstruidos.

c) Análisis de presiones diferenciales: Los valores anormales de presión diferencial permiten detectar posibles fallas en la circulación de líquidos y/o fluidos varios por filtros, conductos, cañerías, etc., en donde las presiones diferenciales pueden tener su origen en fugas, filtraciones y/o obturaciones.

d) Medición de espesores: Con la ayuda de sondas ultrasonidos es posible predecir fallas al comprobar o verificar espesores. La oxidación e incrustaciones pueden alterar el funcionamiento de válvulas y cañerías, afectando filtros, asientos de válvula, etc.

e) Medición de nivel de ruido: El empleo de un instrumento como el decibelímetro nos informa de los niveles aceptables de ruido para distintas actividades, determinando el nivel (amplitud) y altura (frecuencia) de las ondas sonoras. A su vez, el registro del nivel de ruido ayuda a seguir la evolución del trabajo de un equipo a lo largo de las horas de su funcionamiento operativo. El ruido y las vibraciones suelen ser efecto y causa de alguna falla que avisa sobre la necesidad de una inspección cuidadosa.

f) Análisis de vibraciones: Las vibraciones son producidas por los movimientos de rotación y alternativos específicos de las máquinas y equipos. Se puede investigar así el origen de fallas provenientes del desbalanceo, incorrecta alineación de ejes, paletas, etc., y su influencia en los rodamientos de bombas y ventiladores.

El seguimiento de las vibraciones es eficiente como respuesta a solucionar causas que conducen a roturas y/o fallas.

El análisis de vibraciones resulta el tema más recurrente en el mantenimiento predictivo, por los siguientes motivos:

- El movimiento de las máquinas conlleva vibraciones.
- La modificación del ruido en un estudio de vibración informa la presencia de una falla o anomalía.
- Diferentes tipos de vibración corresponde a diferentes clases de problemas.

Por otro lado, Dhillon (2002) menciona que existen seis tipos de tecnologías o enfoques del Mantenimiento Preventivo, las cuales son:

- Monitoreo y Análisis de Vibraciones: Según Dhillon (2002), el análisis de vibraciones es útil para evaluar el estado de los equipos rotatorios y la estabilidad estructural en un sistema. Las técnicas de monitorización y análisis de vibraciones incluyen análisis de espectro, vibración de torsión, análisis de forma de onda, análisis de impulsos de choque y análisis de vibraciones multicanal. El enfoque de monitoreo y análisis de vibraciones, según el autor es aplicable a elementos tales como motores, ejes, bombas, reductores, cojinetes, turbinas y compresores.

- Monitoreo de la condición eléctrica: Esto incluye varias tecnologías y enfoques que proporcionan una evaluación integral del sistema. Mediante el control de parámetros eléctricos importantes, proporciona datos útiles para detectar y rectificar fallas eléctricas tales como desequilibrio de fase, avería del aislamiento y conexiones de alta resistencia. Existen varios métodos para la monitorización de la condición eléctrica, que pueden monitorear equipos tales como motores eléctricos, cableado de

distribución eléctrica, generadores, cuadros eléctricos de distribución eléctrica y controladores, transformadores de distribución eléctrica y sistemas de distribución. Los métodos específicos de monitoreo de la condición eléctrica para estos distintos equipos, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 2. 1. Técnicas de supervisión de la condición eléctrica para equipos específicos.

<i>Equipo</i>	<i>Técnicas de Monitoreo Aplicables</i>
<i>Generadores</i>	Monitoreo de radio frecuencia y prueba de megóhmetro.
<i>Transformadores de distribución eléctrica</i>	Relación de giros, análisis de aceite de transformador, factor de potencia y distorsión armónica.
<i>Cuadro eléctrico de distribución eléctrica y controladores</i>	Ultrasonidos aerotransportados e inspección visual.
<i>Motores eléctricos</i>	Análisis del espectro de corriente del motor, corriente de arranque, análisis del circuito del motor, prueba de megóhmetro, pruebas de sobretensión y pruebas de alto potencial.
<i>Sistemas de distribución</i>	Ultrasonidos aerotransportados, factor de potencia, distorsión armónica y pruebas de alto potencial.
<i>Cableado de distribución eléctrica</i>	Ultrasonidos aerotransportados, pruebas de alto potencial y pruebas de megóhmetro.

Fuente: Engineering Maintenance: A Modern Approach. B.S.Dhillon (2002).

- Termografía: La termografía infrarroja puede definirse como la aplicación de instrumentos de detección de infrarrojos para identificar imágenes de diferencias de temperatura (termograma). Los instrumentos de prueba utilizados incluyen sistemas sin contacto, medición térmica, línea de visión y sistemas de imagen. La naturaleza sin contacto de la técnica de termografía infrarroja hace que resulte particularmente atractivo para identificar puntos calientes/fríos en equipos eléctricos energizados, áreas de gran superficie tales como calderas y paredes de edificios, etc. Una limitación de la termografía es que está limitada a la línea de visión, y los errores pueden ser introducidos debido a la geometría del material, el color del material y factores ambientales como los efectos del viento, la calefacción solar, etc.

- Lubricación y análisis de partículas de desgaste: Las razones para realizar este tipo de análisis son evaluar el estado de desgaste del equipo, evaluar el lubricante y si es que éste está contaminado. La prueba utilizada para estos propósitos dependerá de factores tales como costo, sensibilidad y precisión de los resultados de la prueba, además de la construcción y aplicación del equipo.

- Ultrasonidos: Los dispositivos ultrasónicos aerotransportados funcionan dentro del espectro de frecuencias de 20 a 100 kHz y heterodinan la señal de alta frecuencia al nivel audible para que el

operador pueda escuchar los cambios en el ruido asociados con fugas, descargas, etc. Ejemplos típicos son el añillo de cojinete y la excitación de frecuencia resonante de la carcasa debido a una lubricación inadecuada y defectos menores. Algunos ejemplos de aplicación de equipos específicos son: intercambiadores de calor, calderas y cojinetes.

- Pruebas no destructivas: Ésta técnica puede determinar las propiedades del material y la calidad de fabricación de las piezas o ensambles de alto valor, sin dañar el producto o su función. Estas pruebas están asociadas con la soldadura de grandes piezas de alta tensión, tales como recipientes a presión y soportes estructurales. Algunas directrices para la ubicación de puntos de muestreo son: Soldaduras, sujetadores de alta tensión y áreas estresadas; Áreas susceptibles de cavitación, uniones de metales distintos, áreas con mecanismos acelerados de corrosión/erosión identificados, cambios abruptos en la dirección del flujo (codos) y cambios en el diámetro de la tubería.

Arata y Furlanetto (2005), comentan que las herramientas sintomáticas ayudan en el rol de detectar señales tempranas y débiles que permitan evitar fallas catastróficas, que son probablemente las condiciones más indeseadas por los encargados de activos. Las distintas herramientas sintomáticas pueden ser todas integradas y, en general, son sinérgicas para detectar o diagnosticar fallas y cada herramienta presenta ventajas diferenciadoras.

La Figura N° 2.3 muestra entre cuatro herramientas, cómo en la variable capacidad de detección y nivel de daño pueden algunas generar información en forma más temprana. El análisis de aceite y el ultrasónico presentan, por ejemplo, la capacidad más temprana de detección; posteriormente, una vez que se genera desgaste, se puede detectar vibración y temperaturas.

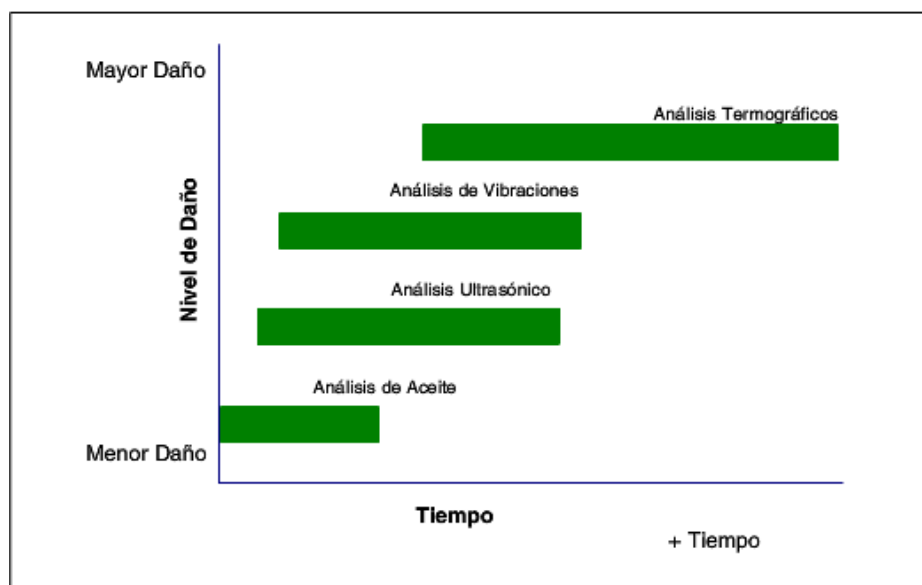


Figura N° 2. 3: Gráfica capacidad de detección vs. Nivel de daño de herramientas sintomáticas.

Fuente: Manual de gestión de activos y mantenimiento. Adolfo Arata y Luciano Furlanetto (2005)

Finalmente, según lo expresado por Calloni (2007), el Mantenimiento Predictivo no debe reemplazar al Mantenimiento Preventivo, y los requisitos de especialización en mano de obra y la aparatología que debe emplearse puede hacer conveniente la decisión de tercerizarlo, por la puntualidad de aplicación a determinados equipos o máquinas.

2.5.4. Mantenimiento Cero Horas (Overhaul)

Se conoce, según García (2009) como el conjunto de tareas cuyo objetivo es revisar los equipos a intervalos programados antes de que aparezca ningún fallo o bien cuando la fiabilidad del equipo ha disminuido apreciablemente, de manera que resulta arriesgado hacer previsiones sobre su capacidad productiva. La revisión consiste en dejar el equipo a Cero Horas de funcionamiento, es decir como si el equipo fuera nuevo. En estas revisiones se reparan o sustituyen todos los elementos sometidos a desgaste. Mediante este mantenimiento se pretende asegurar un tiempo de buen funcionamiento fijado de antemano.

Para Dhillon (2002), el Overhaul es la restauración de un artículo a su estado total de servicio según los estándares de mantenimiento, utilizando el método de “inspeccionar y reparar sólo según sea apropiado”.

2.5.5. Mantenimiento en Uso

Corresponde al mantenimiento básico de un equipo realizado por los usuarios del mismo, según lo expuesto por García (2009). Consiste en una serie de tareas elementales, como tomas de datos, inspecciones visuales, limpieza, lubricación, reapriete de tornillos, etc., para las que no es necesario poseer una gran formación, sino tan solo un entrenamiento breve. Este tipo de mantenimiento es la base del Mantenimiento Productivo Total.

2.6. Mantenimiento Productivo Total TPM

Como es señalado por González (2005), el Mantenimiento Productivo Total es un sistema de gestión del mantenimiento que surge en Japón a comienzos de los años 70 y que se basa, entre otros fundamentos, en implantar el mantenimiento autónomo o mantenimiento en uso, que es llevado a cabo por los mismos operarios de producción, lo que implica la participación activa de todos los empleados, sobretodo de los técnicos y operarios de la planta. Para ello es necesaria la existencia o creación de una cultura propia que sea estimulante y motivadora, de forma que se fomente el trabajo en equipo y la coordinación entre producción y mantenimiento.

Levitt (2009) indica que el TPM es uno de los métodos más eficaces para mejorar el servicio de mantenimiento, mientras aumenta la eficacia del equipo.

Según Peng (2012), el Mantenimiento Productivo Total es un enfoque de gestión de mantenimiento que combina la práctica estadounidense de Mantenimiento Preventivo con la gestión de calidad total japonesa (TQM) y la participación total de los empleados para lograr cero averías y cero defectos. Se puede ver como una extensión del TQM aplicada al área de mantenimiento. El concepto TPM tiene tres significados:

(1) Apunta a la efectividad total, cero averías y defectos;

(2) Incluye las prácticas de todos los conceptos previos de mantenimiento para maximizar la eficiencia y eficacia del equipo; y

(3) Hace hincapié en la participación total de todos los empleados, desde la alta dirección, la ingeniería de equipos, la ingeniería de productos, las operaciones, el mantenimiento, las compras, la gestión de inventarios, las instalaciones, las redes informáticas y el envío y recepción.

También García (2011) indica que el TPM es un nuevo enfoque administrativo de gestión del mantenimiento industrial, que permite establecer estrategias para el mejoramiento continuo de las capacidades y procesos actuales de la organización, para tener equipos de producción siempre listos. Además expone que el Mantenimiento Productivo Total es una expresión ideada por la General Electric en los años 50, pero que se descuidó en Norteamérica, hasta cuando algunas empresas Japonesas la (2012), desarrollaron y han obtenido con su aplicación resultados sorprendentes. Actualmente se considera a Seiichi Nakajima como el padre del TPM, cuyo sistema basado en técnicas japonesas de gestión de mantenimiento ha demostrado ser realmente exitoso.

La filosofía del Mantenimiento productivo total hace parte del enfoque Gerencial hacia la calidad total. Mientras la Calidad Total pasa de hacer énfasis en la inspección, a hacer énfasis en la prevención, el Mantenimiento Productivo Total pasa del énfasis en la simple reparación al énfasis en la prevención y predicción de las averías y del mantenimiento de las máquinas, según lo comenta García (2011).

El TPM, según lo expresado por González (2005), debe considerarse como una herramienta importante y una filosofía muy ventajosa a incorporar en una empresa pero, al igual que con otras técnicas organizativas de mantenimiento, no puede ni debe basarse todo un plan de mantenimiento en él. Es necesario realizar un plan integrado que, entre otras filosofías, incorpore la del TPM.

Algunas de las importantes ventajas y mejoras que pueden obtenerse de una adecuada implantación de esta técnica organizativa son:

- Reducción del número de averías de equipo
- Reducción del tiempo de espera y preparación de los equipos de trabajo
- Aumento del control de herramientas y equipos
- Conservación del medio ambiente y ahorro de energía
- Mayor formación y experiencia de los recursos humanos

Por otra parte, Tavares (2000) define el TPM como una técnica que promueve un trabajo donde están siempre unidos, según los mismos objetivos, el hombre, la máquina y la empresa. De esta manera, el trabajo de conservación de los medios de producción pasa a ser preocupación y acción de todos, desde el directorio hasta el operador del proceso o servicio.

De esta forma se puede decir que el TPM es una técnica de administración de la producción que posibilita la garantía de producir productos con calidad, a menores costos y en el momento necesario.

Para lograr la máxima eficacia, que es cero averías, generalmente se utilizan cinco contramedidas, según lo expuesto por Peng (2012):

- 1.- Mantener condiciones de referencia bien reguladas.
- 2.- Adherirse a los procedimientos operativos apropiados.
- 3.- Restaurar el deterioro.
- 4.- Mejorar las debilidades del diseño.
- 5.- Mejorar las habilidades de operación y mantenimiento.

García (2011) expone que los elementos básicos del TPM considerados por Nakajima son cuatro:

- TPM – AM: Mantenimiento Autónomo
- TPM – PM: Mantenimiento Preventivo – Predictivo
- TPM – EM: Administración del Equipo
- TPM – TEI: Participación Total de los Empleados.

Entre los principios básicos del TPM nombrados por García (2011), se encuentran:

- Cero Defectos: Trata de eliminar las seis grandes causas de pérdidas que son: Averías, preparación y ajuste, paradas menores y tiempos vacíos, velocidad reducida, defectos de calidad, reducción en rendimiento. Esto, por medio de equipos de diagnóstico adecuados, órganos de control y automatización, con énfasis en los logros de la Gestión total de la Calidad.
- Inventarios Cero: Basado en la producción “Justo a Tiempo” y el aseguramiento de las compras y ventas, eliminando sistemas de bodegaje.
- Rentabilidad Total: Lo cual requiere desarrollo de sistemas Preventivo, Predictivo, Productivo y Prevención de Mantenimiento, acompañado de actividades de pequeños grupos.
- Productividad: Esta debe ser maximizada y está dada por la relación de Salidas, reflejadas en producción, calidad, bajo costo, entregas, seguridad, entorno moral, y costo de vida útil económica, con

respecto a las Entradas, representadas por los recursos físicos y humanos, ingeniería y mantenimiento de planta, y control de inventarios.

- Participación Total: Es necesaria la participación de todos y cada uno de los empleados de la empresa en forma consciente.
- Mejora de la Eficacia: Pretende que los equipos estén libres de mantenimiento y que el costo del ciclo de su vida útil sea económico.
- Logística y Terotecnología: La logística es la ciencia que se encarga de los productos, las materias primas, los sistemas, los programas y los equipos. La Terotecnología, que es la Ingeniería de Mantenimiento, es quién se encarga del diseño, ingeniería, montaje y mantenimiento de equipos. Es así como el TPM hace parte de la Terotecnología, y ésta a su vez de la logística y entre más estén interrelacionados, existirán más equipos libres de fallas.
- Mejoramiento de los lugares de trabajo: Aplicación del sistema de administración Japonés de las 5S: SEIRI (Organización), SEITON (Orden) SEIKETSU (Pureza), SEISO (Limpieza), SHITSUKE (Disciplina).

La moderna teoría del Mantenimiento Productivo Total plantea, según García (2011) que el TPM se basa en el desarrollo de siete pilares, que son los fundamentales dentro de su nueva filosofía para optimizar la productividad de la organización, con acciones puramente prácticas:



Figura N° 2. 4: Estructura moderna del TPM

Fuente: El Mantenimiento Productivo Total y su aplicabilidad industrial. Oliverio García (2011).

1.- Principios de la Administración Japonesa: 5 Eses.

García (2011) indica que las 5S Japonesas son las siguientes:

- SEIRI (Clasificar): Eliminación de todo lo innecesario para mejorar la organización.
- SEITON (Ordenar): Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar. Es un principio de funcionalidad. Todo objeto que se utiliza en alguna labor, debe volver luego a su sitio.
- SEISO (Limpiar): Limpieza completa del sitio de trabajo y de las máquinas que se emplean en el proceso de producción. Debe hacerse al final de la jornada y en tiempo laboral.
- SEIKETSU (Estandarizar): Mantener altos niveles de organización y limpieza. Es una labor constante que no debe practicarse solo cuando hay visitas ilustres o cuando los directivos visitan la fábrica o las oficinas.
- SHITSUKE (Autocontrolar): Capacitar a la gente para que de manera autónoma pueda realizar con disciplina sus tareas.

Para Hernández y Vizán (2013) la herramienta 5S es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados, por su sencillez y efectividad. Produce resultados tangibles y cuantificables para todos, con gran componente visual y de alto impacto en un corto plazo de tiempo. Es una forma indirecta de que el personal perciba la importancia de las cosas pequeñas, de que su entorno depende de él mismo, que la calidad empieza por cosas muy inmediatas, de manera que se logra una actitud positiva ante el puesto de trabajo. El acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza por “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábitos, como se muestra en la siguiente gráfica:

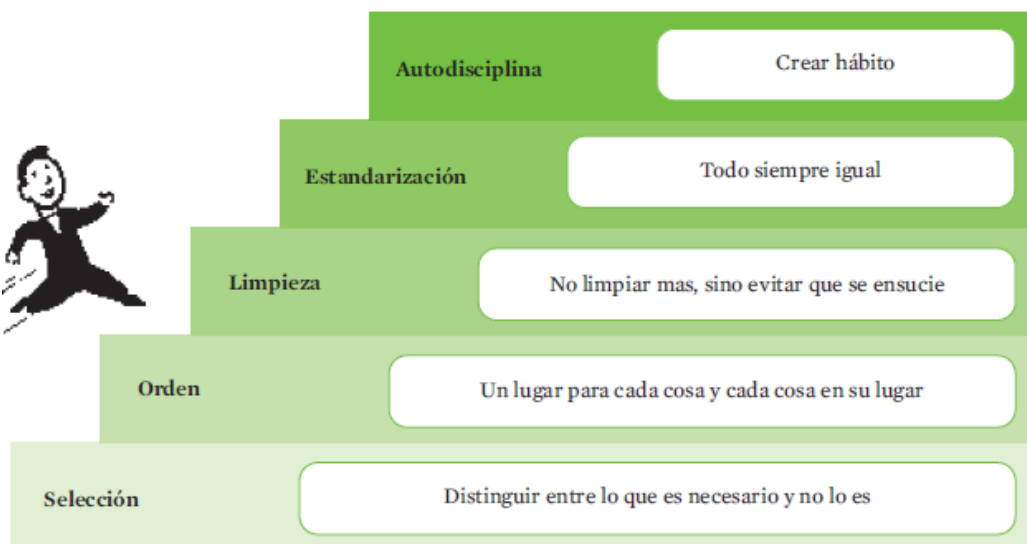


Figura N° 2. 5: Las 5S

Fuente: Lean Manufacturing. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán (2013).

Para comenzar la implantación de las 5S en una organización, según Hernández y Vizán (2013), es necesario escoger un área piloto y concentrarse en ella, porque servirá como aprendizaje y punto de partida para el despliegue al resto de la organización. La siguiente gráfica muestra el resumen de las actividades para la implementación de cada una de las 5S en la organización:

SEIRI Separar y eliminar	SEITON Arreglar e identificar	SEIDO Proceso diario de limpieza	SEIKETSU Seguimiento de los primeros 3 pasos, asegurar un ambiente seguro	SHITSUKI Construir el hábito
Separar los artículos necesarios de los no necesarios	Identificar los artículos necesarios	Limpiar cuando se ensucia	Definir métodos de orden y limpieza	Hacer el orden y la limpieza con los trabajadores de cada puesto
Dejar solo los artículos necesarios en el lugar de trabajo	Marcar áreas en el suelo para elementos y actividades	Limpiar periódicamente	Aplicar el método general en todos los puestos de trabajo	Formar a los operarios de cada puesto para que hagan orden y limpieza
Eliminar los elementos no necesarios	Poner todos los artículos en su lugar definido	Limpiar sistemáticamente	Desarrollar un estándar específico por puesto de trabajo	Actualizar la formación de los operarios cuando hay cambios
Verificar periódicamente que no haya elementos no necesarios	Verificar que haya “un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar”	Verificar sistemáticamente la limpieza de los puestos de trabajo	Verificar que exista un estándar actualizado en cada puesto de trabajo	Crear un sistema de auditoría permanente de planta visual y 5s

Figura N° 2. 6: Resumen de la técnica 5S

Fuente: Lean Manufacturing. Juan Carlos Hernández y Antonio Vizán (2013).

2.- Educación, Capacitación y Entrenamiento:

Las habilidades de los operadores y del personal de mantenimiento deben mejorarse si se quiere tener éxito en el Mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y la Mantenibilidad. La formación y adiestramiento en las habilidades operativas y de mantenimiento son vitales. Para implantar el TPM una compañía debe estar dispuesta a invertir en el adiestramiento de sus empleados en el manejo de los activos.

3.- Mantenimiento Autónomo por Operadores.

En una de las características innovadoras del TPM. Se tarda de uno a tres años en cambiar la cultura corporativa, dependiendo del tamaño de la compañía. Los operadores que están acostumbrados a pensar “yo opero, tu arreglas”, tendrán dificultades para aprender “yo soy responsable de mi propio equipo”. Todos los empleados deben estar de acuerdo en que los operarios de producción son responsables del mantenimiento de su equipo, para lo cual los mismos operadores deben ser adiestrados según las exigencias del programa de Mantenimiento Autónomo.

4.- Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM):

Para realizar correctamente el TPM, es necesario aplicar técnicas de RCM como metodología para definir de manera precisa las estrategias de mantenimiento.

El objetivo primario del RCM es conservar la función de sistema, antes que la función del equipo. La metodología lógica del RCM se puede resumir en seis pasos:

- Identificar los principales sistemas de la planta y definir sus funciones.
- Identificar los modos de falla que pueden producir cualquier falla funcional.
- Jerarquizar las necesidades funcionales de los equipos usando análisis de criticidad.
- Determinar la criticidad de los efectos de las fallas funcionales.
- Emplear el diagrama de árbol lógico para establecer la estrategia de mantenimiento.
- Seleccionar las actividades preventivas u otras acciones que conserven la función del sistema.

El RCM es un enfoque sistémico para diseñar programas que aumenten la confiabilidad de los equipos con un mínimo costo y riesgo; para ello combina aplicaciones técnicas de Mantenimiento Autónomo, Preventivo, Predictivo y Proactivo, mediante estrategias justificadas técnica y económicamente.

5.- Proyectos de Mantenimiento de Calidad y Aumento de la OEE.

La eficacia es la medida del valor añadido a la producción a través del tiempo. La eficacia del equipo se puede maximizar aumentando la disponibilidad total del equipo en un periodo dado de tiempo, o reduciendo el número de productos defectuosos, mejorando la calidad. El objetivo del TPM es aumentar la eficacia de los equipos, las personas y las máquinas, para funcionar en condiciones de cero averías.

6.- Mantenimiento Planeado Proactivo.

El Mantenimiento Planificado, que debe incluir la planeación y programación eficaz de las actividades de mantenimiento para toda la vida útil de los equipos, debe funcionar al unísono con el

Mantenimiento Autónomo. La primera responsabilidad del departamento es de responder con rapidez y eficacia a las peticiones de los operadores.

El personal de mantenimiento debe así mismo eliminar el deterioro que resulta de una lubricación y limpieza inadecuadas; debe analizar cada avería para determinar los puntos débiles en el equipo, y modificarlo para mejorar su mantenimiento, alargando su vida útil.

7.- Mantenimiento Preventivo y Predictivo.

El objetivo del Mantenimiento Preventivo es aumentar al máximo la Disponibilidad y Confiabilidad de los equipos llevando a cabo un programa de mantenimiento eficaz. El Mantenimiento Preventivo puede estar basado en las condiciones reales del equipo, o en los datos históricos de fallas del equipo; el primer caso se conoce como CBM, que es la sigla en inglés de Mantenimiento Basado en Condición o Mantenimiento Predictivo, y el segundo sistema ha dado origen a una nueva tecnología de mantenimiento denominada PMO, que es la sigla en inglés de Optimización de Mantenimiento Preventivo. La siguiente figura muestra una clasificación gráfica del Mantenimiento Preventivo actual. Consta de dos categorías, estas tienen una base estadística de confiabilidad o de condiciones reales. La primera categoría se basa en datos obtenidos de los registros históricos del equipo. La segunda categoría se basa en el funcionamiento y las condiciones del equipo.

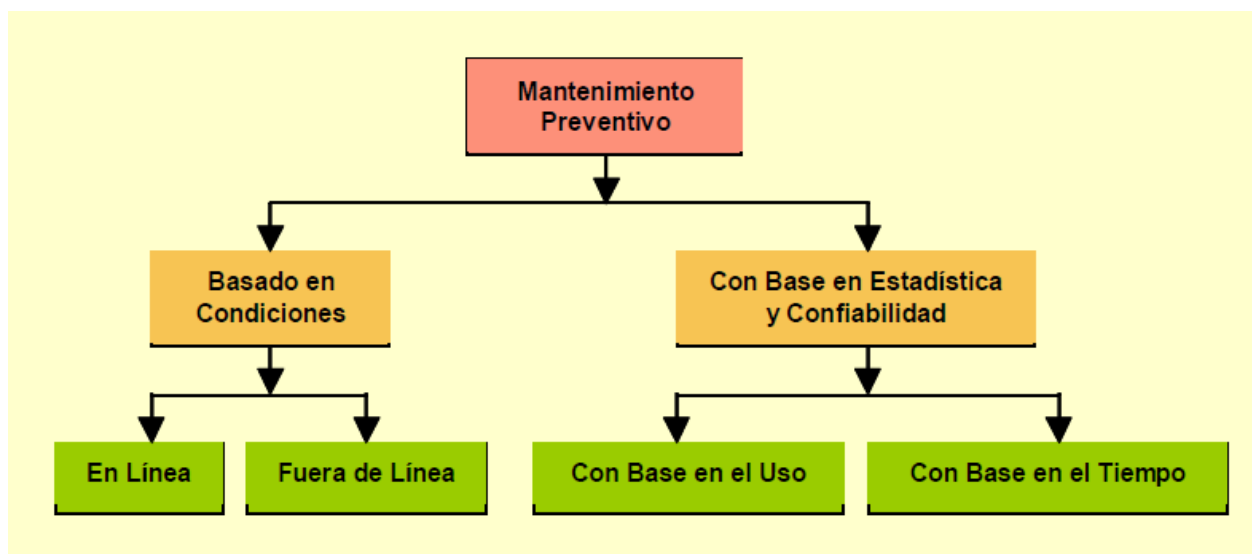


Figura N° 2. 7: Categorías del Mantenimiento Preventivo

Fuente: El Mantenimiento Productivo Total y su aplicabilidad industrial. Oliverio García (2011).

Para la implantación del TPM en una organización, deben marcarse las siguientes metas y objetivos:

a) Mejorar significativamente la eficiencia del conjunto de la empresa y la productividad del personal global de producción y mantenimiento.

b) Implantar un sentimiento de propiedad de los operarios de producción sobre sus equipos y sistemas, a través de un programa de formación y, especialmente, de implantación con la nueva técnica.

c) Promover la mejora continua a través de grupos de trabajo que inculquen la idea de unión y coordinación entre producción, ingeniería y mantenimiento.

Levitt (2009) por su parte, destaca que los principales actores en el TPM son los operarios de las máquinas, y el personal de mantenimiento, en cambio asume el papel de asesor. Por lo tanto, el factor clave del éxito del TPM es capacitar a los operadores para que alcancen un mantenimiento totalmente autónomo. Es por esto que el autor resume en siete pasos el proceso por el que los operarios normalmente pasan para lograr un Mantenimiento Autónomo, que son los siguientes:

1. Revisar toda la operación de la máquina, aprender y realizar la limpieza completa de la máquina, apretar todos los sujetadores según las especificaciones y reparar cualquier deficiencia menor que sea evidente durante la limpieza.

2. Aprender y realizar las inspecciones siguiendo los manuales del fabricante y estudiando el historial del equipo (que ha fallado en el pasado).

3. Reducir el tiempo para realizar la limpieza, eliminar la fuente de contaminaciones, y hacer el servicio de la máquina más fácil y rápido.

4. Especificar todas las tareas y frecuencias, y establecer normas coherentes para las tareas. Preparar la documentación, que puede incluir esquemas, fotografías, pictogramas o narrativas cortas y concisas.

5. Asignar la inspección a los operarios. El personal de mantenimiento se convierte en entrenador y sólo se involucra en problemas importantes.

6. Sistematizar las actividades de Mantenimiento Autónomo y alinear la organización para apoyar el TPM.

7. Lograr un TPM completamente funcional. Realizar un seguimiento de los resultados y esfuerzos para reconocer el progreso continuo. Supervisar la frecuencia de fallos y buscar mejoras adicionales.

Según García (2011), la meta del TPM es efectuar mejoras substanciales dentro de la empresa, optimizando la utilización de recursos físicos y humanos. Para eliminar las pérdidas es necesario primero cambiar las actitudes del personal e incrementar sus capacidades; aumentar su motivación y competencia, mejorar la efectividad del mantenimiento y operación de los equipos. Los doce pasos de implementación y desarrollo del TPM, recomendados por Seiichi Nakajima en su libro introducción al TPM, se resumen a continuación:

1.- Anuncio de la Alta Dirección de la Introducción del TPM: La alta dirección debe informar a sus empleados de su decisión, e infundir entusiasmo por el proyecto. La preparación para la implantación implica crear un entorno propicio para un cambio efectivo.

2.- Lanzamiento de una campaña educacional: El segundo paso es el entrenamiento y promoción del programa, que debe empezar tan pronto como sea posible, después de introducir el proyecto. El objetivo no es solamente explicar el TPM, sino elevar la moral y romper la resistencia al cambio. Un buen sistema logrado en Japón es organizar jornadas de entrenamiento por niveles jerárquicos.

3.- Crear Organizaciones para promover el TPM: La estructura promocional del TPM se basa en una matriz organizacional, conformada por grupos horizontales, tales como comités y grupos de proyectos en cada nivel de la organización.

4- Establecer políticas y metas para el TPM: Aunque las políticas estén constituidas por posiciones verbales o escritas abstractas, las metas deben ser cuantitativas y precisas, especificando el objetivo (qué), la cantidad (cuánto), y el lapso de tiempo (cuándo). Para fijar una meta alcanzable debe medirse y comprenderse el nivel actual, las características de las averías, y las tasas de defectos del proceso por pieza o equipo.

5.- Formular un Plan Maestro para Desarrollo de TPM: El plan maestro debe incluir el programa diario de promoción del TPM, empezando por la fase de preparación anterior a la implementación y el programa de capacitación. El plan se debe basar en las cinco actividades básicas del TPM:

- Mejoramiento de la efectividad de equipo
- Establecimiento del mantenimiento autónomo
- Aseguramiento de la calidad de los productos
- Programa de Mantenimiento planificado
- Plan de Entrenamiento y Capacitación

6.- El disparo de salida del TPM: Este es el primer paso para la implementación propiamente dicha. A partir de este punto los trabajadores deben cambiar sus rutinas de trabajo diarias tradicionales y empezar a practicar el TPM. El “Disparo de Salida” debe ayudar a cultivar una atmósfera que incremente la moral y dedicación de los trabajadores.

7.- Mejorar la Efectividad del Equipo: Los ingenieros de producción, división técnica y mantenimiento, los supervisores de línea y los miembros de pequeños grupos, se organizan en equipos de proyectos que implementen mejoras para eliminar las pérdidas.

8.- Establecer el Programa de Mantenimiento Autónomo: El Mantenimiento Autónomo por los operarios es una característica única del TPM. En la promoción del TPM, cada persona desde la dirección hasta el último operario debe creer que es factible que los operarios realicen el mantenimiento y que los trabajadores deben ser responsables de su propio equipo.

9.- Establecer un Programa de Auto-Mantenimiento: El volumen de trabajo de mantenimiento disminuye cuando la inspección general pasa a ser parte de la rutina de los operarios. El número de averías decrece ampliamente y también se reducen las actividades globales de mantenimiento. En esta etapa del proceso, el departamento de mantenimiento debe centrarse en su propia organización y establecer un programa de auto-mantenimiento.

10.- Conducir el Entrenamiento para mejorar las Habilidades: La educación técnica y el entrenamiento para la formación de habilidades de operación y mantenimiento, deben ajustarse a los requerimientos particulares de la planta. La capacitación es una inversión en el personal que rinde múltiples beneficios. La empresa que implanta el TPM debe invertir en entrenamiento para permitir a sus trabajadores gestionar apropiadamente sus equipos y afirmar sus habilidades en operación normal.

11.- Desarrollo Temprano de un Programa de Gestión de Equipos: Cuando se instala un equipo nuevo a menudo se presentan problemas durante el arranque, aunque en las etapas de diseño, fabricación y montaje todo parezca marchar bien. Se necesitan inspecciones y revisiones en el periodo inicial: ajustes, reparaciones, limpieza y lubricación para evitar el deterioro. La gestión temprana de equipos se debe realizar por el personal de mantenimiento y producción como parte de un enfoque de prevención de mantenimiento y diseño libre de mantenimiento.

12.- Implantación plena del TPM: El paso final en el programa de desarrollo del TPM es perfeccionar la implantación y fijar metas futuras más elevadas. Durante este periodo de estabilización, cada uno trabaja continuamente para mejorar los resultados, lo cual marca el comienzo real del programa de mejoramiento continuo empresarial.

2.7. Control de inventario en Mantenimiento

Según Dhillon (2002), por lo general, la principal queja de los involucrados en mantenimiento es la falta de disponibilidad de materiales y piezas de repuesto en el momento que son requeridos. En muchas organizaciones de mantenimiento, los materiales representan de un tercio a la mitad del presupuesto operativo, y más en algunos sectores industriales intensos en capital. Es necesario decir que las funciones del mantenimiento dependen en gran medida de la disponibilidad de artículos tales como repuestos de equipos de producción y maquinaria. Ejemplos específicos incluyen lubricantes, válvulas, accesorios de tubería, pinturas, hierro angular, controles, tuercas y pernos. Un sistema de inventario bien administrado de tales artículos ayuda a reducir el costo de mantenimiento, el tiempo de inactividad de los trabajadores y los equipos, y mejora la productividad.

2.7.1. Tipos de inventario en Mantenimiento:

Existen muchos tipos de inventario. Los tipos comúnmente identificables, según Dhillon (2002) son:

- Inventario de Materias Primas: artículos son comprados a proveedores para su uso en los procesos de producción.
- Inventario de Productos Terminados: se refiere a productos que aún no han sido entregados a los clientes.
- Inventario de Suministros: se refiere a piezas y materiales utilizados para apoyar el proceso de producción. Por lo general, estos artículos no son un elemento del producto.
- Inventario de Trabajo en Proceso: se refiere a artículos parcialmente terminados (es decir componentes, piezas, subconjuntos, etc.) que se han iniciado en el proceso de producción pero que deben ser procesados posteriormente.
- Inventario de Transporte: artículos enviados de proveedores o clientes a través del canal de distribución.
- Inventario de Repuestos: Este tipo de inventario se ocupa de mantener los artículos para la sustitución de otros artículos en la empresa o sus equipos, a medida que se desgastan.

2.7.2. Clasificación ABC para control de inventario de Mantenimiento:

En el control de inventario, se debe buscar información sobre áreas como: importancia del elemento del inventario, forma en que debe controlarse, cantidad a ordenar al mismo tiempo y punto específico para realizar un pedido. Dhillon (2002).

El enfoque de clasificación ABC según lo expresado por el autor, permite diferentes niveles de control basados en la importancia. El enfoque ABC se basa en el razonamiento de que un pequeño

porcentaje de artículos por lo general dicta los resultados alcanzados en cualquier condición. Este razonamiento se refiere a menudo como el principio de Pareto, en honor a Vilfredo Pareto, sociólogo y economista italiano. El enfoque ABC clasifica el inventario interno en tres categorías, (A, B y C) basado en el volumen anual en dólares. Se observa la siguiente relación aproximada entre el porcentaje de artículos de inventario y el porcentaje de uso anual del dólar:

- A: De los artículos, el 20% es responsable del 80% del uso del dólar.
- B: De los artículos, el 30% son responsables del 15% del uso del dólar.
- C: De los artículos, el 50% es responsable del 5% de uso del dólar.

Por otro lado, según Krajewski (2000), la categorización ABC corresponde al proceso que consiste en dividir los artículos en tres clases, de acuerdo con su uso monetario, de modo que los gerentes puedan centrar su atención en los que tengan el valor monetario más alto. Los artículos de la clase "A" suelen representar solamente cerca del 20% de los artículos pero les corresponde el 80% del uso monetario. Los artículos de clase "B" representan otro 30% del total, pero les corresponde únicamente el 15% del uso monetario. Por último, el 50% de los artículos pertenecen a la clase "C", y les corresponde apenas el 5% del uso monetario.

2.7.3. Políticas de control para los artículos de clasificación A, B y C.

Según Dhillon (2002), las políticas de control para los artículos, según su clasificación son las siguientes:

- Artículos de clasificación A: Son elementos de alta prioridad. Practicar control estricto incluyendo revisión frecuente de los pronósticos de demanda, registros exactos completos, revisión periódica y frecuente por parte de la administración, seguimiento cercano y agilización para minimizar el tiempo de entrega.
- Artículos de clasificación B: Corresponde a elementos de prioridad media. Practicar controles regulares incluyendo buenos registros, procesamiento regular y atención normal.
- Artículos de clasificación C: Son elementos de baja prioridad. Practicar controles simples, pero asegurarse de que son suficientes para satisfacer la demanda.

2.8. Mantenimiento de Buques

La Marina Real Británica (Royal Navy) es la rama de guerra naval de las Fuerzas Armadas Británicas, fundada en el siglo XVI, siendo la rama de servicio más antigua del Reino Unido. Hasta la

segunda guerra mundial fue considerada la armada más poderosa del mundo, siendo hasta el día de hoy superada sólo por la Armada de Estados Unidos.

Según la investigación realizada por Philip Somervell acerca del desarrollo naval chileno con énfasis en la influencia británica (1996), en primera instancia, se puede destacar el hecho de que más de un centenar de marinos chilenos después de 1850, recibieron instrucción a bordo de buques de la Royal Navy. En estas experiencias, jóvenes chilenos convivieron hombro a hombro con sus pares ingleses y conocieron directamente la disciplina, la doctrina y las últimas técnicas de guerra. Por otro lado, también hubo una importante participación de ingleses contratados en la Armada Chilena para funciones específicas como la ingeniería, la iluminación de costa, la hidrografía, etc. Finalmente, otros forjadores de esta relación especial fueron los asesores en construcción naval ingleses, que ofrecían su ciencia y conocimientos al servicio de Chile. Aprovechando el liderazgo inglés en construcción naval, estos asesores fueron contratados por exitosos diplomáticos chilenos, como don Ambrosio Montt, quien expresó que “La armada chilena fue organizada en gran parte con los esfuerzos del ilustre Lord Cochrane, uno de los fundadores de la República. Está formada en todo lo posible en base a la disciplina y reglamentos de la gloriosa Marina Británica...”

Un segundo aspecto clave en la relación especial entre Inglaterra y Chile en materias navales es lo que concierne al material naval. Es ampliamente reconocida la continuidad de adquisiciones en astilleros ingleses, por casi dos siglos.

Es por esto que resulta necesario abordar las técnicas de mantenimiento utilizadas por la Royal Navy, que servirán como base para el desarrollo de un plan de mantenimiento.

Según el Servicio Naval de Mantenimiento de Buques (2009), los tipos de mantenimiento utilizados por la Marina Real Británica son los siguientes:

- Mantenimiento Preventivo Planificado (PPM): Este tipo de mantenimiento es realizado a todos los equipos encontrados a bordo para evitar la avería de las maquinarias, garantizando así la disponibilidad continua. El PPM se lleva a cabo de acuerdo a las horas de funcionamiento de los equipos, por ejemplo a las 100 horas, 250 horas, 500 horas, 1.000 horas, 3.000 horas, 5.000 horas y 10.000 horas; o por transcurso de tiempo, por ejemplo diario, mensual, trimestral, semestral, anual, etc. Cada uno de los equipos a bordo de un buque debe poseer un plan de mantenimiento. Este enfoque también permitirá la planificación y gestión de los recursos como por ejemplo finanzas, personal, repuestos y herramientas.

- Estado de seguimiento basado en CBM (Mantenimiento Basado en la Condición): Se compone de rutinas de mantenimiento diseñados para monitorear y evaluar el desempeño de la maquinaria. Sin llevar a cabo inspecciones de mantenimiento invasivas, CBM puede indicar el estado de la maquinaria y

ayudar a identificar cuando se requieran revisiones. CBM utiliza criterios de rendimiento de medición, análisis de aceite, análisis de tendencias y encuestas. Esta metodología se utiliza para reducir la carga de mantenimiento y aumentar el tiempo entre revisiones. CBM se lleva a cabo de forma continua, por ejemplo cada hora, diariamente, así como sobre una base planificada, como mensual o trimestral.

- Mantenimiento Correctivo no Planificado (UCM): Esta categoría abarca actividades de mantenimiento que se realizan como resultado de una avería repentina, las cuales pueden ocurrir debido a factores tales como el entorno en el que la maquinaria es operada (por ejemplo vibración o calor), por la antigüedad de los equipos, entre otros. Bajo este tipo de mantenimiento es muy difícil adelantarse a los hechos, por lo que se puede dar lugar a un tiempo de inactividad extendido de la maquinaria, debido a que el personal o repuestos pueden no estar fácilmente disponibles. El UCM es el área de mantenimiento que presenta la mayor amenaza para una embarcación marítima, ya que como es difícil de atender, en particular con equipos antiguos, puede afectar negativamente al perfil operativo de un buque. Por su naturaleza, generalmente requiere de una acción inmediata para hacer frente a la avería, lo que desvía recursos y el enfoque lejos de las otras actividades de mantenimiento. Es por esto, que el Servicio Naval Británico intenta minimizar la cantidad de UCM mediante la adhesión a un régimen de mantenimiento robusto del PPM y el CBM.

Por otro lado, dentro de los Sistemas de Gestión de Mantenimiento utilizados por la Royal Navy, se encuentran tres sistemas de Tecnologías de Información:

- Sistema de Hoja de Cálculo Excel: Este es el sistema tradicional o más utilizado y consta de hojas de cálculo que contienen un planificador, plan maestro, programas de mantenimiento, rutinas semanales/mensuales y los informes trimestrales de retorno.

- Mantenimiento Automatizado en los buques (AMOS): Consiste en un software diseñado específicamente para la gestión de mantenimiento de los buques. Se diferencia del sistema de Excel en que el sistema está programado con toda la información sobre el mantenimiento de la maquinaria y las rutinas de mantenimiento están programados automáticamente por el sistema.

- EAM (Gestión de Activos Empresariales): El Servicio Naval adoptó en los últimos años un único sistema computacional similar a la AMOS, y que se fue implementando gradualmente para todas las unidades con requisitos de mantenimiento. Algunas de las ventajas añadidas son:

- ✓ Vinculado a las tiendas (mejorará significativamente la planificación y contabilidad)
- ✓ Se ejecuta desde una base de datos segura mediante satélite
- ✓ Puede realizar actualizaciones inmediatas y generalizadas cuando sea necesario
- ✓ Posee mayor precisión en la predicción
- ✓ Permite la captura de tiempo dedicado a las tareas de mantenimiento
- ✓ Mayor capacidad de análisis de tendencias

2.9. Fallas y Averías de los Sistemas

Según Díaz (2010) el fallo de un sistema se define como la pérdida de aptitud para cumplir una determinada función. Por otro lado, Gómez (1998), desde el punto de vista mecánico, define a una falla como la falta o deficiencia de algo. Debido a la ambigüedad de esta definición se ha intentado subsanar estableciendo diferentes clasificaciones de fallas, es decir, fijando distintos tipos de fallas. Aun así, la terminología existente es bastante amplia en lo que hace referencia a la falla de un elemento, de un equipo o de un sistema completo. Otros vocablos utilizados para este mismo concepto son: avería, defecto, fallo, rotura, lesión, daño, desperfecto, etc.

Pueden establecerse diversos criterios para clasificar los fallos, uno de los más relevantes es según el momento en el que se generan, las cuales son:

- **Fallas Tempranas:**

Son aquellas que ocurren al principio de la vida útil del equipo, y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje de los equipos.

- **Fallas Adultas:**

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil del equipo. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores, como por ejemplo la suciedad en un filtro de aire, cambios de rodamiento de una máquina, etc.

- **Fallas Tardías:**

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida del equipo, como por ejemplo, envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.

González (2010) también describe estos tipos de fallos como Fallos Aleatorios, Fallos Prematuros y de Fabricación y Fallos por Envejecimiento, cuyos orígenes y soluciones se muestran en la siguiente imagen:

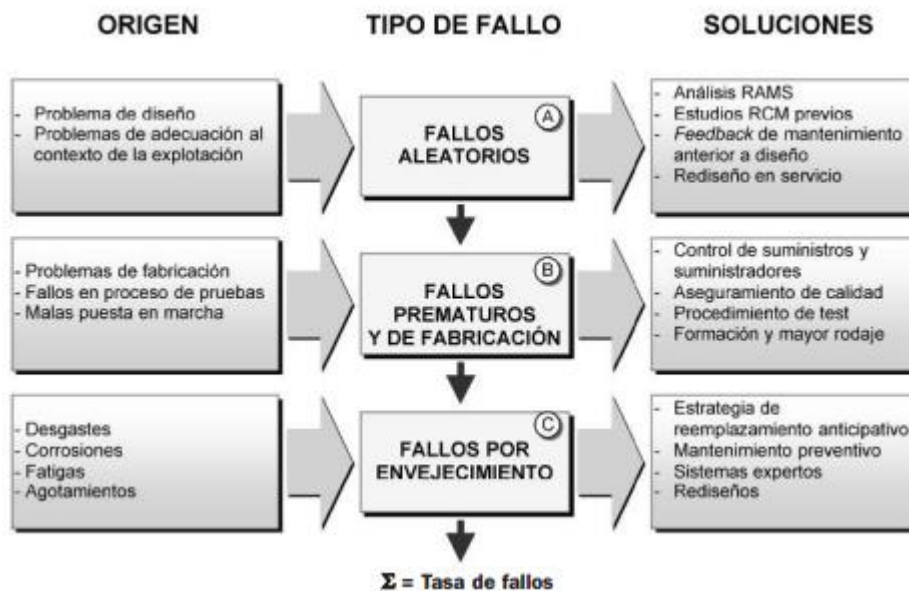


Figura N° 2. 8: Tipos de Fallos y sus Soluciones

Fuente: Reducción de Costes y Mejora de Resultados en Mantenimiento: La gestión mediante indicadores. Francisco González (2010)

Nakajima (1991) por su parte también indica que las causas de fallos de los equipos cambian con el paso del tiempo. Cuando el equipo es nuevo, existe una alta tasa de fallos (periodo de fallos inicial) que eventualmente descende y se estabiliza. Esta estabilización a un cierto nivel puede consumir un largo periodo de tiempo (periodo de fallos accidentales). Finalmente, conforme el equipo se acerca al final de su vida útil, la tasa de fallos se incrementa de nuevo (periodo de fallos de desgaste). En la siguiente figura se puede apreciar esta situación, en donde las averías o tasas de fallos aparecen en el eje vertical. La curva de tasa de fallos se denomina también la “curva característica de periodos de vida” o la curva “bañera” por su perfil característico.

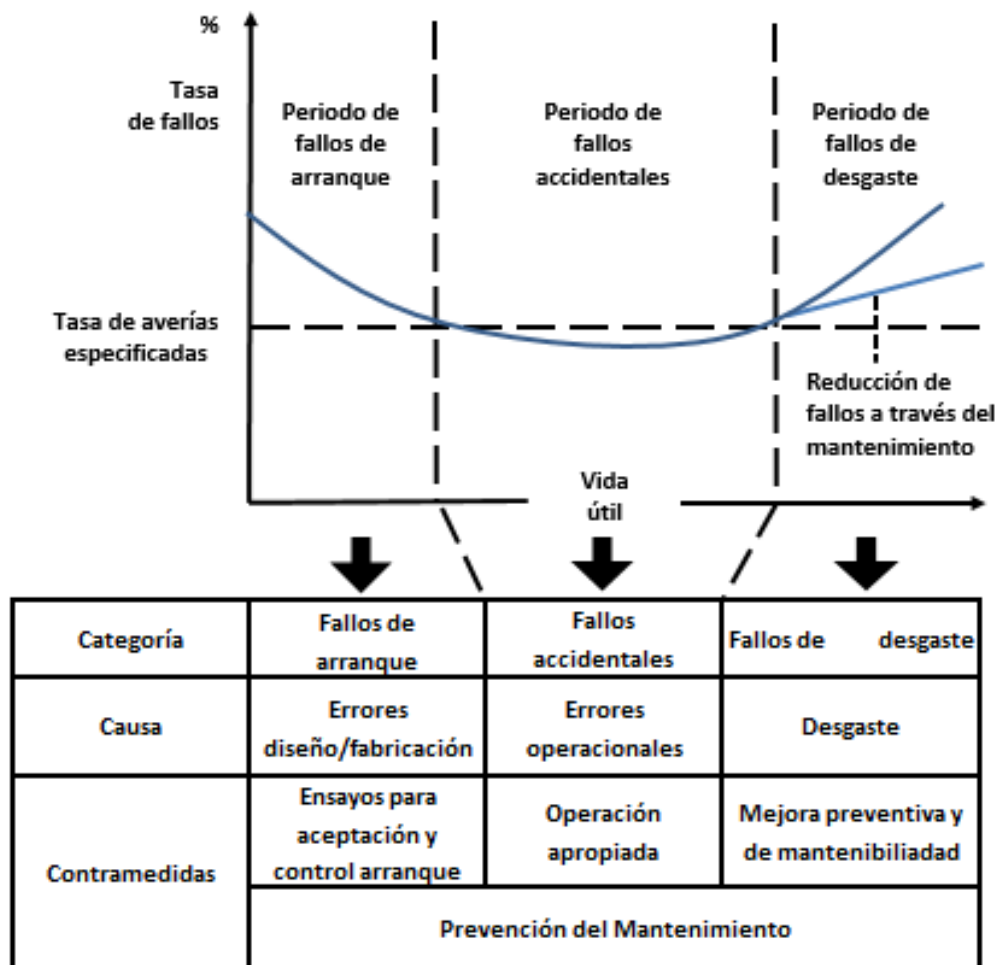


Figura N° 2. 9: Curva de Weibull. Característica de periodos de vida y contramedidas de averías.

Fuente: Introducción al TPM. Seiichi Nakajima (1991)

Las causas del fallo en el periodo inicial son el diseño y los errores de fabricación. Para combatirlas, según lo indica Nakajima (1991) se deben realizar chequeos de prueba en la primera fase. Adicionalmente, debe perseguirse la mejora de la mantenibilidad para descubrir y tratar las debilidades en diseño y fabricación.

Los fallos accidentales tienen por causa primariamente errores de operación, de forma que la manera más efectiva de evitarlos es asegurando que los operarios usen el equipo apropiadamente.

Los fallos de desgaste se deben al limitado periodo natural de vida de las piezas del equipo. La vida del equipo puede ampliarse mediante el mantenimiento preventivo y mejorando la mantenibilidad (a través de fallos en el diseño). Esto reduce la tasa de fallos de desgaste.

Por otra parte, Nakajima (1991) también propone en sus apartados cinco contramedidas para obtener cero averías. Indica que, idealmente las averías pueden eliminarse completamente a través de la prevención del mantenimiento (MP) o la adopción de un diseño libre de mantenimiento. Sin embargo, la condición de la mayoría del equipo de fábrica está lejos de este ideal.

El autor habla de las averías como la “punta del iceberg”. Esto quiere decir que tendemos a preocuparnos superlativamente con las averías y defectos serios porque son obvios, y ciertamente hay casos en los que un solo defecto singular causa una avería. No obstante, los pequeños defectos tales como la suciedad, partículas, polvo, abrasión, aflojamiento de pernos y desniveles, que pueden parecer insignificantes en sí, son el problema real. Como dice el adagio “incluso una cerilla puede causar fuego”, de forma que es importante hacer desaparecer los defectos cuando aún son pequeños. Este es el concepto fundamental que respalda el mantenimiento preventivo.

Nakajima (1991) además indica que los defectos que permanecen indetectados y sin tratamiento se denominan “defectos ocultos”. Si continúan sin tratamiento, tarde o temprano generan averías. Por tanto, es importante identificar los defectos ocultos y restaurar las condiciones óptimas.

Para eliminar los fallos debemos sacar a la luz los defectos ocultos y tratar el equipo antes de que se averíe. Las siguientes cinco contramedidas, propuestas por Nakajima (1991), ayudan a eliminar los fallos.

- 1.- Mantener bien reguladas las condiciones básicas (limpieza, lubricación y apretado de pernos).
- 2.- Adherencia a procedimientos de operación apropiados.
- 3.- Restaurar el deterioro.
- 4.- Mejorar los puntos débiles del diseño.
- 5.- Mejora la operación y capacidad de mantenimiento.

La siguiente figura, ilustra las relaciones entre estas cinco contramedidas. Las averías ocurren a menudo porque el personal falla en la ejecución de medidas simples. Como se ilustra en la figura, las averías pueden eliminarse realizando procedimientos simples de manera simple.

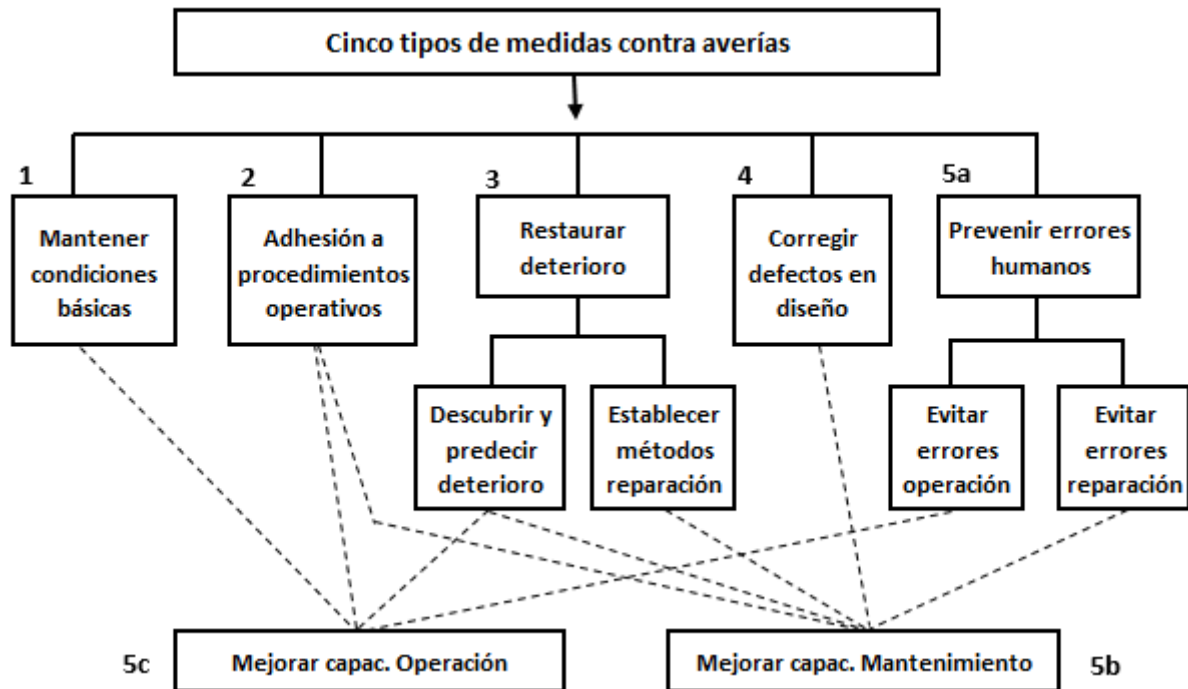


Figura N° 2. 10: Relaciones entre medidas contra averías.

Fuente: Introducción al TPM. Seiichi Nakajima (1991)

2.10. Método de Análisis de Averías:

Como señala Díaz (2010) la metodología para análisis y solución de problemas es muy variada y suele ser adaptada por cada empresa en función de sus peculiaridades, pero existen aspectos fundamentales de la metodología que coinciden en cada una de ellas, y que corresponden al recorrido del proceso. Es decir, el análisis se centra primero en el Problema, segundo en la Causa y tercero en la Solución.

Díaz (2010) también indica que para que la Metodología sea eficaz debe reunir algunas condiciones como:

- Estar bien estructurada, de forma que se desarrolle según un orden lógico.
- Ser rígida, de manera que no dé opción a pasar por alto ninguna etapa fundamental.
- Ser completa, es decir, que cada etapa sea imprescindible por sí misma y como punto de partida para la siguiente.

Teniendo en cuenta estos aspectos es que Díaz (2010) propone el Método de Análisis de Averías, estructurado en cuatro fases y diez etapas o pasos, que son las siguientes:

Fase A: Concretar el problema.

1. Seleccionar el sistema: se trata de concretar los límites o alcance del sistema (instalación, máquina o dispositivo objeto del análisis).

2. Identificar el problema: Normalmente se trata de un fallo de la consecuencia de un fallo. Se debe tratar de un hecho concreto que responde a la pregunta ¿Qué ocurre? Se debe describir la avería lo más completamente posible: ¿Dónde ocurre?, ¿Cómo ocurre?, ¿Cuándo ocurre o cuándo comenzó?, ¿Quién la provoca, ¿Cómo se ha venido resolviendo?, etc.

3. Cuantificar el problema: Para ello, es preciso trabajar con datos, respondiendo preguntas como ¿Cuánto tiempo hace que existe?, ¿Cuántas veces ha sucedido?, ¿Cuánto está costando?

Fase B: Determinar las Causas.

4. Enumerar las causas. Las causas es el origen inmediato del hecho analizado. Debe responder a la pregunta ¿Por qué ocurre? Enumerar las causas supone, por tanto, confeccionar un listado exhaustivo de todas las posibles causas involucradas en el fallo analizado.

5. Clasificar y Jerarquizar las causas. Es necesario buscar relaciones entre las causas que permita agruparlas y concatenarlas. De esta forma es posible darse cuenta de que, tal vez, la solución de una de ellas engloba la solución de alguna de las otras.

6. Cuantificar las causas. La medición, con datos reales o estimados, permitirá establecer prioridades.

7. Seleccionar una causa. Establecidas las prioridades para encontrar la causa o causas a las que buscar soluciones para que desaparezca la mayor parte del problema (20% de las causas generan el 80% del problema).

Fase C: Elaborar la Solución.

8. Proponer y cuantificar soluciones. Profundizar en la búsqueda de todas las soluciones viables, cuantificadas en costo, tiempo y recursos para que el problema desaparezca.

9. Seleccionar y Elaborar una Solución. Seleccionar la solución que resuelva el problema de manera más global (efectiva, rápida y económica), por medio de la comparación de las distintas soluciones estudiadas.

Fase D: Presentar la Propuesta.

10. Formular y presentar una propuesta de solución. Para ello se debe confeccionar un informe de análisis de averías donde se refleje toda la investigación, análisis, conclusiones y recomendaciones.

Por otro lado, muchos autores proponen el Análisis de Modos de Fallo y de sus Efectos (AMFE) como una importante técnica analítica para ayudar a identificar el Modo, Efecto y la Causa de una falla potencial antes de que se presente un problema en los procesos productivos.

González (2005) indica que el análisis de modos de fallo en mantenimiento para evitar errores en las fases o procesos preventivos o correctivos se identifica con el denominado AMFE, que a su vez se fundamenta en los estudios de árboles de fallos y modos, y repercusiones de éstos. Este análisis trata de evitar fallos en nuestros procesos de mantenimiento, revisando de forma metodológica y sistemática los mismos y la experiencia acumulada.

Los análisis de fallos en mantenimiento mediante AMFE, según González (2005), deben ser estructurados, plasmar su desarrollo y conclusiones en fichas e informes elaborados al efecto, que obliguen, tanto a los integrantes de grupos de trabajo como al coordinador que lo lidere, a reflejar de forma rigurosa y auditable sus conclusiones y las propuestas de soluciones correspondientes.

También, Plaza (2009) se refiere al AMFE como una contribución al esfuerzo de identificación de las causas potenciales de los problemas, a ser posible desde el primer momento, basándose en:

- Análisis de los posibles modos de fallo que pueden aparecer en un producto o en un proceso.
- Análisis de las posibles causas que pueden generar cada uno de los modos de fallo.
- Análisis de las consecuencias que derivan de los diferentes modos de fallo, teniendo en cuenta: la probabilidad de que pueda ocurrir el fallo, la gravedad o seriedad del fallo y la probabilidad de que cuando ocurra el fallo, no sea detectado.

Además, Plaza (2009) indica que existen dos tipos de AMFE, que son:

- AMFE de diseño, cuyo objeto del estudio es el producto y todo lo relacionado con su definición (elección de material, configuración física, dimensiones, tratamientos a aplicar, etc.)
- AMFE de proceso: cuyo objeto del estudio son los fallos del proceso hasta la entrega al cliente (materiales, mano de obra, métodos y entorno).

- AMFE de medios: es una herramienta esencial en el análisis y la prevención de fallos en los medios de producción (máquinas, herramientas, motores, etc.) que se emplean para obtener el producto o servicio, asegurando una adecuada disponibilidad y mantenibilidad.

[illegible]

Tabla N° 2. 2: Ejemplo tabla Análisis Modal de Fallos y Efectos.

Fuente: Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación. Lluís Cuatrecasas (2010).

En otra de sus obras, Cuatrecasas (2010), aborda con mayor profundidad el AMFE de medios, e indica que éste aporta la metodología y el análisis ordenado para resolver los problemas de fiabilidad de los diversos elementos o sistemas que componen los medios de producción, mediante la prevención y detección de dichos problemas antes de que puedan repercutir en el producto o el proceso. En este caso los efectos repercutirán sobre un cliente “interno” como pueden ser los operarios de máquina, de mantenimiento, de medición, de proceso, etc., que son los usuarios de los medios de producción. El proceso para llevar a cabo el AMFE de medios es el siguiente:

- Se deben denominar los sistemas y subsistemas que van a ser objeto del estudio, especificando el nombre y referencia de sus diferentes elementos componentes.
- En el AMFE de medios se emplean niveles para los coeficientes de frecuencia, detección y gravedad, que van del 1 al 4, como se muestra en las Tablas N° 2.3, 2.4 y 2.5 :
- El cálculo del Índice de Prioridad de Riesgo da como resultado valores que oscilarán entre 1 y 64, obtenidos del producto de los tres coeficientes con valor máximo de 4.

Tabla N° 2. 3: Coeficientes de frecuencia en el AMFE de medios.

Frecuencia	Observación	Frecuencia
1	Muy baja	< 1 Fallo por trimestre
2	Posible	< 1 Fallo por año
3	Media	< 1 Fallo por semana
4	Alta o frecuente	1 a 3 Fallos diarios

Fuente: Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación. Lluís Cuatrecasas (2010).

Gravedad	Observación	Parada de producción
1	Muy baja	< 1 minuto
2	Media	1 a 20 minutos
3	Alta o crítica	20 a 60 minutos
4	Catastrófica	> 60 minutos

Tabla N° 2. 4: Coeficientes de gravedad en el AMFE de medios.

Fuente: Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación. Lluís Cuatrecasas (2010).

Tabla N° 2. 5: Coeficientes de detección en el AMFE de medios.

No detección	Observación
1	Escasa probabilidad de no detección
2	Poca probabilidad
3	Media probabilidad
4	Alta probabilidad

Fuente: Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación. Lluís Cuatrecasas (2010).

2.11. Clasificación de los Equipos

Según Díaz (2010), lo primero que debe tener claro el personal del mantenimiento es el inventario de equipos, máquinas e instalaciones a mantener. El resultado será un listado de activos físicos de naturaleza muy diversa y que dependerá del tipo de industria. Una clasificación de todos estos activos para la industria naviera es la siguiente:

Equipos Auxiliares

- Sistema Hidráulico Gobierno Timón Auxiliar
- Sistema Hidráulico Gobierno Grúa/Cabrestante/Rampla
- Bomba trasvasije de Petróleo
- Planta Tratamiento de aguas servidas
- Bomba agua bebida
- Bomba agua salada
- Bomba agua oleosas
- Bomba achique e incendio Bb
- Bomba achique e incendio Eb
- Baterías alumbrado 24V
- Baterías equipos de radio
- Cargador de Baterías M/Ppales
- Cargador de Baterías alumbrado 24V
- Grúa
- Cabrestante

Equipos Principales

- Motor Principal Babor
- Motor Principal Estribor
- Motor Generador Babor
- Motor Generador Estribor
- Caja de Transmisión Babor
- Caja de Transmisión Estribor

Figura N° 2. 11: Clasificación Equipos Navieros

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, para realizar una clasificación apropiada de los equipos de una planta, por pequeña que sea, el número de equipos distintos aconseja que se disponga de:

- a) Un inventario de equipos, que es un listado o registro de todos los equipos, codificados y localizados.
- b) Un criterio de agrupación por tipos de equipos, para clasificar los equipos por familias, plantas, instalaciones, etc.
- c) Un criterio de definición de criticidad para asignar propiedades y niveles de mantenimiento a los distintos tipos de equipos.
- d) La asignación precisa del responsable del mantenimiento de los distintos equipos así como de sus funciones, cuando sea preciso.

Para la clasificación de los equipos de manera eficiente y ordenada, es necesario que la organización cuente con un “dossier técnico” o “dossier de mantenimiento”, que comprende toda la documentación que permite el conocimiento exhaustivo de los equipos, como por ejemplo:

- El dossier del fabricante (planos, manuales, documentos de pruebas, etc.)
- Fichero interno de la máquina (Inspecciones periódicas, reglamentarias, histórico de intervenciones, etc.)

2.12. Beneficio del Mantenimiento

El mantenimiento siempre trae consigo una serie de beneficios y ventajas para la organización, entre los cuales se pueden destacar:

- La confiabilidad, ya que los equipos operan en mejores condiciones de seguridad al conocer su estado y condiciones de funcionamiento.
- Mayor duración de los equipos e instalaciones.
- Uniformidad en la carga de trabajo para el personal del mantenimiento debido a una programación de actividades.
- Menor costo de reparaciones.

Es por esto que resulta importante determinar un plan de mantenimiento adecuado para una organización dependiendo de sus necesidades, involucrando una proporción adecuada de cada tipo de mantenimiento que permita maximizar estos beneficios.

3. Diseño Metodológico:

3.1. Diagrama Diseño Metodológico:

La secuencia de actividades realizadas como metodología para concluir al logro de los objetivos propuestos en este trabajo de titulación, es la siguiente:

Etapa	Objetivo	Actividades
I. Analizar la Situación Actual de las Embarcaciones.	Objetivo Específico I: Analizar la situación actual de la empresa, a través de entrevistas con la Gerencia del Área de Mantenimiento, con los operadores y mantenedores de los equipos, del estudio de registros de operación y mantenimiento, para la elaboración de un análisis de brecha.	Realizar reuniones periódicas con el Departamento de Mantenimiento para determinar fallas menores recurrentes en los equipos. Aplicar el Método Sistemático de Análisis de Averías, en una planilla Excel, donde se registrará la falla, al tipo de familia a la que pertenece, la causa raíz y una propuesta de solución. Realizar reuniones periódicas para evaluar el cumplimiento de las soluciones propuestas por medio del Método Sistemático de Análisis de Averías, y para la detección de nuevos fallos.

II. Actualizar la Información Técnica de las Embarcaciones.	Objetivo Específico II: Actualizar las fichas técnicas de las Motonaves, a través de la comparación de la información existente con la entregada por los fabricantes de los equipos y los operarios respectivos, para generar un inventario de los repuestos e insumos críticos.	Realizar un análisis de fichas técnicas actuales de las embarcaciones, para determinar que campos deben ser actualizados, y si es necesario agregar nuevos indicadores para controlar. Hacer visitas a las embarcaciones para recoger datos faltantes y actualizar fichas técnicas. Elaborar fichas técnicas de aquellas embarcaciones que no la posean, realizando visitas a terreno para recoger los datos. Organizar la información en carpetas por naves con las fichas técnicas y documentos de cada equipo, de manera que la información se encuentre accesible para todo el personal de mantención y embarcado.
III. Elaborar un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico de materiales e insumos.	Objetivo Específico III: Crear un sistema de gestión de inventario y una base de datos de materiales e insumos críticos, a través del análisis del Promedio de Permanencia en Bodega de cada uno de ellos, y seleccionados por medio de la herramienta Diagrama de Pareto, para definir un stock crítico permanente de ellos en bodega de mantención.	Actualizar el inventario de los materiales e insumos que se encuentran en bodega de mantención. Hacer la definición, mediante el análisis del Promedio de Permanencia en Bodega, de cuáles son los insumos y materiales críticos, y ordenarlos por importancia aplicando Diagrama de Pareto. Definir un Stock Crítico para los Repuestos.

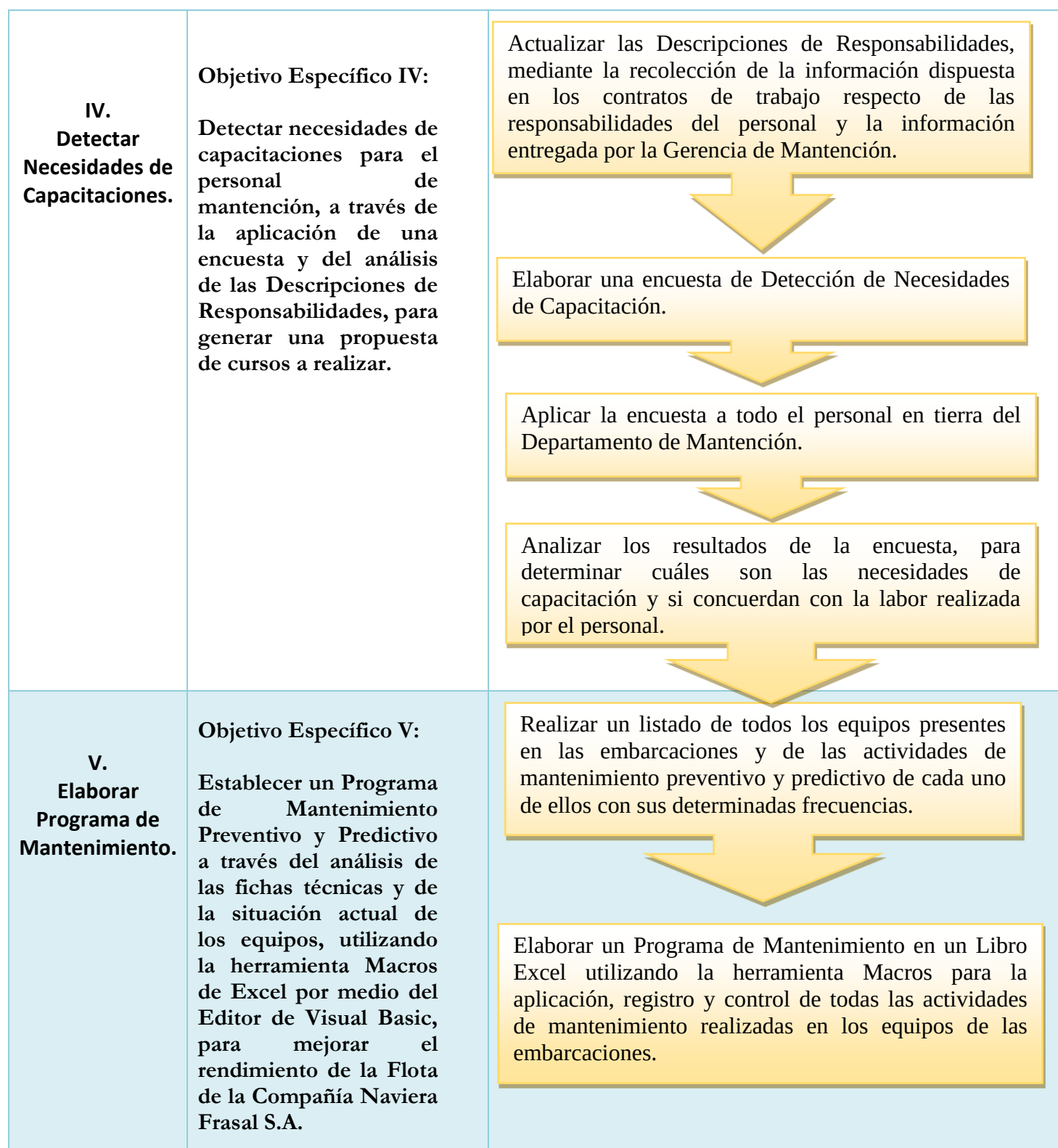


Figura N° 3. 1: Diagrama Diseño Metodológico.

Fuente: Elaboración Propia.

3.2. Descripción de Actividades:

3.2.1. Etapa 1: Analizar la Situación Actual de las Embarcaciones.

a) Realizar reuniones periódicas con el Departamento de Mantenimiento para determinar fallas menores recurrentes en los equipos.

Existen fallas menores que si bien no condicionan la operación de los equipos o de las embarcaciones, son recurrentes debido a un mal tratamiento o manipulación y producen excesos de costos por cambios más frecuentes de repuestos o por reparaciones, o incluso pueden afectar la seguridad laboral de los trabajadores. Con el objetivo de determinar cuáles son estas fallas y buscar una solución que pueda aumentar la confiabilidad de los equipos y disminuir los costos, según lo indicado por Díaz (2010), es necesario desarrollar un Método Sistemático de Análisis de Averías, para lo cual se realizó reuniones semanales del tipo “Brainstorming” o “Tormenta de Ideas”, con el Gerente de Mantenimiento, Subgerente de Mantenimiento, Asistente de Mantenimiento y Supervisores, para discutir y recopilar información obtenida por cada uno de ellos, de todos los miembros del Equipo de Mantenimiento, acerca de los fallos recurrentes, sus causas raíces y una propuesta de solución.

b) Aplicar el Método Sistemático de Análisis de Averías, en una planilla Excel, donde se registrará la falla, al tipo de familia a la que pertenece, la causa raíz y una propuesta de solución.

Según el Método Sistemático de Análisis de Averías propuesto por Díaz (2010), una vez obtenido un listado de fallas menores o problemas recurrentes en los equipos, se realizó un formato de planilla en Excel en donde se registró cada una de ellas agrupadas en familias que determinan el tipo de falla, como por ejemplo Estructural, Mecánica, Hidráulica, entre otras, para luego determinar su causa raíz y realizar una propuesta de solución. Esta planilla además posee una columna de control para registrar el estado en que se encuentra cada actividad, que será evaluado posteriormente en cada reunión del Equipo de Mantenimiento. La elaboración de esta planilla tiene por objeto realizar un registro histórico de fallas comunes, sus causas y posibles soluciones, para tratar así de evitar que estas sucedan, realizando un mantenimiento adecuado, o en caso contrario, poseer un mecanismo de acción de manera de enfrentar con rapidez este tipo de situaciones, y al menor costo posible.

c) Realizar reuniones periódicas para evaluar el cumplimiento de las soluciones propuestas por medio del Método Sistemático de Análisis de Averías, y para la detección de nuevos fallos.

Se fijaron reuniones semanales, a realizarse todos los días Viernes a las 17:00 horas, del tipo ascendentes, es decir su principal objetivo era recabar información del personal técnico de Mantenimiento, acerca de la forma en que se están llevando a cabo las actividades para reducir la cantidad de fallas

menores recurrentes en los equipos y de esta forma llevar un control de éstas y garantizar que se realice de forma adecuada. También estas reuniones tienen la finalidad de identificar, mediante la información entregada por los trabajadores, nuevos fallos y asignar responsables y plazos para establecer un mecanismo de respuesta ante ellos.

3.2.2. Etapa 2: Actualizar la Información Técnica de las Embarcaciones

a) Realizar un análisis de fichas técnicas actuales de las embarcaciones, para determinar que campos deben ser actualizados, y si es necesario agregar nuevos indicadores para controlar.

La actualización del formato de las fichas técnicas es una actividad que se realizó mediante el análisis y la comparación de los campos que contienen las fichas técnicas realizadas por la empresa, con la información recopilada en terreno, determinando en conjunto con parte del equipo de mantención, cuáles de ellos son necesarios y útiles de mantener en el formato, y cuáles de ellos se deben eliminar o agregar. Esta actualización de formato tuvo por objetivo seleccionar la información precisa que sirvió para asignar repuestos o determinar rutinas de mantenimiento y eliminar aquella que no presente ninguna utilidad, y al contrario pueda confundir al personal a la hora de tomar decisiones con respecto a los equipos. De esta forma se facilitó el manejo y entendimiento de las fichas.

b) Hacer visitas a las embarcaciones para recoger datos faltantes y actualizar fichas técnicas.

Se realizaron visitas a cada una de las embarcaciones de puerto de operación en la ciudad de Puerto Montt, cuyos equipos no poseían parte de su información técnica o se encontraba en duda, las cuales fueron programadas con al menos una semana de anticipación para contar con la presencia y disponibilidad de los jefes de máquinas y motoristas, con el fin de recopilar la información necesaria de forma más rápida y segura basándose en el conocimiento y experiencia que ellos poseen sobre las maquinarias. Esta recopilación de información se realizó mediante visitas a terreno, excluyendo otros medios de obtención de información, porque de esta forma se pudo corroborar inmediatamente que la información entregada por los operadores era la indicada, y así evitar problemas futuros en la aplicación de las mantenciones por contar con datos erróneos acerca de los equipos.

c) Elaboración de fichas técnicas de aquellas embarcaciones que no la posean, realizando visitas a terreno para recoger los datos.

La elaboración de las fichas técnicas de aquellos equipos que no la poseían se realizó tomado como base el formato de ficha actualizado, y la información recopilada en las visitas técnicas realizadas a las embarcaciones, obtenida mediante observación directa de los equipos o por medio de consultas al

personal involucrado con la operación de estos, para así aumentar la confiabilidad del proceso de mantención, no poner en riesgo el funcionamiento de las naves, y por consiguiente, el desarrollo comercial de la empresa.

Este procedimiento es de vital importancia porque debido a la falta de información, muchas veces los repuestos e insumos comprados y utilizados en la reparación o mantención de estos equipos no eran los indicados, lo que a mediano plazo influye en su desempeño óptimo, pudiendo además acotar la vida útil de los equipos.

El formato de ficha técnica realizado para cada una de las embarcaciones de la empresa es el siguiente:

  																																					
ESPECIFICACIONES TECNICAS																																					
NOMBRE EMBARCACIÓN																																					
CARACTERISTICAS GENERALES																																					
<table border="1"> <tr><td>Armador</td><td></td></tr> <tr><td>Señal Distintiva</td><td></td></tr> <tr><td>Matrícula N°</td><td></td></tr> <tr><td>Puerto de Matrícula</td><td></td></tr> <tr><td>Puerto de Operación</td><td></td></tr> <tr><td>Tipo de Nave</td><td></td></tr> <tr><td>ISMM</td><td></td></tr> <tr><td>Clasificación</td><td></td></tr> <tr><td>Tonelaje de Registro Grueso T.R.G</td><td></td></tr> <tr><td>Tonelaje de Registro Neto T.R.N.</td><td></td></tr> </table>	Armador		Señal Distintiva		Matrícula N°		Puerto de Matrícula		Puerto de Operación		Tipo de Nave		ISMM		Clasificación		Tonelaje de Registro Grueso T.R.G		Tonelaje de Registro Neto T.R.N.		FOTO EMBARCACIÓN																
Armador																																					
Señal Distintiva																																					
Matrícula N°																																					
Puerto de Matrícula																																					
Puerto de Operación																																					
Tipo de Nave																																					
ISMM																																					
Clasificación																																					
Tonelaje de Registro Grueso T.R.G																																					
Tonelaje de Registro Neto T.R.N.																																					
CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN																																					
<table border="1"> <tr><td>Año de Construcción</td><td></td><td>País</td><td></td></tr> <tr><td>Astillero</td><td></td><td>Casco N°</td><td></td></tr> <tr><td>Eslora Total</td><td></td><td>Mts.</td><td></td></tr> <tr><td>Manga</td><td></td><td>Mts.</td><td></td></tr> <tr><td>Puntal Cubierta Principal</td><td></td><td>Mts.</td><td></td></tr> <tr><td>Observaciones</td><td colspan="3"></td></tr> </table>	Año de Construcción		País		Astillero		Casco N°		Eslora Total		Mts.		Manga		Mts.		Puntal Cubierta Principal		Mts.		Observaciones																
Año de Construcción		País																																			
Astillero		Casco N°																																			
Eslora Total		Mts.																																			
Manga		Mts.																																			
Puntal Cubierta Principal		Mts.																																			
Observaciones																																					
EQUIPO DE FONDEO																																					
<table border="1"> <tr><td>Numeral de Equipo</td><td></td></tr> <tr><td>Cantidad Ancas de Leva</td><td></td></tr> <tr><td>Ancas de respeto</td><td></td></tr> <tr><td>Longitud Cadena de eslabones</td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro de cadena acero dulce</td><td></td></tr> <tr><td>Diámetro de cadena acero especial</td><td></td></tr> <tr><td>Cantidad de Amarras</td><td></td></tr> <tr><td>Largo mínimo de cada Amarra</td><td></td></tr> <tr><td>Carga de rotura mínima</td><td></td></tr> </table>	Numeral de Equipo		Cantidad Ancas de Leva		Ancas de respeto		Longitud Cadena de eslabones		Diámetro de cadena acero dulce		Diámetro de cadena acero especial		Cantidad de Amarras		Largo mínimo de cada Amarra		Carga de rotura mínima		<table border="1"> <tr><td>Peso por Ancla</td><td></td><td>Kilogramos</td></tr> <tr><td>Metros</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Milímetros</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Milímetros</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Metros</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Kilogramos</td><td></td><td></td></tr> </table>	Peso por Ancla		Kilogramos	Metros			Milímetros			Milímetros			Metros			Kilogramos		
Numeral de Equipo																																					
Cantidad Ancas de Leva																																					
Ancas de respeto																																					
Longitud Cadena de eslabones																																					
Diámetro de cadena acero dulce																																					
Diámetro de cadena acero especial																																					
Cantidad de Amarras																																					
Largo mínimo de cada Amarra																																					
Carga de rotura mínima																																					
Peso por Ancla		Kilogramos																																			
Metros																																					
Milímetros																																					
Milímetros																																					
Metros																																					
Kilogramos																																					

PROPULSIÓN					
Motor Principal Babor y Estribor		Potencia			
Serie Motor Babor		Serie Bba Iny.			
Serie Motor Estribor		Serie Bba Iny.			
Tipo de Hélice		Diámetro		Nº de Palas	
Caja de Transmisión Babor y Estribor					
Serie Caja de Transmisión Babor				B.O.M.	
Serie Caja de Transmisión Estribor				B.O.M.	
Velocidad de Crucero		Nudos		Motores a 1.800 RPM	
Consumo de Combustible a Vel. de Crucero		Litros /Hora			
Autonomía		Millas Náuticas			
EQUIPOS AUXILIARES					
Motor Auxiliar Nº 1		Potencia		Serie	
Generador Nº 1		Potencia		Serie	
Motor Auxiliar Nº 2		Potencia		Serie	
Generador Nº 2		Potencia		Serie	
Bomba Hidraulica Gobierno Timon				Serie	
Accionamiento					
Bomba Hidraulica Gobierno Grua/Cabrestante				Serie	
Motor Electrico					
Bba Hidraulica Gobierno Grua/Cabrestante Auxiliar				Serie	
Accionamiento Bomba					
Motor Hidraulico Virador X 2				Serie	
Motor Electrico P/Sistem Virador				Serie	
Bba Hidraulica Systeme Virador				Serie	
Bba de Transferencia de Petroleo				Serie	
Motor Electrico					
Bba Agua Negra				Serie	
Motor Electrico					
Bba de Agua Salada				Serie	
Motor Electrico					
Bba de Agua Bebida				Serie	
Motor Electrico					
Bba Agua Oleosa				Serie	
Motor Electrico					
Bba Achique Bb, Sentina e Incendio				Serie	
Motor Electrico					
Bba Achique Eb, Sentina e Incendio				Serie	
Motor Electrico					
Bba Efluente Peces x2				Serie	
Motor Electrico x2					
Bba Afluente Peces x2				Serie	
Accionamiento Bomba x2					
Soplador N°1				Serie	
Motor Electrico					
Soplador N°2				Serie	
Motor Electrico					
Baterias Motor Ppal					
Baterias Generadores					
Baterias Alumbrado 24 V					
Baterias Equipo UV					
Baterias Equipos de Radio					
Gargador 24 V					
Cargador 24 V					

EQUIPOS DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN					
Dispositivo				Serie	
Ecosonda				Serie	
GPS				Serie	
Intercomunicador				Serie	
Radar				Serie	
Radar				Serie	
Radio HF				Serie	
Radio VHF DSC				Serie	
Radio VHF DSC				Serie	
RLS				Serie	
Rx Navtex				Serie	
Sart				Serie	
VHF Portatil GMDSS				Serie	
VHF Portatil				Serie	
EQUIPOS DE CUBIERTA					
Grúa Principal de Cubierta				Capacidad	
Molinete Horizontal					
Motor Hidraulico Molinete					
DOTACION DE TRABAJO Y EQUIPOS DE SEGURIDAD					
Dotación Mínima					
Número de Oficiales					
Número de Tripulantes					
Balsa Salvavidas	Marca		Capacidad		Serie
	Marca		Capacidad		Serie

Figura N° 3. 2: Formato Ficha Técnica Embarcaciones.

Fuente: Elaboración Propia

d) Organización de la información en carpetas por naves con las fichas técnicas y documentos de cada equipo, de manera que la información se encuentre accesible para todo el personal de mantención y personal embarcado.

Una vez realizadas las fichas técnicas de cada equipo de las embarcaciones, resultó necesario organizar esta información, de manera que pueda ser aprovechada y utilizada de forma eficiente por los mantenedores, para lo cual se elaboró un archivador con toda esta información impresa para ser distribuida en las motonaves correspondientes, además de su entrega en formato digital. La importancia de la entrega de esta documentación radica en que de esta forma los trabajadores tendrán acceso más rápido a la información de los equipos, para realizar una solicitud de insumos o repuestos adecuada al personal de bodega, y no incurrir en excesos de costos por pedidos erróneos o no correspondientes a los equipos.

La documentación archivada para la entrega en las respectivas embarcaciones es la siguiente:

Información Departamento de Mantenición:

- 1.- Organigrama Departamento de Mantenición
- 2.- Información Encargados de Nave Mantenición.

Información Técnica:

- 3.- Ficha Técnica Embarcación
4. Fichas Técnicas Motores y Generadores (Fabricante)

Descripciones de cargo Personal Mantenición Embarcado:

- 5.- Descripción de cargo Jefe de Máquina.
- 6.- Descripción de cargo Motorista.

Formatos Informes y Solicitudes:

- 7.- Formato Check List Revista de Cargo
- 8.- Formato Informe Quincenal de Máquinas
9. Formato Pedimento de Máquinas.

3.2.3. Etapa 3: Elaborar un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico de materiales e insumos.

a) Actualizar el inventario de los materiales e insumos que se encuentran en bodega de mantención.

Debido a que existía una gran cantidad de repuestos e insumos en la bodega de mantención que no se encontraban registrados en la base de datos de la empresa, se procedió a realizar un inventario de ellos, por medio de la elaboración de un listado de artículos utilizando la herramienta Excel, y la posterior verificación presencial de los artículos almacenados y sus respectivas cantidades junto a integrantes del equipo de mantención para prestar apoyo en su identificación.

La realización de un inventario de insumos y materiales es necesario para evitar quiebres de stock de los artículos más relevantes utilizados en el Plan de Mantención, ya sea por su dificultad de adquisición o por su indispensabilidad para el funcionamiento de los equipos. También resulta importante tener un control y registro de estos para no incurrir en costos innecesarios por sobre stock de artículos de baja demanda de utilización.

b) Hacer la definición, mediante el análisis del Promedio de Permanencia en Bodega, de cuáles son los insumos y materiales críticos, y ordenarlos por importancia aplicando Diagrama de Pareto.

La determinación de los materiales e insumos críticos se realizó por medio del análisis del Promedio de días de Permanencia en Bodega de cada repuesto e insumo y del costo anual del inventario promedio, información obtenida de la base de datos de compras del año 2015 de la empresa, identificando así aquellos que requieren de un control especial debido al costo que significan.

Luego se realizó una categorización ABC o Diagrama de Pareto. La utilización de esta técnica, según lo expuesto por Krajewski (2000), tiene la finalidad de identificar claramente los insumos críticos del Departamento de Mantenimiento, para así enfocar los esfuerzos de control en aquellos que tiene mayor importancia, en este caso determinada por la frecuencia de utilización y por el costo anual que estos significan, aplicando distintas políticas de control como lo indica Dhillon (2002); esto debido a que el desabastecimiento de alguno de aquellos de mayor importancia, por mal manejo del inventario puede ocasionar pérdidas significativas para la empresa, como por ejemplo que algún equipo vital de la embarcación deje de funcionar, que por consiguiente la nave no pueda zarpar en el plazo estipulado, y que esto traiga consigo la pérdida de una entrega de servicio o de un cliente.

c) Definir un Stock Crítico para los Repuestos.

Una vez identificados los insumos críticos es necesario determinar un stock crítico para mantener en Bodega de Mantenimiento que asegure su disponibilidad inmediata. Para ello fue necesario analizar estadísticamente la frecuencia de utilización y cantidades requeridas de cada uno de ellos dentro del periodo de un mes, y una vez obtenida una cantidad necesaria de abastecimiento, disminuir las cantidades que se encuentran en bodega según el inventario realizado, para realizar las compras restantes y cubrir el stock, o en caso de sobreabastecimiento, eliminar las compras de estos insumos, hasta cumplir con el stock crítico. La definición de este Stock Crítico fue realizada con el propósito de asegurar la disponibilidad de los recursos vitales para la operatividad de las embarcaciones, y evitar costos adicionales por sobrestock.

3.2.4: Etapa 4: Detectar Necesidades de Capacitaciones.

a) Actualizar las Descripciones de Responsabilidades, mediante la recolección de la información dispuesta en los Contratos de Trabajo respecto de las responsabilidades del personal y la información entregada por la Gerencia de Mantenimiento.

La actualización de las Descripciones de Responsabilidades se realizó comparando las actividades y responsabilidades atribuidas a cada perfil en los respectivos Contratos de Trabajo, con la información proporcionada por la Gerencia de Mantenimiento de las labores que efectivamente realizan los ocupantes de cada cargo, debido a que existía una desinformación generalizada en los trabajadores acerca de sus labores y principalmente de sus responsabilidades, lo que afecta directamente el desempeño de las tareas de mantenimiento. La finalidad de actualizar esta información es poder aclarar a los trabajadores sus responsabilidades o tareas, la periodicidad en que deben ejecutarlas, los métodos que se aplicarán para su ejecución y los objetivos de sus cargos, además de servir como base para detectar si el personal asignado a cada puesto cumple con los requerimientos específicos en cuanto a formación que requiere cada cargo.

La Figura N° 3.3 muestra el formato utilizado para la elaboración de las Descripciones de Responsabilidades.

b) Elaboración de una encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación.

La encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación se elaboró con preguntas mayoritariamente abiertas, para así otorgar mayor libertad a los encuestados y obtener respuestas más completas, así como también para poder conocer el por qué y cómo de cada una de las interrogantes realizadas. El objetivo de esta encuesta es determinar en qué áreas presentan mayor debilidad los distintos cargos, para realizar una propuesta de capacitaciones indicadas de acuerdo a las necesidades existentes. Esto se debe a que, según Díaz (2010), la gestión del Recurso Humano es uno de los factores determinantes para lograr la eficiencia en la entrega del servicio.

La Figura N° 3.4 muestra el formato de la Encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación:



DESCRIPCIÓN DE RESPONSABILIDAD
Cargo Operativo

F. Confección : Noviembre 2015

Codigo : 014 MAN-XXX

TÍTULO DEL PUESTO:	OCUPANTE:
LOCALIZACIÓN:	DEPENDENCIA JERÁRQUICA:
FIRMA DEL OCUPANTE:	FIRMA DEL SUPERVISOR:

1.- MISIÓN

2.- PRINCIPALES ACTIVIDADES

	ACCIONES (¿Qué hacer?)
1	
2	
3	
4	
5	

3.- ORGANIZACIÓN

4.- PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES

☐ Conocimientos de:

☐ Requisitos:

☐ Experiencia:

☐ Habilidades de:

5.- PRINCIPALES RIESGOS ASOCIADOS AL CARGO

Figura N° 3. 3: Formato Descripciones de Responsabilidad.

Fuente: Elaboración Propia



ENCUESTA DE DETECCIÓN DE NECESIDADES DE CAPACITACIÓN

APELLIDOS:

NOMBRES:

Unidad institucional donde trabaja:

Fecha de respuesta a la encuesta:

1. Experiencia de Trabajo:

1.1 Antigüedad en la institución: _____

1.2 ¿Conoce el perfil y descripción de su puesto laboral? SI _____ NO _____

1.3. Mencione, a su juicio, cuáles son las 3 responsabilidades o actividades más importantes de su puesto.

1. _____

2. _____

3. _____

1.4. ¿Considera que tiene los conocimientos, habilidades y aptitudes para cumplir adecuadamente con las responsabilidades de su puesto actual?

Sí, totalmente _____

A medias _____

No los tengo _____

2. Conocimientos y Habilidades:

2.1 ¿Qué conocimientos generales necesitaría para su buen desempeño laboral? (Marque con X todos los que ud. crea pertinentes)

() Relaciones humanas en el trabajo

() Seguridad e higiene

() Conocimientos Técnicos

() Calidad en el servicio

2.2 ¿Qué conocimientos y habilidades específicas de su puesto necesitaría desarrollar?

(Nombre específicamente los que considere más importantes)

3. Capacitación:

3.1 ¿Ha recibido cursos de capacitación? SI _____ NO _____

3.2. ¿Cuáles?

3.3 ¿Cree que en la actualidad su desempeño es tan adecuado como lo desearía usted mismo? ¿Por qué?

3.4. Señale en relación a su puesto de trabajo ¿en que área debería capacitarse?

3.5 .En su opinión, ¿En qué área deberían capacitarse sus pares?

3.6 .Y, ¿En qué área deberían capacitarse sus superiores?

3.7 .Finalmente, ¿En qué área le gustaría capacitarse?

Agradecemos su tiempo para contestar

Figura N° 3. 4: Formato Encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación.

Fuente: Elaboración Propia.

c) Aplicar la encuesta a todo el personal en tierra del Departamento de Mantenición.

La aplicación de la encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación se realizó de manera personal y vía correo electrónico, a cada uno de los integrantes del departamento de mantenimiento que se desempeñan en el Taller de Mantenición en un periodo de un mes, esto debido a que por la dinámica del trabajo de mantenimiento no es posible reunir a todo el equipo, encontrándose cada uno generalmente realizando labores en distintas embarcaciones. El propósito de realizar esta encuesta a todo el personal de tierra es conocer los requerimientos de capacitación de cada uno de ellos y eliminar el margen de error en el análisis de los resultados.

d) Analizar los resultados de la encuesta, para determinar cuáles son las necesidades de capacitación y si concuerdan con la labor realizada por el personal.

El análisis de los resultados de la encuesta se logró mediante la elaboración de un cuadro resumen de todas las respuestas obtenidas por el personal de mantenimiento, por medio de la codificación de cada una de ellas, para posteriormente agruparlas en categorías de respuestas comunes y así poder observar la frecuencia con que se presentan.

Según lo expuesto por Colombo y Villalonga (2006) el análisis de datos descriptivos recogidos mediante métodos de investigación cualitativa implica: descubrimiento progresivo de temas y desarrollo de conceptos y preposiciones, codificación de los datos y el refinamiento de la comprensión del tema investigado, y finalmente comprender los datos en el contexto en que fueron recogidos. Para la codificación de los datos se sugiere desarrollar categorías de codificación, codificar todos los datos, separa los datos pertenecientes a cada categoría de codificación, ver que datos han sobrado y tratar de ajustarlos a las categorías existentes, y refinar el análisis modificando las interpretaciones para explicar todos los datos.

Por otro lado, Rincón (2014) concuerda con que un método de análisis de preguntas abiertas en encuestas es por medio de la codificación, que define como el proceso de convertir las respuestas individuales en categorías.

Una vez analizada la frecuencia de cada categoría codificada es posible evaluar los resultados mediante la utilización de una Matriz de Ponderación, asignando como criterio de evaluación de las respuestas la importancia de la actividad según los requerimientos del cargo detallados en las respectivas Descripciones de Responsabilidad. Para esto se utilizó el programa de cálculo Excel, ya que es una de

las herramientas que cuenta con más amplias capacidades gráficas que nos permiten presentar mejor y con más eficacia los resultados obtenidos. La finalidad de este análisis es identificar las necesidades comunes de formación de los distintos puestos de trabajo y si la satisfacción de éstas logrará cumplir con los objetivos del perfil de cargo correspondiente.

3.2.5. Etapa 5: Elaboración Programa de Mantenimiento.

a) Determinar las actividades de mantenimiento preventivo y predictivo, con sus respectivas frecuencias para cada equipo.

Cada equipo posee una rutina de mantenimiento específica, que asegura su correcto funcionamiento y durabilidad. Debido a la importancia de esta labor, se realizó un listado de las actividades de mantenimiento preventivo que deben realizarse a cada maquinaria y las frecuencias de éstas, datos obtenidos de las recomendaciones técnicas de los fabricantes y experiencia de sus operadores. Por otro lado, se proponen actividades de mantenimiento predictivo, según lo expuesto por los autores anteriormente citados, para cada tipo de equipo con los que cuentan las embarcaciones, y cuyas frecuencias de aplicación fueron establecidas en conjunto con el personal de mantención, de acuerdo a la disponibilidad de personal y a la cantidad de equipos a evaluar. De igual forma, se estableció la frecuencia de realización de los Overhaul o Mantenimientos Cero Horas para los equipos principales, dentro de los rangos establecidos por los fabricantes.

b) Elaborar un Programa de Mantenimiento en un Libro Excel utilizando la herramienta Macros para la aplicación, registro y control de todas las actividades de mantenimiento realizadas en los equipos de las embarcaciones.

Finalmente, habiendo determinado cada una de las actividades de mantenimiento y cada uno de los equipos presentes en las embarcaciones, se realizó una planilla Excel por medio de la herramienta Macros para la aplicación, registro y control del mantenimiento, con sus respectivas frecuencias, y con un sistema de alarmas oportunas que indiquen el plazo para realizar la actividad.

4. Resultados:

4.1. Etapa 1: Analizar la Situación Actual de las Embarcaciones.

Se realizaron cinco reuniones con los integrantes del departamento de mantención (Gerente, Subgerente, Asistente y Supervisores), los días Viernes 06 de Noviembre de 2015, Martes 17 de Noviembre de 2015, Viernes 04 de Diciembre de 2015, Viernes 15 de Enero de 2016 y Miércoles 20 de Enero de 2016, cuyo objetivo fue determinar las fallas recurrentes originadas en los equipos de las embarcaciones, producidas por falta de un mantenimiento adecuado, para posteriormente incluirlas en un Plan de Reducción de Fallas elaborado en una planilla Excel, en donde se clasifica cada una de estas averías por familia, con la finalidad de encontrar un método de eliminación o disminución para estos fallos.

Las averías o problemas recurrentes presentes en las distintas embarcaciones detectadas por el departamento de mantención son:

Tabla N° 4. 1: Método Sistemático de Análisis de Averías.

FAMILIA	FALLA	CAUSA RAÍZ	PROPUESTAS SOLUCIÓN
1.MECÁNICA	1. Deficiente regulación de válvulas por personal interno en motores NTA y CAT	Falta de instrumentos y capacitaciones adecuadas para realizar la actividad	1. Involucrar al personal que lo ejecuta.
			2. Crear procedimiento estándar para la operación.
			3. Realizar capacitaciones.
			4. Adquirir nuevas herramientas, que faciliten la realización de la actividad. (micrómetros, alexómetros).
	2. Corta vida útil de camisas de los motores principales (entre 8.000 y 10.000 h)	Falta de tratamiento adecuado de líquido refrigerante.	1. Levantamiento de información de naves que usan tratamiento de aguas de enfriamiento.
			2. Implementar mediciones de

	Normal = 15.000 h.		pH (comprar kit y programar las mediciones) en las naves que cuentan con tratamiento.
	3.-Altas temperaturas en salas de máquinas de embarcaciones (superior a 40°C) Normal = 33°C	Ventilación de salas de máquinas deficientes	1.- Medir la temperatura en toda la flota y generar listado de naves que requieren mejoramiento. 2.- Agrandar conductos de ventilación en las naves de ventilación deficiente.
	4.- Deficiente aislación de escapes de gases de motores principales y generadores.	Acumulación de polvillo en filtros de motores principales y generadores.	1. Mejorar el elemento de aislación de escapes.
2.ELECTRICIDAD	1. - Fallas constantes en soquetes de luces de navegación.	Deficiente conexiones eléctricas o calidad de soquetes.	1. Evaluar el cambio de soquetes. (Estandarizar a toda la flota)
	2.- Mediciones de aislación circuitos eléctricos fuera de plazos recomendados.	Falta de competencias del personal para la realización de mediciones.	1.-Emitir evaluación y certificado por personal de la empresa. Diseñar formato de informe de aislamiento.
3.OLEOHIDRÁULICA	1.- Contaminación de filtros de aire de los motores principales.	Mala combustión en los motores provocan alta temperatura que generan contaminación en aceites lubricantes.	1. Mejorar la eficiencia en la combustión (frecuencia cambio filtros de aire).
			2. Evaluar calidad del aceite lubricante.
4.MANIOBRAS	1.-Utilización inadecuada de las dimensiones de cadenas sistema de amarre y fondeo de acuerdo al cálculo de Numeral de Equipo.	Falta de competencias del personal que utiliza las cadenas. Falta de especificaciones técnicas.	1. Revisar numeral de equipos de todas las naves.
			2. Adjuntar información de equipos de amarre y fondeo a fichas técnicas de las embarcaciones.
5. REVISTAS	1.-Ocurrencia de frecuentes no	Falta de realización de Check List previo a la	1. Realizar Check List oportuno (1 mes antes) para solucionar

	conformidades por parte de la Autoridad Marítima.	Autoridad Marítima.	fallos o averías detectadas antes de Revista de Cargo.
6. GOBIERNO	1.- Falla reiterada en axiómetros.	Mala calidad de los equipos.	1. Revisar la calidad del equipo y buscar nuevos proveedores

Fuente: Elaboración Propia.

4.2. Etapa 2: Actualización de la Información Técnica Embarcaciones.

Algunas embarcaciones cuentan con una ficha técnica que posee las características generales de la embarcación y además detalla específicamente cada uno de los equipos que posee, incluyendo marca, modelo y número de serie cuando corresponde, pero otras no poseen estos registros o no se encuentran actualizados, debido a movimientos de equipos entre embarcaciones que no fueron registrados. Es por esto que se procedió a realizar un nuevo levantamiento de información para completar esta información.

Además, se decide incluir información adicional a las características generales de las embarcaciones, correspondiente al Numeral de Equipo, valor que define el Sistema de Fondeo y de Amarre con el cual debe estar equipada una embarcación, según lo estipulado en el Decreto 102 del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina que sustituye el Reglamento para el Equipo en los cargos de navegación y maniobras de las naves y embarcaciones de la marina mercante nacional y especiales, en su última versión del 04 de Diciembre de 2001. Contar con esta información es de muchísima importancia, ya que de esta forma las embarcaciones tendrán claridad del tipo de instrumentos con los que debe contar para cumplir con la normativa legal y no presentar inconvenientes ante un control de la Autoridad Marítima y condicionar así el zarpe de la embarcación.

El Numeral de Equipo de cada embarcación, con sus respectivos Sistemas de Fondeo y Amarre según lo expuesto en el Decreto 102, se presenta en la siguiente tabla:

Tabla N° 4. 2: Numeral de Equipo y Sistemas de Amarre y Fondeo Embarcaciones.

M/N	NUMERAL	ANCLAS DE LEVA SIN CEPO			CADENA DE ESLABONES CON CONTRETE PARA ANCLAS DE LEVA			AMARRAS		
		Cantidad	Ancla de respeto	Peso por ancla [kg]	Longitud total [m]	Diámetro de cadena [mm]		Cantidad	Largo mínimo cada amarra [m]	Carga de rotura mínimo [kg]
						Acero Dulce	Acero Especial			
AMATISTA	280-320	2	1	900	357,5	30,0	26,0	3	140	8000
CAHUEL	139,68	2	0	340	275	19,0	17,5	2	120	5000
CECILIA	267,46	2	1	780	330	28,0	24,0	3	120	7250
COHO	121	2	0	300	247,5	17,5	16,0	2	110	4000
DON ASCANIO	358	2	1	1020	357,5	32,0	28,0	3	140	8750
DON JOSE	89,67	2	0	180	220	14,0	12,5	2	100	3750
DON JULIAN	131,43	2	0	340	275	19,0	17,5	2	120	4500
EIDSVAAG	225,32	2	1	660	302,5	26,0	22,0	2	120	6550
JOSEFINA	111,8	2	0	270	247,5	17,5	16	2	110	4000
MARIA INES	340,64	2	1	1020	357,5	32,0	28,0	3	140	8750
MINKE	274,96	2	1	780	330	28,0	24,0	3	120	7250
ORCA	96,01	2	0	210	220	16,0	14,0	2	110	3750
PIA JOSE	144,8	2	0	390	275	19,0	17,5	2	120	5000
SALAR	124	2	0	300	247,5	17,5	16,0	2	110	4000
TONINA	139,68	2	0	340	275	19,0	17,5	2	120	5000
VICTORIA	267,46	2	1	780	330	28,0	24,0	3	120	7250

Fuente: Elaboración Propia.

Un ejemplo del formato actualizado de la Ficha Técnica, incluyendo la información obtenida del Numeral de equipo de cada embarcación acerca de sus equipos de amarre y fondeo se presenta a continuación:

  			
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
ORCA			
CARACTERISTICAS GENERALES			
Armador	Frasal		
Señal Distintiva	CB-6545		
Matrícula N°	3002		
Puerto de Matrícula	Valparaíso		
Puerto de Operación	Oxean, Puerto Montt		
Tipo de Nave	Carga General		
ISM	725015000		
Clasificación	M/N		
Tonelaje de Registro Grueso T.R.G	162	Ton.	
Tonelaje de Registro Neto T.R.N.	49	Ton.	
CARACTERÍSTICAS DE CONSTRUCCIÓN			
Año de Construcción	2001	País	Chile
Astillero	Ascon		Casco N°
Eslora Total	28.03	Mts.	
Manga	9	Mts.	
Puntal Cubierta Principal	2.5	Mts.	
Observaciones	-		
EQUIPO DE FONDEO			
Numeral de Equipo	96,01		
Cantidad Anclas de Leva	2	Peso por Ancla	210 Kilogramos
Ancla de respeto	NO		
Longitud Cadena de eslabones	220,00	Metros	
Diámetro de cadena acero dulce	16,00	Milímetros	
Diámetro de cadena acero especial	14,00	Milímetros	
Cantidad de Amarras	2		
Largo mínimo de cada Amarra	110,00	Metros	
Carga de rotura mínima	3750	Kilogramos	



PROPULSIÓN					
Motor Principal Babor y Estribor		Caterpillar/3406	Potencia	373 HP a 1800 rpm	
Serie Motor Babor		4TB07451	Serie Bba Iny.		
Serie Motor Estribor		4TB07201	Serie Bba Iny.		
Tipo de Hélice		Diámetro		Nº de Palas	
Caja de Transmisión Babor y Estribor		Marine Gearbox/Z300/3 : 1			
Serie Caja de Transmisión Babor		111470	B.O.M.	-	
Serie Caja de Transmisión Estribor		111466	B.O.M.	-	
Velocidad de Crucero			Nudos	Motores a 1.800 RPM	
Consumo de Combustible a Vel. de Crucero		80	Litros /Hora		
Autonomía			Millas Náuticas		
EQUIPOS AUXILIARES					
Motor Auxiliar Nº 1	Cummins/S083741	Potencia	277 Hp a 1800 rpm	Serie	36059804
Generador Nº 1	Cummins/C200D54	Potencia	Stand By 200/Prime 182 KVA	Serie	G08T009620
Motor Auxiliar Nº 2	Cummins/S083738	Potencia	170 Hp a 1800 rpm	Serie	36264482
Generador Nº 2	Cummins/C120D54	Potencia	Stand By 120/Prime 108 KVA	Serie	A11T019037
Bomba Hidraulica Gobierno Timon	-			Serie	-
Accionamiento	Acoplado a distribucion M.P Eb				
Bomba Hidraulica Gobierno Grua/Cabrestante	-			Serie	-
Motor Electrico	20 Hp/1460 rpm/380T-660E V/30.3T-17.4E				
Bba Hidraulica Gobierno Grua/Cabrestante Auxiliar	-			Serie	-
Accionamiento Bomba	Acoplado Mecanicamente al Damper Motor Bb				
Motor Hidraulico Virador X 2	Eaton			Serie	-
Motor Electrico P/Sistem Virador	Siemens/40 Hp T-E/56 T - 32.5 E (A)/1470 rpm			Serie	-
Bba Hidraulica Sistema Virador	Salami/3PB55D-G87P2			Serie	612982242
Bba de Transferencia de Petroleo	Pedrollo/CPm 158/10 a 90 (Lts/min)			Serie	
Motor Electrico	1 Hp/2900 rpm/230 V/6 A				
Bba Agua Negra	Vogt			Serie	-
Motor Electrico	WEG/2 Hp/2670 rpm/220T-380E (V)/5.56T-3.22E (A)				
Bba de Agua Salada	Pedrollo/PKm60/5 a 40 (Lts/min)			Serie	-
Motor Electrico	0.5 Hp/2900 rpm/230 V/2.5 A				
Bba de Agua Bebida	Pedrollo/CPm 158/10 a 90 (Lts/min)			Serie	-
Motor Electrico	1 Hp/2900 rpm/230 V/6 A				
Bba Agua Oleosa	Pedrollo/CPm 158/10 a 90 (Lts/min)			Serie	-
Motor Electrico	1 Hp/2900 rpm/230 V/6 A				
Bba Achique Bb, Sentina e Incendio	Ebara/3M-E40-200-5.5/200 a 700 (Lts/min)/2870 rpm			Serie	-
Motor Electrico	8.5T-7.4E (Hp)/2900 rpm/400T-690E (V)/10.4T-6E (A)				
Bba Achique Eb, Sentina e Incendio	Jacuzzi/C75/M3T			Serie	172850308
Motor Electrico	7.5 Hp/2870 rpm/380T-660E (V)/10.6T-6.12E (A)				
Bba Efluente Peces x2	Reggio/2400 (Lts/min)			Serie	-
Motor Electrico x2	-				
Bba Afluente Peces x2	Reggio/2400 (Lts/min)			Serie	-
Accionamiento Bomba x2	-				
Soplador N°1	Kaeser/Omega 23 Plus			Serie	2452 BJ 2009
Motor Electrico	15 Hp/2920 rpm/380T-660E (V)/21.7T-12.5E (A)				
Soplador N°2	Kaeser/Omega 23 plus			Serie	2313 BJ 2009
Motor Electrico	15 Hp/2940 rpm/400T-690E (V)/19.5T-11.3E (A)				
Baterias Motor Ppal	2 x (12 V/1100 A) C/U				
Baterias Generadores	(12 V/800 A) C/U				
Baterias Alumbrado 24 V	2 x (12 V/1100A)				
Baterias Equipo UV	2 x (12 V/1150A)				
Baterias Equipos de Radio	MQP122000/2 x (12 V/200 AH)				
Gargador 24 V	SamlexPower/SEC-2425UL/24 V/25A				
Cargador 24 V	Chargetek/RTIC-2210				

EQUIPOS DE COMUNICACIÓN Y NAVEGACIÓN						
Dispositivo	Kenwood/Thorium TST 100		Serie	PCN:0209		
Ecosonda	Ninglu/FS117		Serie	FK110062		
GPS	Furuno/GP-31		Serie	3443-3074		
Intercomunicador	Techman/PA-126U		Serie	-		
Radar	Furuno/F1351		Serie	-		
Radar	Raymarine/C90		Serie	-		
Radio HF	Icom/IC-M802		Serie	108622		
Radio VHF DSC	Icom/IC-M502		Serie	116227		
Radio VHF DSC	Icom/IC-M502		Serie	103147		
RLS	Serpe-IESM/Kannand 406		Serie	374154		
Rx Navtex	Furuno/NX-300		Serie	3581-3212		
Sart	Serpe-IESM/Rescuer Sart		Serie	32403		
VHF Portatil GMDSS	ACR/SR-102R		Serie	972009		
VHF Portatil	Vertex/Standard		Serie	11110301		
EQUIPOS DE CUBIERTA						
Grúa Principal de Cubierta	S/P		Capacidad			
Molinete Horizontal	S/D					
Motor Hidraulico Molinete	S/D					
DOTACION DE TRABAJO Y EQUIPOS DE SEGURIDAD						
Dotación Mínima	8					
Número de Oficiales	4					
Número de Tripulantes	4					
Balsa Salvavidas	Marca	KHA	Capacidad	25	Serie	6701
	Marca	GOODRICH	Capacidad	20	Serie	123

Figura N° 4. 1: Ficha Técnica MN Orca.

Fuente: Elaboración Propia.

Cada Ficha Técnica fue entregada a sus respectivas embarcaciones, en archivadores y en formato digital para que el personal tenga rápido acceso a la información de los equipos con que cuentan. Además, en cada archivador se adjuntó las Fichas Técnicas de Motores, Generadores, y Cajas de Transmisión, además de Formatos de Informes y Solicitudes, realizados por la empresa pero que no son aplicados por todas las embarcaciones de la flota, para así estandarizar la recepción de la información por parte de la administración, para la puesta en marcha del Plan de Mantenimiento propuesto en éste trabajo de título.

Los Formatos entregados a las embarcaciones en sus respectivos archivadores son: Formato Check List Revista de Cargo (Anexo N°1), Formato Informe Quincenal de Máquinas (Anexo N°2), y Formato Pedimento de Máquinas (Anexo N°3).

4.3. Etapa 3: Elaborar un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico de insumos y repuestos.

Para la elaboración de un Sistema de Gestión de Inventario con Stock Crítico, en primera instancia fue necesario actualizar el inventario de repuestos e insumos de la bodega de mantención, obtenido de la base de datos de compras de la empresa. Se registró un total de 147 productos, de los cuales se obtuvo el Promedio de Días de Permanencia en Bodega y su valor de adquisición promedio, para estimar el costo de su inventario anual. Una vez realizados estos cálculos se seleccionó el 20% de los productos, que generan el 89% de los costos anuales en inventario y fueron clasificados como categoría "A" y corresponderán a los productos críticos, por lo que requieren especial control. Luego el 30% de los productos que generan el 9% de los costos anuales de inventario fueron clasificados como categoría "B", y el 50% de los productos que generan el 2% de los costos anuales de inventario, como categoría "C", como se muestra a continuación:

Tabla N° 4. 3: Inventario de Repuestos e Insumos Bodega de Mantención.

Producto	Cant	Precio	Promedio bodega	Cant. Anu	Costo Total	Clasificación
ROLLO CABO POLIPROPILENO 28 MM (220 MTS.)	1	123.398,00	3	122	\$ 15.013.423	A
FILTRO AIRE AF25688	6	53.453,00	31	12	\$ 629.366	A
FILTRO COMBUSTIBLE 22377272	8	60.524,00	36	10	\$ 613.646	A
PITO NAVEGACION ELECTRICO 24V DC	1	52.800,00	39	9	\$ 494.154	A
BALDE GRASA MP, 16 KG.	2	31.422,00	29	13	\$ 395.484	A
FILTRO AIRE AF 1869	1	32.014,00	30	12	\$ 389.504	A
BALDE ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC 1300 SUPER	36	27.672,00	29	13	\$ 348.286	A
FILTRO AIRE AF 872	1	27.414,00	30	12	\$ 333.537	A
PRESOSTATO ELECTRONICO	2	20.159,66	28	13	\$ 262.796	A
BALDE ACEITE SAE MOBIL TRANS HD-30	20	26.459,00	37,3333	10	\$ 258.684	A
FILTRO AIRE PERKINS 26510337	3	21.185,00	32	11	\$ 241.641	A
CAJA MANTA CERAMICA 1" - 128 KG/M3 DENS.	1	65.660,00	108	3	\$ 221.906	A
FILTRO AIRE PERKINS 26510380	3	34.865,00	61	6	\$ 208.618	A
FILTRO AIRE AF 928	7	28.717,00	52,5	7	\$ 199.652	A
FILTRO AIRE (D16C) 21196919	4	56.302,20	107	3	\$ 192.059	A
FILTRO PETROLEO RK - 09	1	19.142,00	37	10	\$ 188.833	A
FILTRO AIRE AF 25708 M	1	38.382,00	75	5	\$ 186.792	A
FILTRO AIRE AF25910	1	98.734,00	201	2	\$ 179.293	A
FILTRO AIRE AH 1107	9	14.838,33	30,5	12	\$ 177.573	A

FILTRO AGUA WF 2076	5	12.474,20	30,5	12	\$ 149.281	A
FILTRO ACEITE 1R-1808-CAT.	5	10.812,00	30	12	\$ 131.546	A
TUBO FLUORESCENTE 18W	50	355	1	365	\$ 129.575	A
FILTRO AIRE AP 7998	3	22.628,67	65,5	6	\$ 126.099	A
FILTRO PETROLEO DAHL 201W	8	8.957,98	26	14	\$ 125.756	A
FILTRO AIRE AH 19037	8	22.140,00	66	6	\$ 122.441	A
FILTRO BY-ACEITE (D16C) 21707132	5	11.990,00	36	10	\$ 121.565	A
FILTRO ACEITE LF 3000	26	9.930,00	30	12	\$ 120.815	A
BALDE ACEITE HIDRAULICO MOBIL DTE-26	16	25.550,00	81,75	4	\$ 114.076	A
FILTRO ACEITE MOTOR (D16C) 21707133	7	10.990,00	36	10	\$ 111.426	A
FILTRO AIRE AF25904	2	22.050,00	73	5	\$ 110.250	B
FILTRO COMBUSTIBLE 1R-0749-CAT	4	7.761,00	30	12	\$ 94.426	B
VALVULA QUICK CLOSING BRONCE 1P	3	78.500,00	326	1	\$ 87.891	B
FILTRO HIDRAULICO 25 CROSS	1	17.500,00	75	5	\$ 85.167	B
FILTRO AIRE AH 1136	1	16.027,00	75	5	\$ 77.998	B
FILTRO AIRE AF25075	4	21.493,00	106	3	\$ 74.009	B
FILTRO PETROLEO RK-90	2	20.552,00	112	3	\$ 66.978	B
FLUJOMETRO 0 - 15 LPM	2	23.000,00	126	3	\$ 66.627	B
BASE CON RELE 12-24VDC	2	16.075,00	91	4	\$ 64.477	B
IMPULSOR SN 50 - 160 B	1	59.500,00	338	1	\$ 64.253	B
FILTRO ACEITE LF- 9070	2	18.424,00	110	3	\$ 61.134	B
VALVULA	1	54.847,00	338	1	\$ 59.228	B
SENSOR TEMPERATURA	2	14.064,00	91	4	\$ 56.411	B
FILTRO RACOR 2040 SM 2 MI(PARKER)	6	4.691,00	31	12	\$ 55.233	B
VALVULA QUICK CLOSING BRONCE 1/2P	3	48.963,00	326	1	\$ 54.821	B
FILTRO ACEITE LF 670	9	4.468,00	31	12	\$ 52.607	B
TRANSFORMADOR	1	45.715,00	319	1	\$ 52.307	B
FILTRO PETROLEO DAHL 151W	8	8.755,30	61,3333	6	\$ 52.104	B
FILTRO AIRE AH 1190	4	14.049,00	98,5	4	\$ 52.060	B
FILTRO PETROLEO FS 1212	14	4.201,00	31	12	\$ 49.463	B
FILTRO AGUA WF 2075	8	7.974,50	62	6	\$ 46.947	B
SELLO MECANICO 32 MM	1	41.250,00	332	1	\$ 45.350	B
FILTRO AIRE AF25911	1	21.194,00	173	2	\$ 44.716	B
ELEMENTO FILTRO 10 MICRAS 1 1/4"	1	27.616,00	226	2	\$ 44.601	B
FILTRO AIRE PERKINS 26510362	2	25.116,00	206	2	\$ 44.502	B
FILTRO PETROLEO DAHL 101W	12	7.323,08	61,3333	6	\$ 43.580	B
FILTRO AIRE C20175	5	24.995,00	211,5	2	\$ 43.136	B
SENSOR(DETECTOR) DE HUMO 12/24V	16	13.284,00	113	3	\$ 42.908	B
FILTRO AIRE AF 26121	3	39.762,67	345,5	1	\$ 42.007	B
FILTRO PETROLEO FF 105D	13	3.491,54	30,5	12	\$ 41.784	B
BALDE ACEITE HIDRAULICO MOBIL DTE-24	9	25.214,00	221,6667	2	\$ 41.518	B
FILTRO ACEITE 901-103-CAT	5	8.389,00	75	5	\$ 40.826	B
FILTRO PETROLEO FS 19531	5	7.954,00	75	5	\$ 38.709	B
FILTRO PETROLEO LFF 2749	2	7.761,00	75	5	\$ 37.770	B
FILTRO PETROLEO FS 1280	10	3.071,00	31	12	\$ 36.159	B
ACEITE 2T (MOT. FUERA DE BORDA)	25,5	4.034,00	42	9	\$ 35.057	B
EMPAQUETADURA TRENZADA LINO ptfe 3/4"	5	31.000,00	326	1	\$ 34.709	B
TRABADOR RODAMIENTO 50L (609-640 50)	1	31.313,00	330	1	\$ 34.634	B
FILTRO SEPARADOR FS19624	3	9.228,67	98,5	4	\$ 34.198	B
FILTRO PETROLEO FF 42000	12	2.772,00	30	12	\$ 33.726	B

FILTRO RACOR 2020 SM 2 MI (PARKER)	46	5.126,13	56	7	\$	33.411	B
FILTRO PETROLEO FF 5018	4	4.195,00	50	7	\$	30.624	B
FILTRO SEPARADOR COMB/AGUA FS01275	3	11.320,00	140	3	\$	29.513	B
VALVULA MARIPOSA PVC	2	22.879,00	319	1	\$	26.178	B
FILTRO ACEITE LF 691	6	6.920,00	98,5	4	\$	25.643	C
FILTRO ACEITE LF 780-3349	6	2.118,00	31	12	\$	24.938	C
ACEITE 10W40	16	9.222,50	137	3	\$	24.571	C
CINTA AISLADORA SUPER +33 (3M)	11	3.300,00	56	7	\$	21.509	C
FILTRO AIRE LAF 8148	1	11.765,00	204	2	\$	21.050	C
AMPOLLETAS 25W BAY 15D 24V (LUCES NAVEGACION)	67	1.829,10	34,5	11	\$	19.351	C
AUTOMATICO 3X25A TIPO C 10K	1	15.982,00	325	1	\$	17.949	C
PILAS ALCALINA TIPO "D"	50	1.215,00	25,5	14	\$	17.391	C
TENSOR RACHET 2" (ESLINGA)	4	5.286,00	112	3	\$	17.227	C
AMPOLLETA AHORRO ENERGIA 220V/8W ESPIRAL CORTO	69	1.500,00	32	11	\$	17.109	C
BALDE ACEITE MOBIL ATF 220.	3	45.891,00	984	0	\$	17.023	C
FILTRO PETROLEO FF 5052	3	3.020,00	66	6	\$	16.702	C
FILTRO HIDRAULICO LFH 4209	2	3.125,00	73	5	\$	15.625	C
FILTRO ACEITE LF 3959	2	3.646,00	104	4	\$	12.796	C
FILTRO RACOR 2010 SM (PARKER)	24	5.550,00	162,3333	2	\$	12.479	C
JUEGO DE CUBIERTOS P/6 PERSONAS	2	8.739,50	257	1	\$	12.412	C
FILTRO ACEITE LF 701.	8	3.619,00	107	3	\$	12.345	C
FILTRO ACEITE PL 366	7	4.879,00	144,5	3	\$	12.324	C
FILTRO AIRE AF 26120	3	18.490,00	584	1	\$	11.556	C
FILTRO PETROLEO WK 723	2	3.277,31	108	3	\$	11.076	C
FILTRO ACEITE LFP 3900	7	2.965,86	99,6667	4	\$	10.862	C
FILTRO HIDRAULICO LFH 4268	9	8.890,00	304,5	1	\$	10.656	C
BENCINA 95 OCT.	40	317,04	11	33	\$	10.520	C
CAJA HIDROBOX - 2 MODULO	1	8.218,49	325	1	\$	9.230	C
FILTRO ACEITE LF 777	7	6.085,43	246,5	1	\$	9.011	C
FILTRO PETROLEO PC2/155	11	2.766,82	115,3333	3	\$	8.756	C
FILTRO PETROLEO BFU 707	3	2.950,00	128	3	\$	8.412	C
SELECTOR	6	6.381,98	326	1	\$	7.145	C
AMPOLLETA 24V X 25 WATTS DOBLE CONTACTO PATA DISPAREJA	19	1.900,00	112	3	\$	6.192	C
VALVULA DE CORTE RAPIDO 1P	3	4.830,00	326	1	\$	5.408	C
LLAVE BUJIA 13/16	17	2.000,00	156	2	\$	4.679	C
LLAVE BUJIA 5/8	3	2.000,00	156	2	\$	4.679	C
MOLDURA 20 X 40 MM - (BANDEJA LEGRAND)	2	4.073,95	326	1	\$	4.561	C
FILTRO ACEITE PH 4408- 700	6	4.124,67	333	1	\$	4.521	C
MINI ESTANCO E-27	9	3.386,55	333	1	\$	3.712	C
AMPOLLETA 24V X 21W-DOBLE CONTACTO-PATA PAREJA	7	3.076,00	320	1	\$	3.509	C
PILAS ALCALINAS TIPO "C"	70	922,14286	99,25	4	\$	3.391	C
ENCHUFE MACHO VOLANTE 16 AMP 2P+T	1	1.918,00	326	1	\$	2.147	C
INTERRUPTOR 1P X 10A 6/10KA C10	5	1.874,40	325	1	\$	2.105	C
INTERRUPTOR 1P X6A 6/10KA CURVA C	1	1.874,40	325	1	\$	2.105	C
DISCO DESBASTE 7"	40	940	173	2	\$	1.983	C
ABRAZADERA ALTA PRESION 80 - 85 MM	1	1.681,00	326	1	\$	1.882	C
PRENSA ESTOPA PG36	2	1.538,00	330	1	\$	1.701	C
BORNE GRIS 16MM2 4AWG	20	1.429,00	326	1	\$	1.600	C
CORREA LISA A-45	1	1.429,00	337	1	\$	1.548	C
COLORO CONCENTRADO	5	880	225	2	\$	1.428	C

AMPOLLETA P/LUCES NAVEGACION 24V - PERKO	4	3.080,00	805	0	\$	1.397	C
MODULO INTERRUPTOR 9/12	4	1.134,45	326	1	\$	1.270	C
ELECTRODO TUNGSTENO 2.4 MM	10	1.400,00	470	1	\$	1.087	C
MANGUERA MALLAFLEX 3/4"	26	885	320	1	\$	1.009	C
BORNE GRIS 10MM2 6AWG	20	890	326	1	\$	996	C
CAJA ESTANCA 76 X 60 X 45	1	824	325	1	\$	925	C
BORNE CONEXION MK4 0,5 4MM2	10	803	326	1	\$	899	C
PRENSA ESTOPA PG 21	1	800	330	1	\$	885	C
TUBO FLUORESCENTE 40W -36W	25	408	177	2	\$	841	C
BORNE VIKIN 6MM2	10	730	326	1	\$	817	C
PRENSA ESTOPA PG29	6	613,45	330	1	\$	679	C
AMPOLLETA 12V 20/5W PATA PAREJA	16	417,5	320	1	\$	476	C
AMPOLLETA 12V x 40 WATTS - ROSCA	6	300	319	1	\$	343	C
AMPOLLETA 220V X 60 WATTS-REFORZADA	1	294,11	319	1	\$	337	C
PRENSA ESTOPA PG 13.5	10	260,5	330	1	\$	288	C
terminale ferrule 16mm	100	202	326	1	\$	226	C
CAJA DERIVACION	1	170	326	1	\$	190	C
TERMINALE FERRULE 10MM	30	155	330	1	\$	171	C
TERMINAL 8-10 8AWG OJO 10.5MM AISLADO	217	137	326	1	\$	153	C
TERMINAL FERRULE AISLADO DOBLE 2.5 MM2 AZUL	100	92,43	330	1	\$	102	C
PARTIDOR S/10 P/FLUORESCENTE	1	168,06	638	1	\$	96	C
TERMINAL FERRULE AISLADO 6.0 MM2 VERDE	150	82	333	1	\$	90	C
TERMINAL FERRULE AISLADO 4.0 MM2 NARANJO	300	74	330	1	\$	82	C
PERNO HEXA. 1/4" x 1" INOXIDABLE	16	67,22	319	1	\$	77	C
AMARRA PLASTICA 3.5 X 150 MM	700	16	81	5	\$	72	C
TERMINAL RVL 2-4 16-14 AWG OJO 4.3MM	207	38	320	1	\$	43	C
TERMINAL RVL 2-5 16-14 AWG OJO 5.3MM	200	38	320	1	\$	43	C
TERMINAL FERRULE AISLADO 2.5 MM2 GRIS	230	38	328	1	\$	42	C

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación se presenta un cuadro resumen de la cantidad y costos respectivos de los productos pertenecientes a cada categoría:

Tabla N° 4. 4: Cuadro Resumen Categorización ABC

Clasificación	Productos		Costos	
	Cantidad	Porcentaje	Cantidad CLP \$	Porcentaje
A	29	20	21.787.829	89
B	44	30	2.264.004	9
C	74	50	486.461	2
TOTAL	147		24.538.294	

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez definidos los productos de la clasificación A, se determina un stock de seguridad para cada uno de ellos. Al ser productos en su mayoría de baja demanda mensual y de fácil adquisición se reducen considerablemente las cantidades a almacenar de cada uno de ellos. Para el cálculo del stock de seguridad se emplea la siguiente fórmula:

$$SS = (Pme - Pe) \times Dm$$

Donde:

SS = Stock de Seguridad

Pme = Plazo máximo de envío del pedido por parte de los proveedores.

Pe = Plazo medio de envío de los pedidos.

Dm = Demanda media durante el plazo de entrega.

El stock crítico para cada artículo es el siguiente:

Tabla N° 4. 5: Stock Crítico Insumos Categoría "A"

Producto	Stock Crítico	Valor Stock Crítico
ROLLO CABO POLIPROPILENO 28 MM (220 MTS.)	7	\$ 863.786
FILTRO AIRE AF25688	1	\$ 53.453
FILTRO COMBUSTIBLE 22377272	1	\$ 60.524
PITO NAVEGACION ELECTRICO 24V DC	1	\$ 52.800
BALDE GRASA MP, 16 KG.	1	\$ 31.422
FILTRO AIRE AF 1869	1	\$ 32.014
BALDE ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC 1300 SUPER	1	\$ 27.672
FILTRO AIRE AF 872	1	\$ 27.414
PRESOSTATO ELECTRONICO	1	\$ 20.160
BALDE ACEITE SAE MOBIL TRANS HD-30	1	\$ 26.459
FILTRO AIRE PERKINS 26510337	1	\$ 21.185
CAJA MANTA CERAMICA 1" - 128 KG/M3 DENS.	0	\$ -
FILTRO AIRE PERKINS 26510380	0	\$ -
FILTRO AIRE AF 928	0	\$ -
FILTRO AIRE (D16C) 21196919	0	\$ -
FILTRO PETROLEO RK - 09	1	\$ 19.142
FILTRO AIRE AF 25708 M	0	\$ -
FILTRO AIRE AF25910	0	\$ -
FILTRO AIRE AH 1107	1	\$ 14.838
FILTRO AGUA WF 2076	1	\$ 12.474
FILTRO ACEITE 1R-1808-CAT.	1	\$ 10.812
TUBO FLUORESCENTE 18W	7	\$ 2.485
FILTRO AIRE AP 7998	0	\$ -
FILTRO PETROLEO DAHL 201W	1	\$ 8.958
FILTRO AIRE AH 19037	0	\$ -
FILTRO BY-ACEITE (D16C)21707132	1	\$ 11.990
FILTRO ACEITE LF 3000	1	\$ 9.930
BALDE ACEITE HIDRAULICO MOBIL DTE-26	0	\$ -
FILTRO ACEITE MOTOR (D16C) 21707133	1	\$ 10.990
TOTAL	28	\$ 1.318.508

Fuente: Elaboración Propia.

Por otro lado, para el desarrollo de un Sistema de control de Inventario con Stock Crítico fue necesario realizar un diseño externo del sistema, en el cual se determinaron los requerimientos que éste tendrá. Para ello, fue necesario determinar los atributos o características de los insumos y repuestos que se requiere almacenar, para facilitar el registro y control de estos. Para ello se acordó, en conjunto con el personal de Mantenimiento, los ítems que deben ser registrados en cada caso, como se muestra a continuación:

- **Entrada de repuestos:** Al ingresar repuestos al sistema de inventario, se consideró necesario obtener la siguiente información de cada uno de ellos:
 - **Tipo de Equipo:** Debido a que las embarcaciones cuentan con una gran variedad de equipos que condicionan su correcto funcionamiento, es preciso determinar a qué equipos corresponde cada repuesto, entre los cuales se encuentran: Motor, Generador, Auxiliar, Grúa, Motor Hidráulico, Electrobomba y Contramarcha.
 - **Marca:** Una vez identificado a qué tipo de equipo corresponde el repuesto ingresado, es necesario indicar cuál es la marca o fabricante de éste.
 - **Modelo:** Corresponde al tipo específico de unidad producida por la marca seleccionada. Dentro de las marcas y modelos de cada tipo de equipo con los que trabaja frecuentemente la Compañía se encuentran:

Tabla N° 4. 6: Clasificación Equipos Embarcaciones.

EQUIPO	MARCA	MODELO
Motor	Callesen	427EOT
	Caterpillar	3406C C18
	Cummins	KTA19M3 NTA855M
	Volvo	TAMD103A TAMD122A D16MH
	Wartsila	6R22MD-D
Generador	Cummins	6B 6C 4B X2.5 OSX15
	Jhon Deere	CD4045T
	Perkins	AA37581 3.152 AB35049 DK51278 CM51036 RJ51339 RS60140 RR60145

		LD35008
Auxiliar	Mercedes Benz	OM366LA
Grúa	Heila	S/Modelo
	HIAB	200C3
	Palfinger	PK18500 PK32080
	TTS Crane	GPCT115-5-20
Motor Hidráulico	Charlynn	S/Modelo
	Eaton	S/Modelo
	Vickers	S/Modelo
Electrobomba	Ebara	3M200-40/5.5 3ME40-200/5.5 3LME32-200/4
	KBS	NBC-40 Meganorm 125-315
	Kenflo	XA65/20G
	Leader	50-20
	Reggio	SN65-160B SN65-160D SN50-160B
	Sihi	SC100-32-58
	Vogt	N668DRS-280
Contramarcha	Marine Gearbox	HCD400A HCD400 Z300 D300A

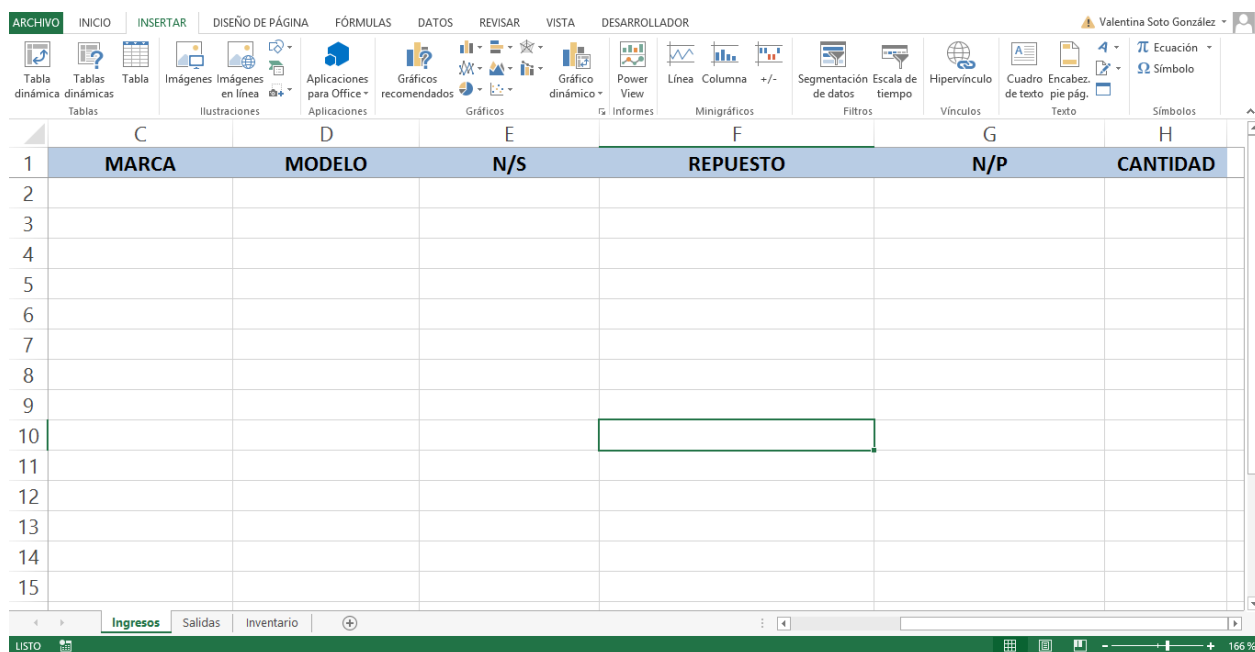
Fuente: Elaboración Propia.

- Número de Serie: Corresponde un valor numérico o alfanumérico específico asignado en el proceso de fabricación al equipo, con la finalidad de diferenciar un producto de una misma marca y modelo. Cabe destacar que no todos los equipos lo poseen, pero para aquellos que si lo presentan es conveniente conocerlo a la hora de asignar un repuesto o un insumo para el tratamiento adecuado del equipo.
 - Repuesto: Una vez definidas las características propias del equipo al que pertenece el repuesto, se debe especificar la parte o repuesto específico que se almacenará en bodega.
 - Número de Parte: Es un identificador único de cada parte o repuesto de un equipo que los fabricantes utilizan cuando diseñan el equipo, de manera de facilitar su reconocimiento y adquisición.
 - Cantidad: Finalmente, es necesario registrar la cantidad de la parte o repuesto que ingresará a bodega, para posteriormente llevar un control adecuado del stock.
- Salida de repuestos: Al registrar una salida de repuestos de bodega de mantención, es necesario dejar constancia de los siguientes aspectos:
- Barco: Para efectos de contabilidad de la Empresa, es necesario identificar en que embarcación fue solicitado el repuesto, para así cargar el costo a la cuenta correspondiente.

- **Solicitante:** También se consideró importante mantener un registro de la persona que realizará el retiro del repuesto de bodega, para mantener un control estricto y evitar pérdidas, dado el elevado costo de algunos de ellos o su dificultad de adquisición.
- **Motivo:** La razón del por qué se solicita un determinado repuesto corresponde a una variable interesante de analizar a futuro, para calcular con mayor exactitud un stock crítico de cada repuesto, para analizar si el cambio se realizará por cumplimiento normal de vida útil o por un mantenimiento inadecuado, entre otras cosas.
- **Información Equipo y Repuesto:** Según lo señalado anteriormente, resulta necesario registrar las características del equipo al que pertenece el repuesto (Marca, Modelo y Número de Serie), además de la información específica del mismo (Nombre, Número de Parte, Cantidad Egresada).

Luego de realizado el Diseño Externo del Sistema, fue necesario determinar el gestor de base de datos más apropiado para resolver el problema, que en este caso corresponde a una Hoja de Cálculo de Excel programada mediante una Macros utilizando el editor de Visual Basic, debido a los conocimientos previos obtenidos para la utilización de este medio de programación y a los recursos con los que se cuenta.

Para esto, y una vez determinados los requisitos de información para la elaboración del Sistema de Inventario, se creó una planilla Excel con tres hojas que almacenarán los datos correspondientes a los “Ingresos”, “Salidas” e “Inventario” de los repuestos, con sus respectivos enunciados, como se muestra a continuación:



	C	D	E	F	G	H
1	MARCA	MODELO	N/S	REPUESTO	N/P	CANTIDAD
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Figura N° 4. 2: Hoja Almacenamiento de Ingresos.

Fuente: Elaboración Propia.

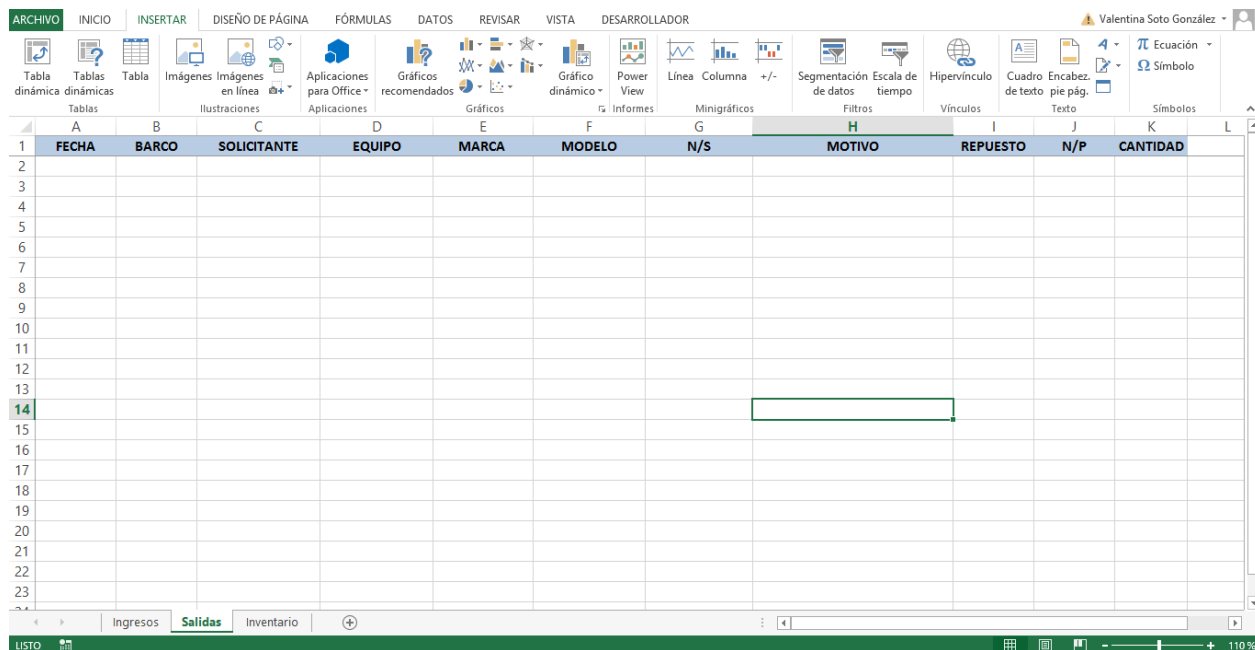


Figura N° 4. 3: Hoja de Almacenamiento de Salidas.

Fuente: Elaboración Propia.

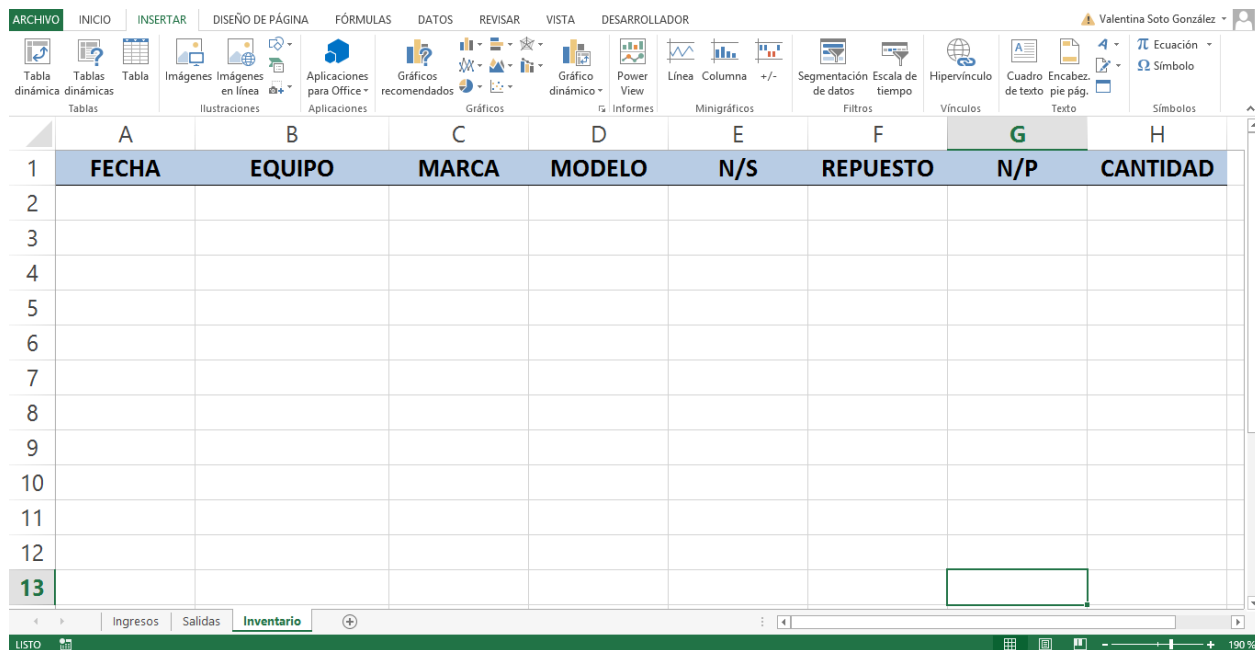


Figura N° 4. 4: Hoja de Almacenamiento de Inventario.

Fuente: Elaboración Propia

Las hojas “Ingresos” y “Salidas” almacenarán los datos respectivos ingresados directamente por el usuario de los movimientos realizados, pero la hoja “Inventario” se generará de forma automática, en donde se incluirá cada uno de los repuestos nuevos que ingrese el usuario al sistema, además del stock de cada uno de los repuestos que se encuentran en bodega, realizando los aumentos o descuentos correspondientes a los ítems cuando se registre un ingreso o salida de producto de bodega.

Más tarde, fue necesario realizar el diseño interno del sistema, o proceso correspondiente a la programación de una Macros a través del editor de Visual Basic, para el ingreso y visualización de datos, realizada con la finalidad de contar con una herramienta que permita llevar a cabo estas acciones de manera más amigable, fácil y rápida para el usuario, mejorando de esta forma la gestión de repuestos.

En primera instancia, se realizó el diseño de un formulario de Inicio, en el cuál se podrá seleccionar la acción que se desea realizar, como se muestra en la siguiente imagen:



Figura N° 4. 5: Formulario de Inicio.

Fuente: Elaboración Propia.

Una de las acciones disponibles para realizar por medio de este formulario es el Registro de Movimientos, entre los cuales se encuentran los “Ingresos” y “Egresos” de repuestos, y por otro lado se encuentra la Búsqueda de registros, que pueden ser de “Ingresos”, “Salidas” o “Inventario”.

Más tarde, para llevar a cabo la acción de Registro de Movimientos, se elaboró el formulario para el ingreso de repuestos y uno para los egresos, considerando los campos mencionados anteriormente:

INGRESOS

EQUIPO:

MARCA:

MODELO:

N/S:

REPUESTO:

N/P:

CANTIDAD:

Figura N° 4. 6: Formulario de Ingresos.

Fuente: Elaboración Propia.

EGRESOS

BARCO:

SOLICITANTE:

EQUIPO: MARCA: MODELO: N/S:

MOTIVO:

REPUESTOS:

N/P:

CANTIDAD:

Figura N° 4. 7: Formulario de Egresos.

Fuente: Elaboración Propia.

Para la Búsqueda de Registros, se diseñó tres formularios con la finalidad de obtener información específica de Ingresos, Egresos o Inventario según corresponda, mediante la utilización de filtros avanzados de cualquiera de los criterios registrados en la base de datos.

Figura N° 4. 8: Formulario de Búsqueda de Ingresos.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 4. 9: Formulario Búsqueda de Egresos.

Fuente: Elaboración Propia.

Figura N° 4. 10: Formulario de Búsqueda de Inventario.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez diseñados los Formularios para el Ingreso y Búsqueda de Datos, se procedió a programar cada una de las funciones, para que cumplan con los requisitos preestablecidos.

El registro final del inventario con stock crítico y con un sistema de alarmas que indican que artículos se encuentran con déficit de stock, se muestra a continuación:

Tabla N° 4. 7: Inventario Insumos y Repuestos con Stock Crítico.

REPUESTO	CANTIDAD	STOCK CRITICO	ESTADO
ROLLO CABO POLIPROPILENO 28 MM (220 MTS.)	1	7	PELIGRO
FILTRO AIRE AF25688	6	1	
FILTRO COMBUSTIBLE 22377272	8	1	
PITO NAVEGACION ELECTRICO 24V DC	1	1	PRECAUCIÓN
BALDE GRASA MP, 16 KG.	2	1	
FILTRO AIRE AF 1869	1	1	PRECAUCIÓN
BALDE ACEITE 15W40 MOBIL DELVAC 1300 SUPER	36	1	
FILTRO AIRE AF 872	1	1	PRECAUCIÓN
PRESOSTATO ELECTRONICO	2	1	
BALDE ACEITE SAE MOBIL TRANS HD-30	20	1	
FILTRO AIRE PERKINS 26510337	3	1	
CAJA MANTA CERAMICA 1" - 128 KG/M3 DENS.	1	0	
FILTRO AIRE PERKINS 26510380	3	0	
FILTRO AIRE AF 928	7	0	
FILTRO AIRE (D16C) 21196919	4	0	
FILTRO PETROLEO RK - 09	1	1	PRECAUCIÓN
FILTRO AIRE AF 25708 M	1	0	
FILTRO AIRE AF25910	1	0	
FILTRO AIRE AH 1107	9	1	
FILTRO AGUA WF 2076	5	1	
FILTRO ACEITE 1R-1808-CAT.	5	1	
TUBO FLUORESCENTE 18W	50	7	
FILTRO AIRE AP 7998	3	0	
FILTRO PETROLEO DAHL 201W	8	1	
FILTRO AIRE AH 19037	8	0	
FILTRO BY-ACEITE (D16C)21707132	5	1	
FILTRO ACEITE LF 3000	26	1	
BALDE ACEITE HIDRAULICO MOBIL DTE-26	16	0	
FILTRO ACEITE MOTOR (D16C) 21707133	7	1	

Fuente: Elaboración Propia.

4.4. Etapa 4: Detección de Necesidades de Capacitaciones.

Para detectar efectivamente cuales son las necesidades de capacitaciones presentes en el Departamento de Mantenición, fue necesario realizar una actualización de las descripciones de responsabilidades del personal, y la elaboración de aquellas descripciones de los cargos recientemente incorporados en la empresa, todo esto mediante la comparación de los deberes y actividades presentes en los respectivos contratos de trabajo y la información entregada por la Gerencia de Mantenición.

La información actualizada en cada una de las Descripciones de Responsabilidades corresponde a la encontrada en el ítem de “Principales Actividades”, las cuales se detallan a continuación:

1.- Asistente de Mantenición:

- Ingresar requerimientos de órdenes de compra al software de la Empresa para gestionar la distribución de las solicitudes y asegurar la adquisición de productos y/o servicios de mantención.
- Registrar y mantener trazabilidad de pedidos solicitados para controlar los costos asociados a materiales y servicios de mantención.
- Emitir informes de mantenciones preventivas y gastos asociados a éstas, asegurando el registro relacionado al Área de Mantenición y personal a cargo.
- Recepcionar y solicitar los requerimientos para las mantenciones preventivas y correctivas de las embarcaciones que opera la Empresa.
- Planificar, tomar y mantener al día los inventarios de las embarcaciones.
- Planificar, tomar y mantener al día los inventarios relacionados con materiales de mantención.
- Registrar y mantener al día las hojas de vida de las mantenciones realizadas por Nave.
- Apoyar cuando se le requiera a las labores de mantenciones preventivas y correctivas.
- Apoyar las labores de bodega en relación al control actualizado de ingreso, salida y stock de los materiales, repuestos e insumos.
- Apoyar las labores de recepción y entrega de materiales, ropa de trabajo, insumos solicitados por el personal, departamentos y naves de la Empresa.
- Apoyar las labores de toma de inventarios y control de consumos de la bodega.
- Apoyar en la confección de informes de los materiales, insumos y repuestos que se controlan en la bodega. Este informe a lo menos debe contener el stock inicial, ingresos, salidas y stock final por producto.
- Apoyar las labores de inventarios y otros informes solicitados por sus superiores.
- Preparar y entregar informes de las tareas asignadas, de acuerdo a lo solicitado por su superior.

2.- Eléctrico:

- Ejecutar mantención preventiva a los equipos eléctricos, para asegurar el buen estado de estos y evitar que surjan fallas eléctricas.
- Ejecutar reparación de equipos eléctricos para solucionar fallas identificadas en estos.

- Asesorar al Supervisor de Mantenición en la toma de decisiones para realizar reparaciones de los equipos eléctricos y lograr una eficiente solución a las fallas identificadas.
- Registrar y reportar información diariamente asociada a fallas de equipos, para mantener informado al Supervisor de Mantenición.
- Realizar en las Embarcaciones u otros Activos de la Empresa los trabajos eléctricos asignados por su superior, y que tengan relación con su labor profesional.
- El trabajador realizará todas las labores que sean necesarias para el eficiente y eficaz desempeño de su trabajo y que tiendan a que los activos de la Empresa en la parte Eléctrica funcionen en forma óptima.
- Ejecutar las labores eléctricas, tanto preventivas como correctivas de los Activos de la Empresa que le sean asignadas a ejecutar, de acuerdo al programa de mantenimiento, y que serán supervisadas y controladas para su correcta ejecución por su superior directo.
- Apoyar en la ejecución de los trabajos electrónicos que deban realizarse en los Equipos y Naves que posee u opera la Empresa.
- Apoyar al personal en las labores que realiza en las mantenciones preventivas en forma permanente y continua de acuerdo al programa de mantenimiento.
- Apoyar al personal en las labores que realiza en las reparaciones mayores en forma permanente y continua de acuerdo al programa de mantenimiento.
- Preparar y entregar informes mensuales, u en otras fechas cuando le sean requeridos por su superior, en relación a los trabajos asignados y realizados. Estos informes deben ser por escrito y entregado a su superior en las fechas determinadas por el Departamento de Mantenición.

3.- Encargado de Servicios Generales:

- Ejecutar reparaciones de servicios generales asociados a carpintería, soldadura y gasfitería, para dar solución a las fallas identificadas en los equipos y estructuras de los barcos.
- Registrar y reportar información diariamente asociada a fallas de equipos y estructuras para mantener comunicado a Supervisor de Mantenición.
- Realizar las mantenciones preventivas en forma adecuada y permanente de acuerdo al programa de mantenimiento. Además deberá informar por escrito a su superior para el registro en la hoja de vida del bien.
- Realizar todas las labores que sean necesarias para el adecuado funcionamiento de los equipos que estén a su cargo. Además desarrollará el trabajo con el debido cuidado, evitando comprometer la seguridad y salud del resto de los trabajadores de la Empresa. También se obliga al trabajador a usar y emplear los elementos de seguridad que le proporciona la empresa.

4.- Jefe de Máquina:

- Supervisar funcionamiento de las máquinas del buque para asegurar su operatividad.
- Colaborar con el encargado de mantención en la ejecución de todos los trabajos preventivos de mantención, que no requieran equipamiento o personal con calificación especial, y emitir informes.
- Presentar oportunamente el requerimiento de materiales y, a la recalada de la nave a puerto, plantear su necesidad de reparaciones al encargado de mantención.
- Ejecutar guardia de máquinas para realizar faenas de acuerdo a las condiciones que se presenten.
- Verificar niveles de agua, petróleo y aceite del barco, confeccionando informes periódicos.
- Controlar permanentemente los parámetros de operación de la maquinaria y mantener lastre o achique.
- Operar la grúa en las acciones de carga y descarga.
- Velar por la adecuada estanqueidad, estiba y desestiba, en los terminales o puertos de carga/descarga y en los centros de cultivo, balsas, plataformas, playas o cualquier destino u origen de la carga.
- Velar por la limpieza y mantención del material.
- Realizar el trabajo con el debido cuidado, evitando comprometer la seguridad y seguridad del resto de los trabajadores de la empresa.

5.- Mecánico:

- Ejecutar mantenimiento preventivo a las maquinarias de las embarcaciones, para reducir tasa de fallas ocurridas en los motores.
- Asesorar al Supervisor de Mantención respecto a las fallas que se estén produciendo, para orientar las decisiones acorde a las necesidades de reparación de maquinarias.
- Ejecutar reparación correctiva a los equipos y motores de los barcos para evitar que se presenten fallas durante la navegación.
- Registrar y reportar a Supervisor de Mantención información diaria asociada a fallas de equipos.
- Realizará las mantenciones preventivas en forma adecuada y permanente de acuerdo al programa de mantención. Además deberá informar por escrito a su supervisor para el registro en la hoja de vida del bien.
- Realizará las reparaciones mayores y comunicará en forma escrita al supervisor para el registro en la hoja de vida del bien.
- El trabajador realizará todas las labores que sean necesarias para el adecuado funcionamiento de los equipos que estén a su cargo para mantención. Además desarrollará el trabajo con el debido cuidado, evitando comprometer la seguridad y salud del resto de los trabajadores de la

empresa. También se obliga al trabajador a usar y emplear los elementos de seguridad que le proporciona la empresa.

- El trabajador entregará informes mensuales, u en otras fechas cuando le sean requeridos de los trabajos realizados o supervisados. Estos informes deben ser por escrito y entregado a su supervisor en las fechas determinadas por el Departamento de Mantención.

6.- Motorista:

- Supervisar funcionamiento de las máquinas del buque para asegurar su operatividad.
- Colaborar con el encargado de mantención en la ejecución de todos los trabajos preventivos de mantención, que no requieran equipamiento o personal con calificación especial, y emitir informes.
- Presentar oportunamente el requerimiento de materiales y, a la recalada de la nave a puerto, plantear su necesidad de reparaciones al encargado de mantención.
- Ejecutar guardia de máquinas para realizar faenas de acuerdo a las condiciones que se presenten.
- Verificar niveles de agua, petróleo y aceite del barco, confeccionando informes periódicos.
- Controlar permanentemente los parámetros de operación de la maquinaria y mantener lastre o achique.
- Operar la grúa en las acciones de carga y descarga.
- Velar por la adecuada estanqueidad, estiba y desestiba, en los terminales o puertos de carga/descarga y en los centros de cultivo, balsas, plataformas, playas o cualquier destino u origen de la carga.
- Velar por la limpieza y mantención del material.
- Realizar el trabajo con el debido cuidado, evitando comprometer la seguridad y seguridad del resto de los trabajadores de la empresa.

7.- Soldador:

- Ejecutar reparaciones asociadas a soldadura para dar solución a las fallas identificadas en los equipos y estructuras de los barcos.
- Registrar diariamente información asociada a fallas de equipos y estructuras, y reportar al Supervisor de Mantención los resultados de los trabajos realizados informando condiciones de riesgo y anomalías que detecte en el área de trabajo.
- Realizará en las Embarcaciones, Instalaciones, Galpones, Estructuras, Maquinarias, Equipos u otros Activos de la Empresa, los trabajos de soldadura asignados y que tengan relación con su labor profesional.
- Apoyar al personal que realiza las mantenciones preventivas en forma permanente y continua de acuerdo al programa de mantención.

- Apoyar al personal que realiza las reparaciones mayores en forma permanente y continua de acuerdo al programa de mantención.
- El trabajador realizará todas las labores de soldadura que sean necesarias de acuerdo al programa del departamento de mantención, además desarrollara el trabajo con el debido cuidado evitando comprometer la seguridad y salud propia como la del resto de los trabajadores de la empresa, también se obliga el trabajador a usar y emplear los elementos de seguridad que le proporciona la empresa.
- Preparar y entregar informes mensuales, u en otras fechas cuando le sean requeridos por su superior en relación a los trabajos asignados y realizados, estos informes debe ser por escrito y entregado a su superior en las fechas determinadas por el Departamento de Mantención.

8.- Supervisor de Mantención:

- Planificar, supervisar, coordinar y controlar los requerimientos de servicios profesionales, insumos, materiales y repuestos para las mantenciones preventivas y correctivas de las embarcaciones que opera la Empresa.
- Controlar y recepcionar todas las faenas de mantención, reparación de equipos, estructurales y otros desarrollados por el personal interno y externo.
- Acudir a las embarcaciones verificando los trabajos solicitados por los jefes de máquinas, efectuando evaluaciones, entregando soluciones y optimizando los recursos.
- Entregar tareas o funciones laborales a los motoristas, para realizar una evaluación del desempeño laboral de cada uno de ellos.
- Supervisar, coordinar y controlar la preparación de las inspecciones y preocuparse del levantamiento de observaciones realizadas en las revistas de cargo, dando cumplimiento con los plazos entregados por la Autoridad Marítima.
- Planificar, supervisar, coordinar y controlar las Carenas y Overhaul de las embarcaciones de la Empresa. En las carenas debe tener la precaución de tener presencia total en Astillero desde el inicio hasta el término de ésta, generando reportes diarios o entregando estado de avance de acuerdo a la Carta Gantt. La planificación de la Carena antes del inicio de los trabajos a desarrollar es fundamental para evitar atrasos en los plazos de entrega.
- Coordinará, supervisará y controlará al grupo de trabajo correspondiente al turno, sin embargo primará la necesidad momentánea generada por algún evento que ocurra en alguna embarcación.
- Durante la semana que esté de turno será responsable de toda la flota, concentrándose prioritariamente en las Naves con problemas que afectan la operación normal o zarpe de la embarcación. También se encargará de la movilización, colación y materiales del grupo de trabajo a su cargo.

- Coordinar y controlar que se mantengan al día los inventarios de las embarcaciones. En especial llevar el control de los equipos de las Naves, pudiendo ser por horómetros o fechas, teniendo la obligación de informar los acontecimientos.
- Coordinar y controlar que se mantengan al día los inventarios relacionados con insumos, materiales y repuestos de mantención.
- Entregará informes mensuales, u en otras fechas cuando le sean requeridos, de las mantenciones, reparaciones, u otras labores realizadas y relacionadas con su cargo. Estos informes deben ser por escrito y entregado a su superior en las fechas determinadas por Gerencia de Mantención.
- Se someterá a evaluaciones semestrales, efectuando comparación de los gastos en relación al presupuesto entregado. Para poder evaluar esta función al supervisor se le entregará en Enero de cada año el Presupuesto Anual, calendario de Carena y Overhaul, y en Enero y Julio de cada año, Carta Gantt con mantenciones preventivas.

Por otro lado, fue necesario realizar la Descripción de Responsabilidades de los cargos incorporados últimamente a la Empresa, que son Asistente de Smolt (Anexo N°4), Encargado de Equipos de Smolt (Anexo N°5) y Gerente de Mantención (Anexo N°6), este último debido a que el área de Mantención dependía jerárquicamente de la Gerencia de Planificación y Control.

Una vez realizadas las modificaciones correspondientes en las Descripciones de Responsabilidad, se realizó la aplicación de la Encuesta de Detección de Necesidades de Capacitación a todo el personal del Taller del Departamento de Mantención, que al estar compuesta por preguntas abiertas fue analizada mediante la codificación de las respuestas, procedimiento que consiste en encontrar y darle un nombre a las respuestas similares o comunes de cada pregunta, formando así categorías de respuestas para posteriormente observar la frecuencia con que se presenta cada una de ellas. De esta forma es posible realizar un análisis cuantitativo de resultados cualitativos. Una vez obtenida una tabla de frecuencias de los resultados de cada pregunta, es posible realizar una matriz de ponderación, en donde se asignó un puntaje para evaluar cada respuesta, que dependerá del nivel de importancia que ésta posea de acuerdo a las características del cargo, definidas en cada una de sus Descripciones de Responsabilidad, como se muestra a continuación:

Tabla N° 4. 8: Tabla de puntajes para matriz de ponderación.

Intensidad	Definición	Explicación
5	Alto impacto	Conocimientos son fundamentales para el desarrollo de las funciones del cargo.
3	Impacto Medio	Conocimientos colaboran en mejorar el desempeño de la labor, pero no son fundamentales para su desarrollo.
1	Bajo impacto	Conocimientos no son requeridos para el desarrollo de las funciones del cargo.

Fuente: Elaboración Propia.

La matriz de ponderación realizada para cada pregunta, por medio de la codificación y análisis de frecuencias de cada respuesta, y la evaluación por medio de los respectivos puntajes, se muestra en las siguientes tablas y gráficos:

a. Conocimientos específicos que necesitaría desarrollar																			
	M1	M2	M3	M4	E1	E2	B1	B2	SO1	ES1	ES2	A	SG	G	Σ	Puntaje	Ponderación	Evaluación	
Electromecánica	1				1	1									3	5	15	25%	
Oleohidráulica	1														1	5	5	8%	
Computación Avanzada	1														1	3	3	5%	
Estructural		1													1	3	3	5%	
Armado motores y contramarchas				1											1	5	5	8%	
Conocimientos técnicos del rubro			1					1							2	3	6	10%	
Programación en instrumentos de navegación					1										1	3	3	5%	
Bodeguero							1								1	1	1	2%	
Conocimientos trabajo en cañerías									1						1	3	3	5%	
Programación y modificación de software mediante interface										1	1				2	1	2	3%	
PLC avanzado											1				1	3	3	5%	
Control de calidad armado motores diesel												1			1	3	3	5%	
Electricidad avanzada													1		1	5	5	8%	
Interpretación de planos													1		1	1	1	2%	
Costos y Presupuestos													1		1	1	1	2%	
Gestión y evaluación de proyectos														1	1	1	1	2%	
TOTAL																	60	100%	

Tabla N° 4. 9: Matriz de Ponderación: Conocimientos específicos que necesitaría desarrollar.

Fuente: Elaboración Propia.

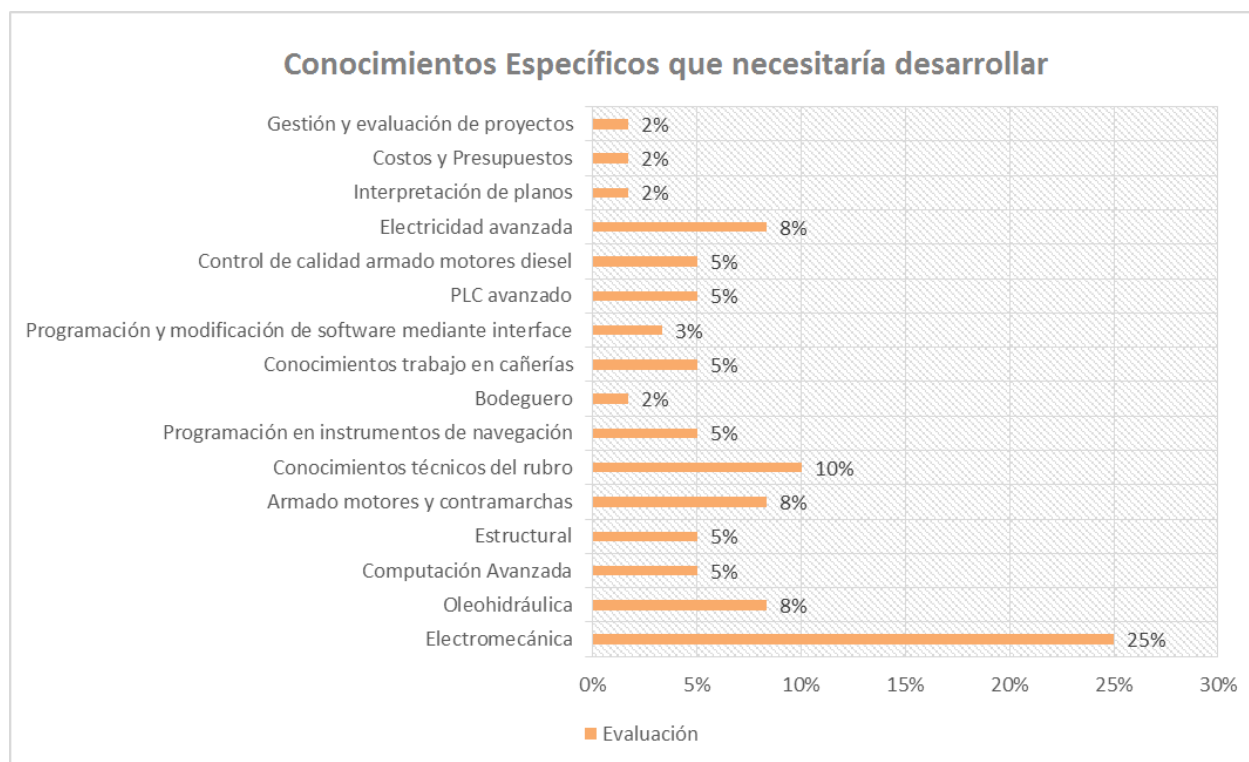


Figura N° 4. 11: Gráfica: Conocimientos específicos que necesitaría desarrollar.

Fuente: Elaboración Propia.

b. Área en donde debería capacitarse																			
	M1	M2	M3	M4	E1	E2	B1	B2	SO1	ES1	ES2	A	SG	G	Σ	Puntaje	Ponderación	Evaluación	
Ciencias de los materiales	1														1	1	1	1%	
Computacion Avanzada	1														1	3	3	4%	
Metrología y calibracion		1													1	5	5	7%	
Armado motores y contramarchas			1												1	5	5	7%	
Mediciones de tolerancias			1												1	3	3	4%	
Electromecánica				1		1						1			3	5	15	22%	
Inyeccion diesel				1											1	5	5	7%	
Programación en instrumentos de navegación					1										1	3	3	4%	
Mecánica Diesel					1										1	1	1	1%	
Conocimientos técnicos del rubro								1							1	3	3	4%	
Circuito de cañerías									1						1	1	1	1%	
Actualización de los equipos										1					1	3	3	4%	
Electricidad avanzada											1				1	5	5	7%	
PLC avanzado											1				1	3	3	4%	
Excel Avanzado												1		1	2	1	2	3%	
Herramientas de gestión RRHH												1			3	1	3	4%	
Administración													1		1	1	1	1%	
Área Naval (estructuras y nomenclatura)													1		1	3	3	4%	
Actualización nivel usuario Autocad														1	1	3	3	4%	
Alternativas de Automatización														1	1	1	1	1%	
TOTAL																	69	100%	

Tabla N° 4. 10: Matriz de Ponderación: Área en donde debería capacitarse.

Fuente: Elaboración Propia.

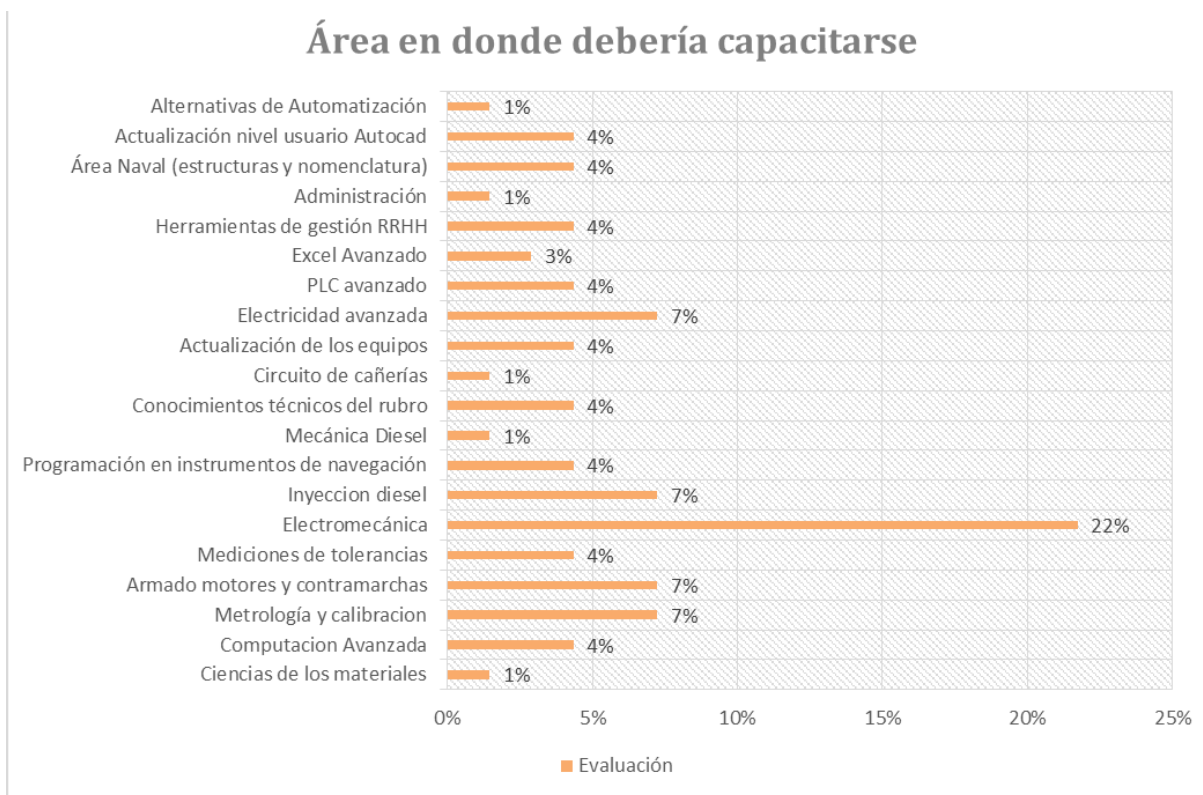


Figura N° 4. 12: Gráfica: Área en donde debería capacitarse.

Fuente: Elaboración Propia.

c. Área en donde deberían capacitarse sus pares																			
	M1	M2	M3	M4	E1	E2	B1	B2	SO1	ES1	ES2	A	SG	G	Σ	Puntaje	Ponederación	Evaluación	
Computación Avanzada	1							1							2	3	6	11%	
Metrología y calibración			1												1	5	5	9%	
Mecánica general				1											1	5	5	9%	
Electromecánica					1										1	5	5	9%	
Calderería (Armado)									1						1	1	1	2%	
Actualización de los equipos										1	1				2	3	6	11%	
Computación Básica												1			1	1	1	2%	
Metrología y calibración												1			1	3	3	6%	
Liderazgo													1		1	5	5	9%	
Herramientas de gestión RRHH													1	1	2	5	10	19%	
Costos y Presupuestos													1		1	3	3	6%	
Inglés														1	1	3	3	6%	
TOTAL																	53	100%	

Tabla N° 4. 11: Matriz de ponderación: Área en donde deberían capacitarse sus pares.

Fuente: Elaboración Propia.

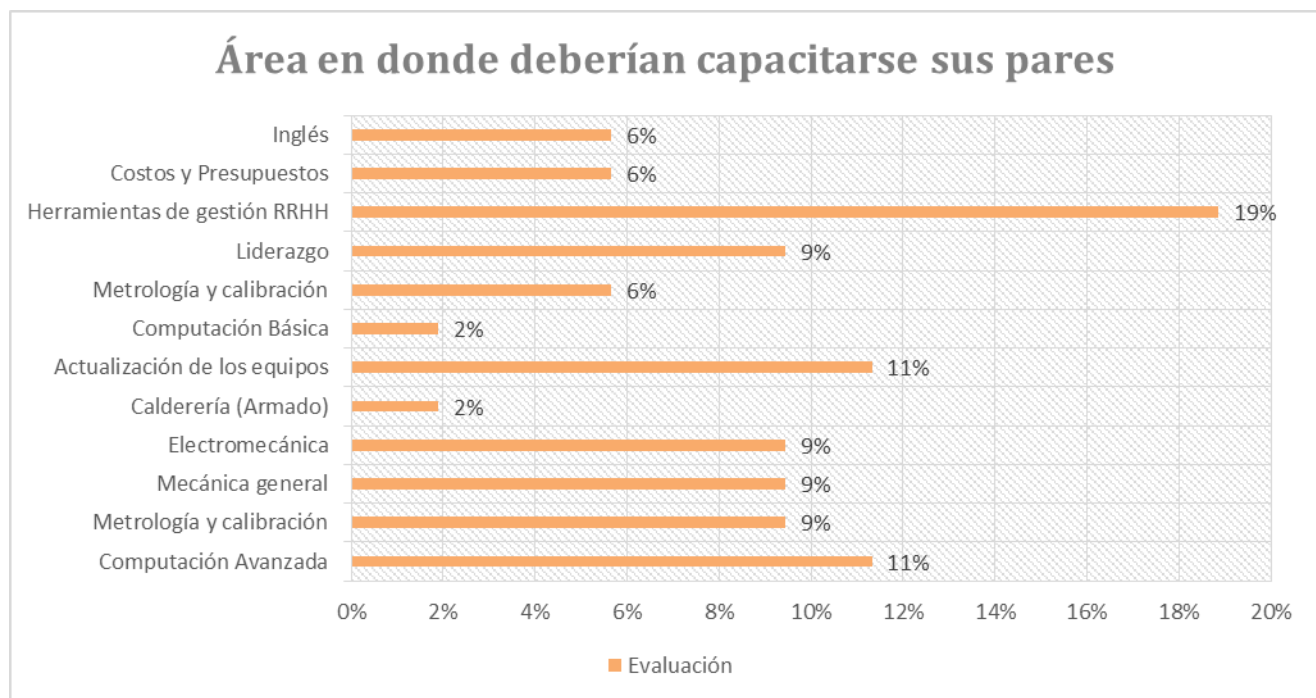


Figura N° 4. 13: Gráfica: Área en donde debería capacitarse sus pares.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4. 12: Matriz de ponderación: Área en donde deberían capacitarse sus superiores.

d. Área en donde deberían capacitarse sus superiores																			
	M1	M2	M3	M4	E1	E2	B1	B2	SO1	ES1	ES2	A	SG	G	Σ	Puntaje	Ponderación	Evaluación	
Liderazgo	1	1				1									3	5	15	25%	
Herramientas de gestion RRHH	1					1						1	1	1	5	5	25	42%	
Mantenición de motores			1												1	1	1	2%	
Electromecánica			1		1										2	3	6	10%	
Oleohidráulica					1										1	3	3	5%	
Equipo de monitoreo y control de oxígeno										1					1	3	3	5%	
Equipos ultravioleta y sistema de recirculacion de agua											1				1	3	3	5%	
Inglés														1	1	3	3	5%	
TOTAL																	59	100%	

Fuente: Elaboración Propia.

Área en donde deberían capacitarse sus superiores

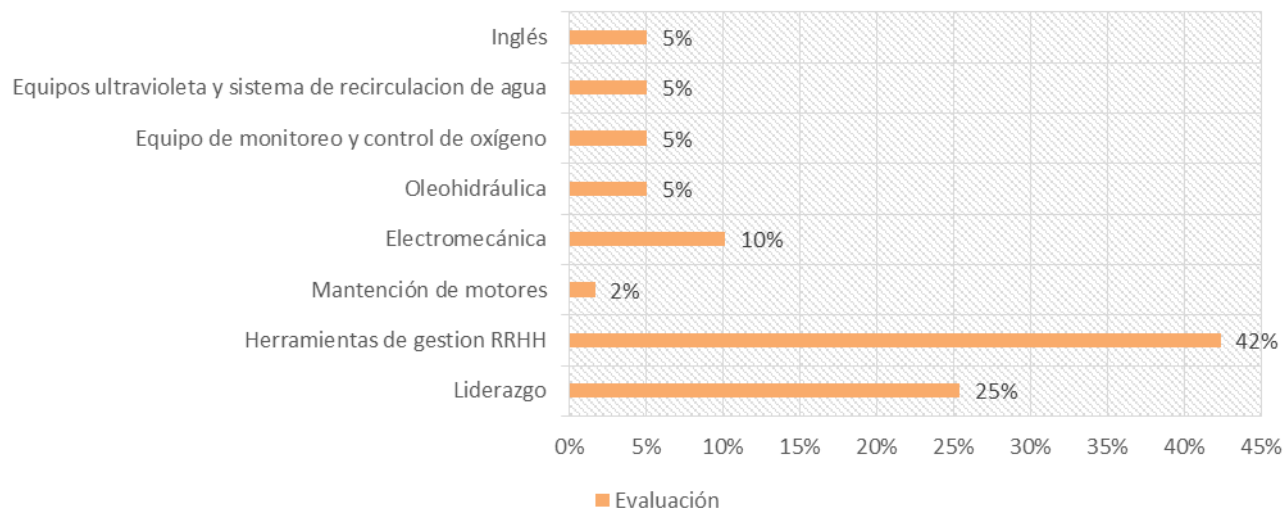


Figura N° 4. 14: Gráfica: Área en donde deberían capacitarse sus superiores.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla N° 4. 13: Matriz de ponderación: Área en donde le gustaría capacitarse.

e. Área en donde le gustaría capacitarse																		
	M1	M2	M3	M4	E1	E2	B1	B2	SO1	ES1	ES2	A	SG	G	Σ	Puntaje	Ponderación	Evaluación
Administracion	1														1	1	1	2%
Curso software almacen		1													1	1	1	2%
Metrología y calibracion			1	1											2	5	10	16%
Soldadura oxicorte			1												1	1	1	2%
Oleohidráulica				1											1	5	5	8%
Mecánica Diesel					1	1			1						3	1	3	5%
Conocimientos técnicos del rubro								1							1	3	3	5%
Electricidad										1	1				2	5	10	16%
Electromecanica										1		1			2	5	10	16%
PLC avanzado											1				1	3	3	5%
Excel avanzado											1				1	1	1	2%
Herramientas de gestion RRHH												1			1	5	5	8%
Administración													1		1	3	3	5%
Evaluación y control de proyectos														1	1	5	5	8%
TOTAL																	61	100%

Fuente: Elaboración Propia.

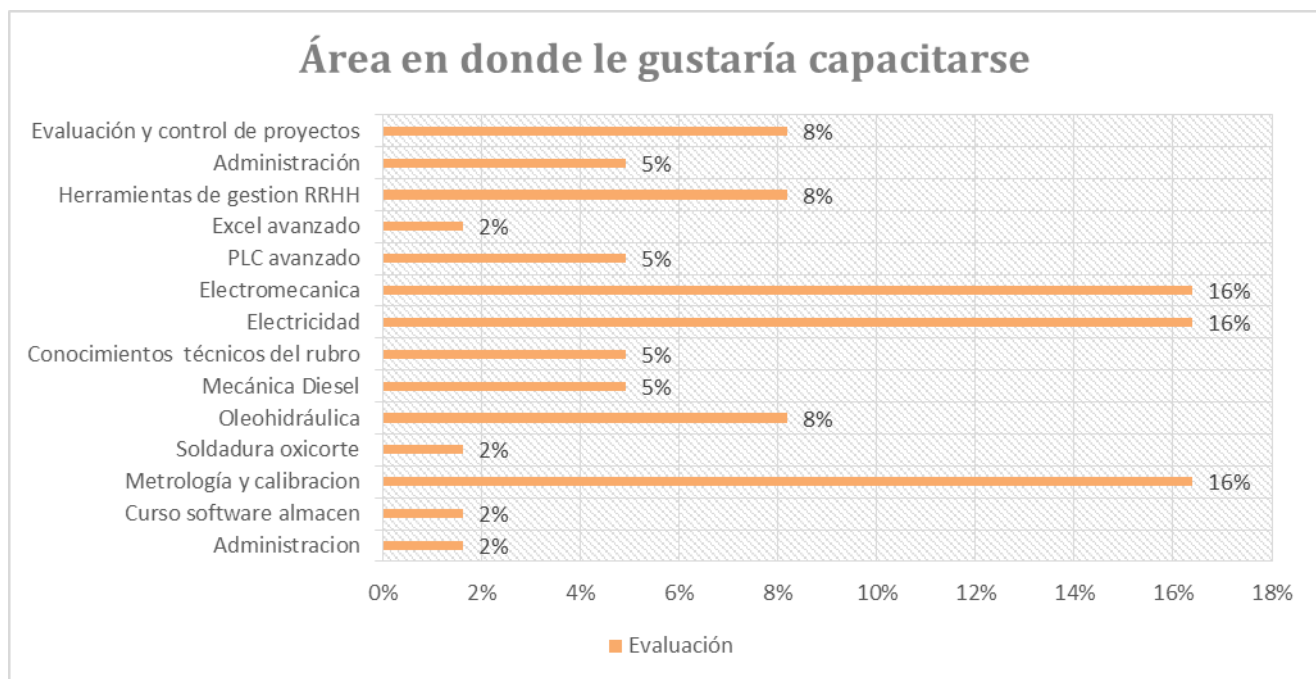


Figura N° 4. 15: Gráfica: Área en donde le gustaría capacitarse.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez analizada cada una de estas preguntas por medio de sus respectivas matrices de ponderación, se realizó una tabla de resumen de las evaluaciones de cada una de las respuestas en cada pregunta, para obtener una evaluación final de la encuesta, la cual arrojó los siguientes datos:

Necesidades de Capacitación							
	a	b	c	d	e	Σ	Evaluación
Electromecánica	15	15	5	6	10	51	17%
Oleohidráulica	5			3	5	13	4%
Computación Avanzada	3	3	6			12	4%
Estructural	3					3	1%
Armado motores y contramarchas	5	5				10	3%
Conocimientos técnicos del rubro	9	3			3	15	5%
Programación en instrumentos de navegación	3	3				6	2%
Bodeguero	1					1	0%
Conocimientos trabajo en cañerías	3	1				4	1%
Programación y modificación de software mediante interface	2					2	1%
PLC avanzado	3	3			3	9	3%
Control de calidad armado motores diesel	3					3	1%
Electricidad avanzada	5	5			10	20	7%
Interpretación de planos	1					1	0%
Costos y Presupuestos	1		3			4	1%
Gestión y evaluación de proyectos	1				5	6	2%
Ciencias de los materiales		1				1	0%
Metrología y calibración		5	8		10	23	8%
Mediciones de tolerancias		3				3	1%
Inyección diesel		5				5	2%
Mecánica Diesel		1			3	4	1%
Actualización de los equipos		3	6			9	3%
Excel Avanzado		2			1	3	1%
Herramientas de gestión RRHH		3	10	25	5	43	14%
Administración		1			4	5	2%
Área Naval (estructuras y nomenclatura)		3				3	1%
Actualización nivel usuario Autocad		3				3	1%
Alternativas de Automatización		1				1	0%
Mecánica general			5			5	2%
Calderería (Armado)			1			1	0%
Computación Básica			1			1	0%
Liderazgo			5	15		20	7%
Inglés			3	3		6	2%
Mantenimiento de motores				1		1	0%
Equipo de monitoreo y control de oxígeno				3		3	1%
Equipos ultravioleta y sistema de recirculación de agua				3		3	1%
Curso software almacén					1	1	0%
Soldadura oxicorte					1	1	0%
						305	100%

Tabla N° 4. 14: Cuadro Resumen Necesidades de Capacitación.

Fuente: Elaboración Propia.

Necesidades de Capacitación

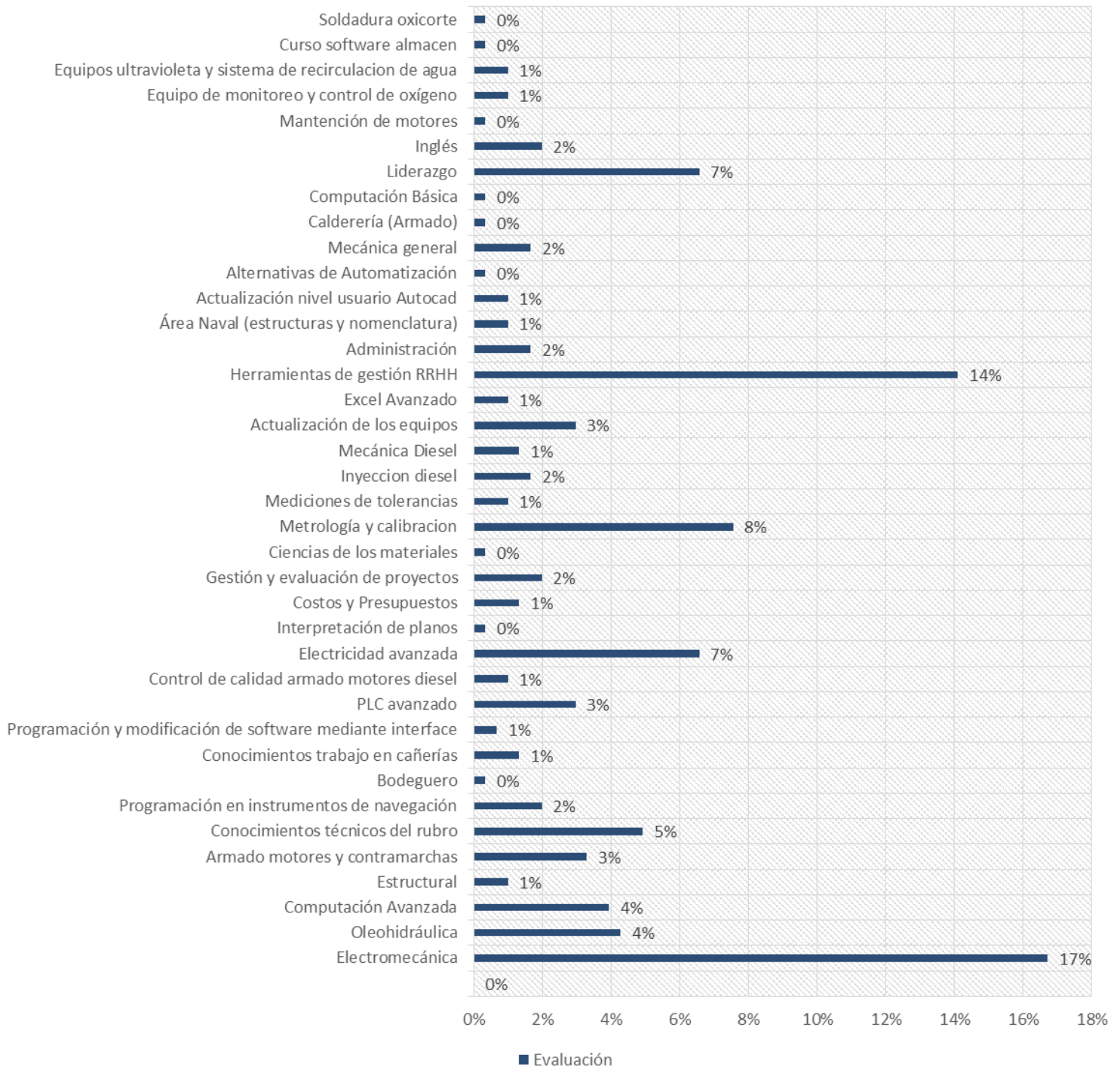


Figura N° 4. 16: Gráfica: Necesidades de Capacitación.

Fuente: Elaboración Propia.

De esta tabla resumen de las Necesidades de Capacitación con su respectiva gráfica, se puede concluir que en el Departamento de Mantenición de la empresa, la principal área en dónde se requiere de una mayor preparación es en Electromecánica, que obtuvo una evaluación final de un 17% y que es reconocida por algunos Mecánicos y Eléctricos como un área en donde deberían capacitarse ellos y sus pares, además de ser del interés de desarrollo complementario del Asistente de Mantenición.

La segunda área que requiere de entrenamiento es en Herramientas de Gestión de Recursos Humanos, que obtuvo una evaluación final de un 14%, obtenida principalmente de lo expresado por los trabajadores sobre las áreas en donde deberían capacitarse sus superiores, y las áreas en donde deberían capacitarse sus pares, es decir esta capacitación está dirigida a la Gerencia y Asistente del Departamento de Mantenición.

Luego, con un 8% en la evaluación final se encuentra Metrología y Calibración, definido por los Mecánicos como un área en dónde ellos y sus pares deberían capacitarse para realizar adecuadamente su labor, además de ser un curso de su interés personal.

Finalmente, con un 7% en la evaluación final se encuentran Electricidad Avanzada y Liderazgo, la primera determinada por el Equipo de Operaciones Smolt y por el Subgerente de Mantenición como un área necesaria de desarrollo para el desempeño de sus deberes, además de ser de su interés personal; y la segunda expuesta por gran parte de los Mecánicos y Eléctricos como un área necesaria de desarrollo para sus superiores, es decir para la Gerencia de Mantenición, así como también lo expresa el Subgerente del Área como un curso necesario para sus pares.

Otros áreas de menor importancia obtenidas del análisis de la encuesta son Conocimientos técnicos del rubro, Oleohidráulica, Computación Avanzada, Armado de Motores y Contramarchas, PLC avanzado, Actualización de los equipos, entre otros.

Dado este análisis, se propone a la Gerencia programar al menos los primeros tres cursos de capacitación, por ser evaluados con un mayor porcentaje de importancia dentro de los resultados obtenidos.

Por otro lado, dentro del marco de la implementación del Mantenimiento Predictivo como parte del Plan de Mantenimiento propuesto, resulta necesaria la capacitación de parte del personal para la utilización de los equipos que serán adquiridos por la empresa, entre los cuales se encuentran: Boroscopía, Termografía, Vibraciones y Medición Ultrasónica de Espesores, inducciones entregadas al momento de la compra de los equipos por el mismo proveedor.

4.5. Etapa 5: Elaboración Programa de Mantenimiento.

En primera instancia, se seleccionó una embarcación para la aplicación del Plan de Mantenimiento, el cual será replicable para toda la flota. Se realizó un listado de actividades de Mantenimiento Autónomo, Preventivo y Predictivo, para cada uno de los equipos con los que cuenta la embarcación “Orca”, determinando además la frecuencia en que se deben realizar estas actividades, como se muestra a continuación:

1. Mantenimiento Autónomo: Corresponde a las actividades diarias de mantenimiento realizadas por los operarios de los equipos, es decir por Motoristas y Jefes de Máquina. Entre estas actividades se encuentran:

Tabla N° 4. 15: Actividades Mantenimiento Autónomo MN “Orca”.

<i>Equipo</i>	<i>Actividad</i>
<i>Motores Principales</i>	Inspeccionar indicador de servicio del filtro de aire del motor
	Comprobar/limpiar antefiltro de aire de motor
	Comprobar nivel de aceite del motor
	Drenar filtro primario del sistema de combustible/separador de agua
	Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible
	Inspeccionar alrededor de la máquina
<i>Generadores</i>	Inspeccionar motor, generador e interruptor del panel de control
	Inspeccionar fugas de aceite, agua y combustible
	Inspeccionar nivel de refrigerante, nivel de aceite y nivel de combustible
	Inspeccionar nivel de carga de la batería
	Inspeccionar separador de combustible/agua de drenaje
	Inspeccionar palas del ventilador del motor
	Inspeccionar correas de transmisión
<i>Cajas de Transmisión</i>	Comprobar nivel de aceite
	Comprobar si hay fugas en la caja de cambios
	Comprobar las presiones y temperaturas del aceite

Fuente: Elaboración Propia.

2.- Mantenimiento Preventivo: Las actividades de Mantenimiento Preventivo para cada uno de los equipos principales y auxiliares de la embarcación “Orca” son:

Tabla N° 4. 16: Actividades Mantenimiento Preventivo Motores Principales MN "Orca".

Equipo	Componente	Actividad	Frecuencia (horas)	Frecuencia (días)
Motores Principales	Sistema de Enfriamiento	Limpiar Radiador	250	365
		Ajustar/Reemplazar correas	500	-
		Cambiar refrigerante (DEAC)	3000	1096
		Añadir prolongador de refrigerante	3000	1095
		Reemplazar termostato del agua	3000	1095
		Inspección Bomba de agua	3000	120
		Lubricar cojinete del mando del ventilador	3000	-
		Limpiar/Probar núcleo del Posenfriador	3000	-
		Inspeccionar alternador	3000	120
		Mantenimiento general bomba de agua	6000	240
		Inspeccionar aftercooler	7000	285
		Inspeccionar enfriador de aceite	7000	285
		Reemplazar cojinete del mando del ventilador	10000	-
	Sistema de Lubricación	Obtener muestra de aceite del motor	250	365
		Inspección bomba de aceite	3000	120
		Mantenimiento general bomba de aceite	6000	240
		Limpiar respiradero del cárter	250	365
		Inspeccionar/Reemplazar mangueras y abrazaderas	250	365
	Sistema Eléctrico	Inspeccionar arranque	250	365
		Comprobar nivel de electrolito de la batería	250	365
		Inspeccionar/Limpiar/Apretar prisionero de conexión a tierra	250	365
		Inspeccionar cableado eléctrico y sensores	7000	365
		Comprobar equipo impulsado	8000	1095
	Otros	Inspeccionar Turbocompresor	500	-
		Regulación de válvulas e inyectores	2500	120
		Inspeccionar luz de válvulas del motor	3000	120
		Inspeccionar amortiguador de vibraciones del cigüeñal	3000	120
		Comprobar dispositivos de protección del motor	3000	1095
		Limpiar motor	3000	-
		Inspeccionar soportes del motor	3000	-
		Comprobar/Limpiar/Calibrar sensores de velocidad del motor	3000	-
		Inspeccionar culata	7000	285

Fuente: Manual de Operación y Mantenimiento Motores Industriales C15. Caterpillar (2007)

Tabla N° 4. 17: Actividades Mantenimiento Preventivo Generadores MN “Orca”.

Equipo	Componente	Actividad	Frecuencia (horas)	Frecuencia (días)
Generadores	Sistema de Combustible	Inspeccionar nivel de combustible en el tanque principal	-	7
		Inspeccionar funcionamiento de la bomba de transferencia de combustible	-	7
		Inspeccionar líneas y conexiones de combustible	-	7
		Drenar sedimentos del tanque principal	800	365
		Analizar reemplazar combustible diésel	800	365
	Sistema de Refrigeración	Inspeccionar mangueras y conectores	-	7
		Inspeccionar correas del alternador de carga de la batería	-	7
		Inspeccionar palas del ventilador del motor	-	7
		Inspeccionar correas del ventilador	-	7
		Inspeccionar anticongelante	800	365
		Lubricar cojinete del eje del ventilador	800	365
		Limpiar exterior de los radiadores	800	365
		Reemplazar tapón de llenado del radiador	800	365
		Inspeccionar refrigerante	800	365
		Comprobar solución anticongelante	800	365
		Comprobar bombas de agua y bombas de circulación	800	365
		Cambiar refrigerante	2000	730
		Cambiar sistema de descarga	2000	730
		Cambiar anticongelante	2000	730
		Inspeccionar alternador	3000	120
		Inspeccionar bomba de agua	3000	120
		Mantenimiento general bomba de agua	6000	240
		Inspeccionar aftercooler	7000	285
		Inspeccionar enfriador de aceite	7000	285
	Motor Diésel	Comprobar alarmas y dispositivos de seguridad del motor	800	365
		Limpiar motor	800	365
		Regulación de válvulas e inyectores	2000	730
		Inspeccionar amortiguador de vibraciones	2000	730
	Sistema de Lubricación	Inspeccionar nivel de aceite	-	7
		Apriete de conexiones	-	7
		Limpiar respiradero del cárter	800	365
		Inspección bomba de aceite	3000	120
		Mantenimiento general bomba de aceite	6000	240

	Generador	Inspeccionar pantallas de ventilación	-	7
		Apriete de cubiertas	-	7
		Inspeccionar voltaje y frecuencia de salida	-	7
		Limpiar con aire comprimido rotor y estator del generador	800	365
		Medición resistencia del devanado del generador	800	365
		Inspección termográfica unidad generadora	6000	240
		Medición aislamiento unidad generadora	-	180
	Sistema de Escape	Restricción de los gases de escape	2000	730
		Inspección juego de rodamientos Turbocompresor	2000	730
		Limpiar rueda y difusor Turbocompresor	2000	730
	Interruptor de Transferencia	Inspeccionar funcionamiento bajo carga	-	7
		Inspeccionar sonidos inusuales	-	7
		Inspeccionar terminales y conexiones de color normal	-	7
		Inspeccionar puertas cerradas con seguridad	-	7
		Inspeccionar disyuntors y portafusibles	800	365
	Sistema Eléctrico	Inspeccionar cableado eléctrico y sensores	7000	285
		Inspeccionar arranque	3000	120

Fuente: Diesel Generating Sets. Installation Recommendations and Operations Manual. Aksa Power Generation. (2010).

Tabla N° 4. 18: Actividades de Mantenimiento Preventivo Cajas de Transmisión MN "Orca".

Equipo	Actividad	Frecuencia (horas)	Frecuencia (días)
Cajas de Transmisión	Limpiar el filtro de aceite de lubricación	-	30
	Comprobar el funcionamiento del mando a distancia	-	30
	Comprobar el contacto del agua con el aceite	-	30
	Comprobar todas las conexiones de tornillo exteriores	-	365
	Comprobar el revestimiento de protección del refrigerador de agua de mar	-	365

Fuente: Service Manual of Marine Gearbox Model GW Series. Hangzhou Advance Gearbox Group CO., LTD (2010).

Tabla N° 4. 19: Actividades de Mantenimiento Preventivo Equipos Auxiliares MN "Orca".

Equipo	Componente	Actividad	Frecuencia (días)
<i>Equipos Oleohidráulicos</i>	Sistema Gobierno Timón	Inspección Electroválvula/Joystick	365
		Inspección mangueras, cañerías y niples	365
		Inspección cilindros gobierno	365
		Inspección unidad gobierno emergencia	1460
		Medición aislamiento unidad gobierno emergencia	180
		Inspección bomba gobierno Motor Principal	365
	Sistema Gobierno Grúa/Cabrestante	Inspección motor eléctrico/bomba hidráulica	120
		Medición aislamiento motor eléctrico/bomba hidráulica	180
		Inspección mangueras, cañerías y niples	180
	Sistema Gobierno Grúa/Cabrestante Auxiliar	Inspección bomba hidráulica	120
		Inspección mangueras, cañerías y niples	180
		Inspección general Grúa	180
		Engrase grúa	30
		Inspección mangueras, cañerías y niples Grúa	180
		Inspección Mando Grúa	365
		Inspección general Cabrestante	180
		Engrase Cabrestante	30
		Inspección mangueras, cañerías y niples Cabrestante	180
		Inspección Motor Hidráulico Cabrestante	365
	Viradores	Inspección motores	120
		Inspección mangueras, cañerías y niples	180
<i>Equipos Peces</i>	Bombas de afluentes, efluentes y sopladores	Medición de aislamiento general	180
		Mantenimiento general	730
		Verificación alineamiento	180
		Cambio acoplamiento	365
<i>Equipos Básicos</i>	Bombas de achique e incendio	Mantenimiento General	180
	Bombas agua dulce, agua negra, agua salada, trasvasije de petróleo y aguas oleosas.	Inspección	180

<i>Baterías</i>	Baterías alumbrado, equipos UV, equipos comunicación, Motores Principales y Generadores.	Medición de carga general	180
		Inspección/Reapriete general	90

Fuente: Elaboración Propia.

3.- Mantenimiento Predictivo: Las actividades de Mantenimiento Predictivo para los equipos de la MN Orca, cuyas frecuencias fueron propuestas en conjunto con el equipo técnico del Departamento de Mantención, son:

Tabla N° 4. 20: Actividades de Mantenimiento Predictivo equipos MN "Orca".

Equipo	Actividad	Frecuencia (horas)	Frecuencia (días)
Motores Principales, Generadores, Cajas de Transmisión	Boroscopia	-	180
	Inspección Termográfica	-	180
	Muestreo de aceite	250	365
	Análisis vibraciones y mediciones ultrasónicas de espesores	-	180
	Medición de aislamiento	-	180
Equipos Oleohidráulicos, Equipos Peces, Equipos Básicos, Baterías.	Medición de aislamiento	-	180

Fuente: Elaboración Propia.

4.- Mantenimiento Overhaul: Las frecuencias para realizar el Mantenimiento Overhaul, que corresponde al cambio completo de repuestos que sufren desgaste, para cada uno de los equipos principales de la MN Orca, determinadas en conjunto con el equipo técnico del Departamento de Mantención, son:

Tabla N° 4. 21: Frecuencias Overhaul equipos principales MN "Orca".

Equipo	Frecuencia (horas)
Motores Principales	15000
Generadores	10000
Cajas de Transmisión	18000

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez identificados los equipos y actividades de mantenimiento con sus respectivas frecuencias que se realizarán en cada uno de ellos, se elaboró un Plan de Mantenimiento, utilizando la herramienta de programación Macros de VBA en Excel, para facilitar la aplicación, registro y control de todas las actividades de mantenimiento anteriormente nombradas, y generar una base de datos para el análisis futuro de indicadores de mantención, que sirvan como base para la toma de decisiones de la Gerencia.

El Plan de Mantenimiento está compuesto por varios formularios contenidos en diversos Libros de Excel, que almacenarán la información. El Libro principal se llama “Plan de Mantenimiento”, que al abrirlo genera un formulario de “Inicio” que contiene seis botones de acciones que deben ser realizadas por el usuario periódicamente, según corresponda. El primero de ellos es “Ingresar Horómetros”, que es una actividad esencial, ya que ésta nos dará la información de cuándo se deberán realizar los próximos mantenimientos, y nos activará el sistema de alarmas.



Figura N° 4. 17: Formulario "Inicio" Plan de Mantenimiento Frasal.

Fuente: Elaboración Propia.

Al hacer click en el botón de “Ingresar Horómetros” se desplegará un nuevo formulario en donde se deberá seleccionar la embarcación para la cual se desea registrar dicha información, como se muestra a continuación:

Horómetros

Plan de Mantenimiento
FRASAL

Seleccione Embarcación:

Equipos

Motor Principal Babor:

Motor Principal Estribor:

Caja Babor:

Caja Estribor:

Generador N°1:

Generador N°2:

Figura N° 4. 18: Formulario Ingreso Horómetros equipos principales.

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de seleccionar la embarcación, que en el ejemplo anterior corresponde a la “Orca” se debe ingresar el horómetro correspondiente a cada equipo que posee la embarcación, que en este caso es un Motor Principal de Babor, un Motor Principal de Estribor, una Caja de Transmisión Babor, una Caja de Transmisión Estribor, un Generador N°1 y un Generador N°2. Una vez digitados los horómetros, se debe hacer click en el botón “INGRESAR” el cual guardará la información en un nuevo Libro de Excel llamado “Horómetros”, registrando además de forma automática la fecha del registro:



HOROMETROS

Fecha	Fecha					
	M/Ppal Bb	M/Ppal Eb	Caja Bb	Caja Eb	Gen N°1	Gen N°2
15-02-2016	25303	25157	25303	25157	3121	13400
30-02-2015	25387	25253	25387	25253	3195	13651

Figura N° 4. 19: Base de datos almacenamiento Horómetros MN "Orca".

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de realizado el registro, se deberá hacer click en el botón "VOLVER INICIO", que nos llevará nuevamente al Libro Excel "Plan de Mantenimiento" y al formulario "INICIO". Este libro obtiene la última información registrada en el Libro "Horómetros", la cual si corresponde a un periodo mayor a 15 días desde el registro a la fecha actual, arrojará una alarma de "Peligro". De igual forma, si han transcurrido más de 10 días desde el último registro, arrojará una alarma de "Precaución", o si el registro fue realizado hace menos de 10 días, arrojará un símbolo de satisfacción, como se muestra en los siguientes ejemplos:

	Orca		
	Horometros		
	M/Ppal Bb	25387	
	M/Ppal Eb	25253	
	Caja Bb	25387	
	Caja Eb	25253	
	Generador N1	3195	
Generador N2	13651		

	Orca		
	Horometros		
	M/Ppal Bb	25387	
	M/Ppal Eb	25253	
	Caja Bb	25387	
	Caja Eb	25253	
	Generador N1	3195	
Generador N2	13651		

	Orca		
	Horometros		
	M/Ppal Bb	25387	
	M/Ppal Eb	25253	
	Caja Bb	25387	
	Caja Eb	25253	
	Generador N1	3195	
Generador N2	13651		

Otra de las acciones que se encuentran en el formulario de “INICIO” es registrar los cambios de “Filtros y Aceites”. Al hacer click a éste botón, se despliega otro formulario que nos pide seleccionar la embarcación para la cual se desea registrar esta información.



The image shows a software window with a blue title bar that reads "Entrega de Filtros y Aceites". Inside the window, on the left, is the Frasal logo, which consists of a stylized eye graphic and the text "frasal compañía naviera". To the right of the logo, the text "Plan de Mantenimiento" is displayed in a large, bold, blue font, with "FRASAL" in a slightly smaller, bold, blue font below it. Below this text, there is a label "Seleccione Embarcación:" followed by a dropdown menu. The dropdown menu currently shows the word "Orca". At the bottom center of the window is a button labeled "Aceptar".

Figura N° 4. 21: Formulario de selección Embarcación para Cambio de Filtros y Aceites.

Fuente: Elaboración Propia.

Al seleccionar la embarcación, que en este ejemplo es “Orca” se abre un nuevo formulario que nos muestra, al seleccionar un equipo de esa embarcación, las horas restantes para el próximo cambio de aceite y filtros, con un recuadro de alarma, que será de color verde si faltan más de 80 horas para el próximo cambio, de color amarillo si faltan menos de 80 horas para el próximo cambio, y de color rojo si ya se ha cumplido el plazo para el cambio.

Horas Restantes M/Ppal Bb		
Filtro Aceite	283	■
Filtro Petróleo	283	■
Filtro Racor	278	■
Filtro Aire	-554	■
Aceite	283	■

Figura N° 4. 22: Formulario horas restantes Cambio de Aceites y Filtros.

Fuente: Elaboración Propia.

En el ejemplo anterior se puede ver que del equipo seleccionado Motor Principal Babor, el cambio del elemento Filtro de Aire posee 554 horas de retraso, por lo que marca una alarma de Peligro color rojo.

En este mismo formulario es posible ingresar el cambio de aceite y filtros haciendo click en el botón “Ingresar Cambio”, en donde se abrirá un nuevo Libro Excel llamado “Entrega de Filtros”, y un nuevo formulario, en donde se registrará el horómetro de cambio de estos elementos para cada equipo, información que quedará almacenada en esta base de datos.



Plan de Mantenimiento
FRASAL

27/12/2016

Ingresar Horometro de Entrega:

Motor Principal Babor Filtro Aceite: Filtro Petróleo: Filtro Racor: Filtro Aire: Aceite:	Motor Principal Estribor Filtro Aceite: Filtro Petróleo: Filtro Racor: Filtro Aire: Aceite:	Caja Babor Aceite: Caja Estribor Aceite:
Generador Nº1 Filtro Aceite: Filtro Petróleo 1: Filtro Petróleo 2: Filtro Separador: Filtro Agua: Filtro Aire: Aceite:	Generador Nº2 Filtro Aceite: Filtro Petróleo 1: Filtro Petróleo 2: Filtro Separador: Filtro Agua: Filtro Aire: Aceite:	INGRESAR VOLVER INICIO

Figura N° 4. 23: Formulario ingreso Horómetros de Entrega de Filtros y Aceite.

Fuente: Elaboración Propia.

Una vez digitados los horómetros de entrega y cambio de cada uno de estos elementos, se debe hacer click en el botón “INGRESAR” para guardar el registro y luego “VOLVER INICIO” para regresar al Libro principal “Plan de Mantenimiento” y al formulario “INICIO”.

Otra de las opciones de este formulario es “Overhaul”, en donde al hacer click al botón, al igual que en la acción anterior, nos muestra un formulario para seleccionar la embarcación de la cual queremos obtener esta información. Al seleccionar la embarcación, un nuevo formulario nos indica las horas restantes para realizar un nuevo Overhaul a cada uno de los equipos principales, y un recuadro de alarma que será de color verde si faltan más de 480 horas para el próximo Overhaul, de color amarillo si faltan menos de 480 horas para el próximo Overhaul, y de color rojo si ya se ha cumplido el plazo para el realizar el Overhaul.

Overhaul

Plan de Mantenimiento FRASAL

Horas Restantes Overhaul

Motor Principal Babor	4613	
Motor Principal Estribor	4747	
Caja Babor	4613	
Caja Estribor	4747	
Generador N°1	14805	
Generador N°2	4349	

Figura N° 4. 24: Formulario horas restantes Overhaul.

Fuente: Elaboración Propia.

En este formulario además se puede ingresar el horómetro de un nuevo Overhaul haciendo click en el botón “Ingresar Overhaul”, en donde en un nuevo formulario se selecciona el equipo y se digita el horómetro de este al momento de realizar el Overhaul.

Overhaul

Plan de Mantenimiento FRASAL

Seleccione Equipo:

Ingrese Horómetro Overhaul

Motor Principal Babor

Figura N° 4. 25: Formulario ingreso Horómetro Overhaul.

Fuente: Elaboración Propia.

Luego de hacer click en Aceptar para guardar el registro en la base de datos, se deberá hacer click en volver para regresar al formulario de “INICIO”.

También en este formulario es posible acceder mediante el botón “Check List Diario” al registro de los mantenimientos diarios de los equipos, como se muestra a continuación:



Figura N° 4. 26: Formulario Check List Mantenimiento Diario equipos principales.

Fuente: Elaboración Propia.

Al hacer click en cada una de las actividades de mantenimiento diario y luego en el botón “Aceptar”, se registrará automáticamente la fecha en que estos fueron realizados en un nuevo Libro Excel llamado “Check List Mantenimientos diarios”, el cual cuenta con una alarma que se tornará de color rojo y dirá “Peligro” si es que transcurre más de un día en que no se realice el registro.



Fecha: 28-12-2016

MN ORCA

M/Ppal Bb		
Actividad	Última Inspección	Alarma
Inspeccionar indicador de servicio del filtro de aire del motor	17-12-2016	PELIGRO
Comprobar/Limpiar antefiltro de aire del motor	17-12-2016	PELIGRO
Comprobar nivel de aceite del motor	17-12-2016	PELIGRO
Drenar filtro primario del sistema de combustible/separador de agua	17-12-2016	PELIGRO
Drenar agua y sedimentos del tanque de combustible	17-12-2016	PELIGRO
Inspeccionar alrededor de la máquina	17-12-2016	PELIGRO

Figura N° 4. 27: Base de datos Mantenimientos diarios equipos principales.

Fuente: Elaboración Propia.

Desde el formulario de INICIO además es posible acceder a los mantenimientos realizados a los Equipos Auxiliares y a los Equipos Principales. Al hacer click en “Equipos Auxiliares”, se despliega un formulario que muestra los días restantes para realizar mantenimientos, seleccionando un tipo de equipo, como por ejemplo “Equipos Oleohidráulicos” y un equipo específico dentro de esta categoría, como “Sistema gobierno grúa/cabrestante auxiliar”, además de la alarma respectiva que se tornará de color amarillo verde si es que restan más de 15 días para la realización de la actividad de mantenimiento, de color amarillo si restan menos de 15 días y de color rojo si el plazo ya se ha cumplido, como se observa en la Figura N°4.28.

Por otro lado, al hacer click en “Ingresar Mantenimiento” es posible realizar un nuevo registro en la base de datos por medio de un nuevo formulario, en donde se deberá seleccionar el Tipo de Equipo, el Equipo Específico y la Actividad de Mantenimiento, para luego ingresar la fecha en que fue realizada, como se muestra en la Figura N°4.29.

De igual forma, al hacer click en el botón “Equipos Principales” del formulario de INICIO se puede acceder a la información de los días u horas restantes para realizar los mantenimientos correspondientes a este tipo de equipos, como se aprecia en la Figura N°4.30. Al hacer click en el botón “Ingresar Mantenimiento” se abrirá un nuevo formulario para realizar el registro correspondiente, seleccionando el Tipo de Equipo, el Equipo Específico y la Actividad de Mantenimiento e ingresando la fecha y horómetro en que fue realizada. Figura N°4.31.

Equipos Auxiliares



Plan de Mantenimiento FRASAL

Seleccione Tipo de Equipo:

Seleccione Equipo:

Equipos Oleohidráulicos | Equipos Peces | Equipos Básicos | Baterías

Días Restantes Sistema Gobierno Grúa/Cabrestante Auxiliar

Inspección Bomba hidráulica:	-197	
Inspección Mangueras, cañerías y niples:	-137	
Inspección General Grúa:	-137	
Engrase Grúa:	-287	
Inspección Mangueras, cañerías y niples Grúa:	-137	
Inspección Mando Grúa:	48	
Inspección General Cabrestante:	-137	
Engrase Cabrestante:	-287	
Inspección Mangueras, cañerías y niples Cabrestante:	-137	
Inspección Motor Hidráulico Cabrestante:	48	

Figura N° 4. 28: Formulario días restantes Mantenimientos Equipos Auxiliares.

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos Auxiliares

 **Plan de Mantenimiento FRASAL**

Seleccione Tipo de Equipo:

Seleccione Equipo:

Seleccione Actividad:

Ingrese Fecha de Mantenición:

DD-MM-AAAA

Figura N° 4. 29: Formulario ingreso fecha de mantenimiento Equipos Auxiliares.

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos Principales

 **Plan de Mantenimiento FRASAL**

Seleccione Tipo de Equipo: Seleccione Equipo:

M/Ppal Babor | M/Ppal Estribor | Generador N°1 | Generador N°2 | Caja Babor | Caja Estribor

Sistema Eléctrico

Inspeccionar Arranque	250	☐	48	☐
Comprobar nivel de electrolito de la batería	250	☐	48	☐
Inspeccionar/Limpiar/Apretar prisionero de conexión a tierra	250	☐	48	☐
Inspeccionar cableado eléctrico y sensores	7000	☐	48	☐
Comprobar equipo impulsado	8000	☐	778	☐

Figura N° 4. 30: Formulario días restantes Mantenimientos Equipos Principales.

Fuente: Elaboración Propia.

Equipos Principales

 **Plan de Mantenimiento**
FRASAL

Seleccione Tipo de Equipo:

Seleccione Equipo:

Seleccione Actividad:

Ingrese Fecha de Mantención:
DD-MM-AAAA

Horómetro Mantención:

Figura N° 4. 31: Formulario ingreso fecha y horómetro de mantenimiento Equipos Principales.

Fuente: Elaboración Propia.

5. Conclusiones.

Empresas como Frasal poseen una gran capacidad de crecimiento, sobre todo considerando que en la zona austral de Chile, este tipo de transporte es prácticamente la única forma de mantener la conectividad y realizar el abastecimiento de grandes industrias como la salmonera, pero este crecimiento debe ir de la mano de una buena gestión de sus recursos. Debido a que las embarcaciones y todos los equipos que las componen presentan una larga vida útil (más de 10 años), es muy importante realizar un adecuado mantenimiento para asegurar su operatividad.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se puede concluir que existe una gran cantidad de fallos y averías menores que se producen de forma recurrente en las embarcaciones, esto debido a que no se cuenta con un plan de acción inmediato para enfrentarlos y para, en el mejor de los casos, evitarlos. Es por esto que se realizó un listado de este tipo de fallos con propuestas de soluciones para disminuir las detenciones producidas por este concepto.

Por otro lado, contar con información técnica actualizada de los equipos con los que cuenta cada embarcación nos permite aplicar formas y frecuencias de mantenimiento adecuadas a cada uno de ellos, disminuyendo así el deterioro acelerado de éstos por sus tratamientos erróneos. Además, en el caso del sistema de fondeo y amarre de las embarcaciones, no cumplir con los equipos especificados es la normativa legal puede condicionar el zarpe de las embarcaciones, lo que resultaría en importantes pérdidas económicas para la empresa.

Otro factor de mucha relevancia en el mantenimiento de equipos es la disponibilidad de los insumos o repuestos al momento de producirse una avería o cuando, según las horas de servicio corresponda su utilización. Es decir, es necesario mantener un stock crítico de cada uno de ellos, sobre todo si se trata de productos de difícil obtención o de elevado costo, y de igual forma eliminar del sistema de inventarios aquellos productos que no requieren almacenaje y que generan costos adicionales a la organización por concepto de sobre stock. En este caso, la empresa contaba con un importante sobre stock de artículos, según los cálculos realizados. El inventario actual de bodega de mantención está compuesto por 3493 artículos con un costos total de \$9.708.514 pesos, y el stock de seguridad calculado considera sólo 52 artículos con un costo total de \$1.360.294 pesos, es decir la organización mantiene un total de \$8.350.237 pesos de sobre stock. Contar con un sistema de gestión del inventario de repuestos, principalmente en industrias de estas características, es fundamental para mejorar la disponibilidad del servicio y con eso la competitividad de la empresa frente a otras organizaciones.

El Recurso Humano también es un elemento fundamental en la realización del mantenimiento, por lo cual es necesario que cuente con todas las competencias requeridas para ello. En primera instancia, el personal técnico debe tener claridad de las responsabilidades y funciones de su cargo y de esta forma, es posible determinar cuáles son las áreas que presentan mayor debilidad y en las cuales se debe capacitar.

El Plan de Mantenimiento diseñado nos permite llevar a cabo la aplicación y control del mantenimiento de manera más eficaz, basándose en las recomendaciones de fabricación de los equipos

por lo que nos asegurará extender al máximo su vida útil, disminuir los costos por mantenciones correctivas, y asegurar la disponibilidad y operatividad de las embarcaciones para prestar un servicio oportuno y de calidad, contribuyendo así al desarrollo económico de la empresa.

6. Recomendaciones:

- Realizar reuniones periódicas para controlar el cumplimiento de las medidas propuestas para enfrentar los fallos y averías recurrentes.
- Realizar actualizaciones oportunas en la información técnica de las embarcaciones, al realizar un cambio o modificación de equipos.
- Registrar todas los ingresos y salidas de insumos o repuestos de la bodega de mantención en el Sistema de Gestión de Inventario, para llevar un correcto control del stock crítico de los artículos.
- Realizar los cursos de capacitación propuestos, para mejorar las competencias del personal y de esta forma asegurar el cumplimiento adecuado de las actividades de mantenimiento.
- Asignar a un encargado para llevar a cabo el registro de los mantenimientos en el Plan de Mantenimiento programado por medio de la herramienta Macros de Excel. De acuerdo a las Descripciones de Responsabilidades, la persona idónea para esta actividad es el Asistente de Mantención.
- Registrar cada 15 días los horómetros de todos los equipos principales en el Plan de Mantenimiento, información obtenida de los Informes Quincenales de Máquina realizados por los Jefes de Máquina de cada embarcación.
- Registrar los horómetros de cambio de aceites y filtros cada vez que estos se produzcan, de acuerdo a la frecuencia propuesta en el Plan de Mantenimiento.
- Realizar diariamente el Check list de mantenimiento autónomo a todos los equipos principales de las embarcaciones y registrarlo en el Plan de Mantenimiento.
- Ingresar la fecha de realización de una actividad de mantenimiento preventivo o predictivo en los equipos auxiliares, cada vez que estas se produzcan, según la frecuencia propuesta en el Plan de Mantenimiento.
- Ingresar la fecha y horómetro de los equipos principales cada vez que se realice una actividad de mantenimiento preventivo o predictivo, según la frecuencia propuesta en el Plan de Mantenimiento.
- Ingresar horómetros de los equipos principales cada vez que se realice un Overhaul.
- Revisar frecuentemente los días u horas restantes para la realización de una actividad de mantenimiento, para cumplir eficientemente con su aplicación.

7. Bibliografía y Linkografía:

AKSA POWER GENERATION. 2010. Diesel Generating Sets. Installation Recommendations and Operations Manual. [En línea]. < <http://www.brizmotors.ru/upload/iblock/212/aksa-cummins-diesel-generating-sets.pdf> > [consulta: 20 de octubre 2016]

ARATA, A. y FURLANETTO L. 2005. Manual de gestión de activos y mantenimiento. Santiago, Ril Editores. 921p.

CALLONI, J.C. 2007. Mantenimiento eléctrico y mecánico para pequeñas y medianas empresas. Buenos Aires, Nobuko. 280p.

CATERPILLAR. 2007. Manual de Operación y Mantenimiento Motores Industriales C15. [En línea] <<https://docs.google.com/file/d/0B1WvXuSVyhHqbVJtTjVkamh3Z2s/edit> > [consulta: 20 de octubre 2016]

CHASE, R., et al. 2009. Administración de Operaciones: Producción y cadena de suministros. 12^{va} ed. México, McGRAW – HILL. 750p.

CHILE. Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. 2001. Decreto N°102: Sustituye el Reglamento para el Equipo en los cargos de navegación y maniobras de las naves y embarcaciones de la marina mercante nacional y especial. 04 de Diciembre de 2001. 14p.

COLOMBO, L. y VILLALONGA, P. 2006. Metodología de análisis de un cuestionario para evaluar el aprendizaje de alumnos de un curso multitudinario de cálculo. [En línea]. Revista electrónica de la Red de Investigación Educativa. Vol. 1 issue 4. <<http://revista.iered.org/actual/pdf/lcypv.pdf> > [consulta: 10 diciembre 2016]

COMPAÑÍA NAVIERA FRASAL. 2016. [En línea]. < <http://www.frasal.cl> > [consulta: 5 de mayo de 2016]

CUATRECASAS, LI. 2010. Gestión Integral de la Calidad: Implantación, Control y Certificación. Barcelona, Profit Editorial. 380p.

CUATRECASAS, LI. 2012. Gestión de la Calidad Total: Diseño, gestión y control de la calidad. En: Organización de la Producción y Dirección de Operaciones. Madrid, Ediciones Díaz de Santos. pp. 575 – 667.

DE BONA, J. 1999. Gestión del Mantenimiento. Madrid, Fundación Confemetal. 440p.

DEPARTAMENTO DE DEFENSA. 2009. Relación calidad-precio. Mantenimiento de Buques del Servicio Naval. [En línea]. <[http://www.defence.ie/website.nsf/fba727373c93a4f080256c53004d976e/ef9d4e29bab79533802575b400303652/\\$FILE/NS%20Maintenance.pdf](http://www.defence.ie/website.nsf/fba727373c93a4f080256c53004d976e/ef9d4e29bab79533802575b400303652/$FILE/NS%20Maintenance.pdf) > [consulta: 5 de mayo de 2016]

DHILLON, B.S. 2002. Engineering Maintenance: A Modern Approach. Boca Raton, CRC Press. 224p.

DÍAZ, J. 2010. Técnicas de Mantenimiento Industrial. 2ª ed. Madrid, Calpe Institute of Technology. 318p.

GARCÍA, O. 2011. El Mantenimiento Productivo Total y su aplicabilidad industrial. En: SEGUNDO CONGRESO Internacional de Ingeniería en Mantenimiento. Bogotá, Colombia, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. 19p.

GARCÍA, S. 2009. Ingeniería de Mantenimiento. Madrid, Renovetec. 690p.

GÓMEZ, F.C. 1998. Tecnología del Mantenimiento Industrial. Murcia, Universidad de Murcia. 341p.

GONZÁLEZ, F.J. 2005. Teoría y Práctica del Mantenimiento Industrial Avanzado. 2ª ed. Madrid, Fundación Confemetal. 579p.

GONZÁLEZ, F.J. 2010. Reducción de Costes y Mejora de Resultados en Mantenimiento: La gestión mediante indicadores. Madrid, Fundación Confemetal. 312p.

HANDZHOU ADVANCE GEARBOX GROUP CO., LTD. 2010. Service Manual of Marine Gearbox Model GW Series. [En línea] < <http://file.seekpart.com/keywordpdf/2010/12/17/2010121711345750.pdf>> [consulta: 20 de octubre 2016]

HERNÁNDEZ, J.C. Y VIZÁN, A. 2013. Lean Manufacturing: Conceptos, técnicas e implantación. Madrid, Fundación EOI. 174p.

KEITH, R., et al. 2008. Maintenance Engineering Handbook. 7^{ma} ed. New York, McGRAW – HILL. 1244p.

KRAJEWSKI L., et al. 2000. Administración de Operaciones: estrategia y análisis. 5^{ta} ed. Ciudad de México, Pearson Educación. 892p.

LEVITT, J. 2009. The Handbook of Maintenance Management. 2^{da} ed. New York, Industrial Press. 455p.

NAKAJIMA, S. 1991. Introducción al TPM. Madrid, Tecnologías de Gerencia y Producción, S.A. 125p.

NIETO, E. 2013. Mantenimiento Industrial Práctico. Sevilla, Fidestec Ediciones. 243p.

PENG, K. 2012. Equipment Management in the Post-Maintenance Era. A New Alternative to Total Productive Maintenance (TPM). Boca Raton, Productivity Press. 255p.

PLAZA, A. 2009. Apuntes teóricos y ejercicios de aplicación de gestión del mantenimiento industrial: Integración con calidad y riesgos laborales. Lulu. 269p.

REY, F. 2001. Manual del Mantenimiento Integral en la Empresa. Madrid, Fundación Confemetal. 471p.

RINCÓN, W. 2014. Preguntas abiertas en encuestas: ¿Cómo realizar su análisis? [En línea]. Comunicaciones en Estadística. Vol. 7 issue 2. <<http://revistas.usta.edu.co/index.php/estadistica/article/view/1480>> [consulta: 10 diciembre 2016]

SÁNCHEZ F., et al. 2007. Mantenimiento Mecánico de Máquinas. 2^{da} ed. España, Universitat Jaume. 388p.

SOMERVEL, P. 1996. Hitos destacados en las relaciones navales anglo-chilenas. [En línea]. <http://www.historianaval.cl/publico/publicacion_archivo/publicaciones/15_2.pdf> [consulta: 5 de mayo de 2016]

TAVARES, L.A. 2000. Administración Moderna de Mantenimiento. Brasil, Novo Polo Publicaciones. 141p.

8. Anexos:

Anexo N° 1: Formato Check List Revista de Cargo.



PRE – INSPECCIÓN REVISTA CARGO AA.MM

F. Confección : Noviembre 2015
Codigo : 005 MAN-AMA

OT N°	
Embarcación:	
Supervisor	Fecha ____ de ____ del 20 ____
Lugar	
Vencimiento Revista Cargo	

Efectuado el Servicio de :	☒ MPBB1	☒ MPEB 2	☒ GEN 1	☒ GEN 2	☐ Trabajo Correctivo	☒ Inspec. Rutinaria
-----------------------------------	---	--	---	---	---	---

INSTRUMENTACION SALA MAQUINAS

	SI	NO
Manómetros		
Termómetros		
Horómetros		
Pirometros		
Alarmas de humo generales.		
Paradas de emergencia motores y generadores.		
Alarmas de nivel de agua (sentinas, bodegas)		
Panel Instrumentos motores (maquina y puente)		
Balizas llamada sala maquinas		
Baliza zafarrancho		
Intercomunicador maquina-puente-servo.		

Motor Principal Estribor	
Motor Principal Babor.	
Contramarcha Estribor	
Contramarcha Babor	
Generador N°1 Estribor	
Generador N° 2 Babor	

EQUIPOS DE CUBIERTA	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Funcionamiento winches de fondeo.					
Funcionamiento winches rampa.					
Funcionamiento grua.					
Estado cornamuzas					
Pañol plan Sopep.					
Estado imbornales.					
Limpiaparabrisas.					
Puertas estancas					
Vidrios puente gobierno.					
Rampa.					
BOMBAS CENTRIFUGAS	O.K	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Bombas de achique.					
Manómetros y vacuómetros en circuito de incendio.					
Bomba de aguas negras.					
Bombas planta tratamiento.					
Bomba agua dulce.					
Bomba sanitarios.					
Presostatos electrónicos.					
Bombas incendio.					
Bombas de ensilaje.					
Bomba transvasije combustible.					
SISTEMA DE ALUMBRADO	O.K	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Alumbrado cubierta principal.					
Alumbrado sector rampa.					
Alumbrado de emergencia 24 Volts. Puntos rojos.					
Alumbrado sala de Máquinas.					
Alumbrado general 220 Volts.					
Alumbrado emergencia sector balsas salvavidas.					
Blockout alumbrado de emergencia.					
ESTADO BATERIAS	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Motores principales					
Alumbrado emergencia 24 Volts.					
Equipos de comunicaciones					
Equipos monitoreo estanques smolt					
Motores generadores.					
MECANICA GENERAL	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Cortes rápidos de combustible					
Ventilación sala de maquinas					
Piso de goma tableros eléctricos					
Protección de poleas y motores eléctricos					
Protección baterías.					
Linternas y pilas					
Limpieza de sentinas.					
Cañerías colores reglamentarios.					
Sondas estanques de combustible.					
Sondas estanques de expansión.					
Sondas estanques agua dulce.					
Cierre puertas estancas.					
Ventilación banco CO2.					
Estado de frisos puertas, bodegas.					
Tapas ventilación sala de máquinas.					
Tapas ventilación sala bombas ensilaje.					
Señalización estanques generales.					
Señalizaciones generales.					

ESTADO TABLEROS ELECTRICOS	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Bombas recirculación					
Distribución 380-220 Volts					
Cargadores de baterías					
Motores principales y generadores.					
Distribución 24-12 Volts.					
General puente de gobierno.					
Variador de frecuencia.					
Ventiladores sala bombas de ensilaje.					
Guantes eléctricos 500 Volts.					
Bombas de achique e incendio.					
Bombas ensilaje.					
MOTORES ELECTRICOS	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Bombas recirculación.					
Central hidráulica.					
Sistema de gobierno.					
Bombas de achique e incendio.					
Bombas ensilaje.					
SISTEMA HIDRAULICO	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Cilindros hidráulicos					
Fugas externas de cilindros hidráulicos					
Estado de mangueras					
Estado de acoples					
Estado de cañerías					
Fugas de aceite					
Bomba hidráulica					
Niveles estanque hidráulico					
Tanque hidráulico					
LUCES DE NAVEGACION	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Tablero luces de navegación					
Alarma por ampolletas quemadas.					
Focos y ampolletas.					
BITACORA DE MAQUINAS	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Visado por AA.MM					
Datos generales de la nave.					
Hojas foliadas.					
Escrito con lápiz pasta.					
Firmas respectivas.					
Al día.					
Limpio.					
Exista el anterior.					
Anotaciones existencias D.O-Agua-Aceite-Grasa.					
Anotaciones horas funcionamiento maquinas.					
Historial de máquinas.					
Libro registro hidrocarburos.					
Circuitos eléctricos.					
Manuales motores principales y generadores.					
ALARMAS GENERALES	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Sensores de humo.					
Sensores nivel flotación sentinas y bodegas.					
Llamada puente-maquina.					
Alarmas baja P° aceite, alta T° motores y generadores					
Intercomunicador llamada puente-maquina.					
Intercomunicador llamada cubierta.					
Baliza zafarranchos.					
Baliza llamada maquinas.					

ACCESORIOS Y HERRAMIENTAS	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Pañol de herramientas.					
Stock lubricantes.					
Stock filtros motores principales y generadores.					
EQUIPOS COMUNICACIONES	OK	RE	MA	FA	OBSERVACIONES PUNTUALES
Radares.					
Ecosonda.					
Radio HF.					
Radios VHF.					
GPS.					

[illegible]

Supervisor Responsable

Jefe de Máquinas

Anexo N° 2: Formato Informe Quincenal de Máquinas.



INFORME QUINCENAL DE MÁQUINAS

F. Confección : Noviembre 2015

Codigo : 083 MAN-AMA

A	NAVE		FECHA		N°	
	NOMBRE DEL CAPITÁN				REL/CAR	
	NOMBRE DEL JEFE DE MÁQUINAS				REL/CAR	

B		HORAS	HUMO N/B/A/NOR	R.P.M.	T° Agua °C	P°L.O. Psi	P° F.O. Psi	VOLTAJE	FUGAS LO/F.O/AGUA	ULTIMO CAMBIO L.O.
	MOTOR BB									
	MOTOR EB									
	MOTOR AUX. 1									
	MOTOR AUX. 2									
	MOTOR AUX. 3									
	GEN. 1									
	GEN. 2									

C		HORAS	VIBRACIÓN SI / NO	R.P.M.	T ° NOR/ELE	P° AVANTE	P° ATRÁS	P° RELANTI	FUGAS L.O.	ULTIMO CAMBIO L.O.
	CAJA BB									
	CAJA EB									
	OTROS									

D	CONTROLES SEMANALES	SI	NO
	ORDEN Y ASEO SALA DE MAQUINAS		
	REAPRETE BASES MOTORES Y CAJAS		
	ENGRASE GRUA Y RAMPA		
	PURGAR CIRCUITO PRINCIPAL F. O.		
	VERIFICAR DENSIDAD DE BATERIAS		
	VERIFICAR TENSION POLEAS ALTERNADOR		
	PURGAR DECANTADORES GASES MOTORES		
	VERIFICAR ESTADO/DESGASTE FLEXIBLES		
	VERIFICAR ALARMAS Y PARADA EMERG.		
	ENGRASE CABRESTANTE		
	REAPRIETE TABLEROS ELECTRICOS		

E	EXISTENCIAS	LITROS
	PETROLEO DIESEL A FECHA INFORME	
	ACEITE 15W40	
	TRANS. HD. 30 CAJA CONTRA MARCHA.	
	ACEITE HIDRAULICO DT 26 (O EQUIVALENTE)	
	STOCK FILTROS RACOR M/ PRINCIPAL (ES)	
	STOCK FILTROS FO. M/PRINCIPAL (ES)	
	STOCK FILTROS LO. M/PRINCIPAL (ES)	
	STOCK FILTRO AGUA M/PRINCIPAL(ES)	
	STOCK FILTROS FO. GENERADOR (ES)	
	STOCK FILTROS LO. GENERADOR (ES)	
	STOCK FILTROS AIRE M/ PRINCIPAL (ES)	
	STOCK FILTROS AIRE M/ GENERADOR (ES)	
	STOCK FILTROS CIRCUITO HIDRAULICO	

[illegible]

OTRAS NOVEDADES PUENTE Y MÁQUINAS

Motor Babor	
Motor Estribor	
Generador N°1	
Generador N°2	

Caja Bb	
Caja Eb	
Equipos Auxiliares	
Otros	

CAPITAN

JEFE DE MAQUINAS



PEDIMENTO DE MÁQUINA

F. Confección : Noviembre 2015
Codigo : 082 MAN-AMA

Nave			
Fecha			
Responsable		Titular o Relevo	
Sección	Sala de Máquinas		

USO INTERNO

Folio N°

				USO INTERNO		
Cant.	Un	Item	OBSERVACIÓN / USO / DESTINO	Req. N°	O/C N°	Guía N°

Completar sólo en caso de solicitar aceites y filtros

MOTOR		INDICAR MOTIVO (Cambio / Relleno / Pérdida Aceite)	HORÓMETROS		
			Ultimo Cambio	Horom. Actual	Próximo Cambio
M/P	BB				0
M/P	EB				0
GEN	#1				0
GEN	#2				0
M/AUX					0
OTRO					0
CAJA	BB				0
CAJA	EB				0

Firma Jefe de Máquinas



DESCRIPCIÓN DE CARGO
Cargo Operativo

F. Confección : Noviembre 2015
Codigo : 018 MAN-XXX

TÍTULO DEL PUESTO: ASISTENTE DE EQUIPOS DE SMOLT	OCUPANTE: MARCOS MARTÍNEZ ALCAFUS
LOCALIZACIÓN: TERRENO, PUERTO MONTT	DEPENDENCIA JERÁRQUICA: ENCARGADO DE EQUIPOS DE SMOLT
FIRMA DEL OCUPANTE:	FIRMA DEL SUPERVISOR:

1.- MISIÓN

Ejecutar mantenencias preventivas y reparaciones a los equipos de desinfección UV, asegurando el correcto funcionamiento de estos.

2.- PRINCIPALES ACTIVIDADES

	ACCIONES (¿Qué hacer?)
1	Ejecutar mantenencias preventivas de los equipos UV que se encuentran en las naves u otras dependencias de la Empresa.
2	Ejecutar reparaciones de los equipos UV que se encuentran en las naves u otras dependencias de la Empresa.
3	Asesorar a los Técnicos de Smolt en el funcionamiento de los equipos UV.
4	Formular planilla de mantenimiento mensual para mantener informado al Subgerente de Mantención sobre el funcionamiento general de los equipos UV.
5	Cumplir el trabajo en su totalidad y dedicar toda su actividad al desempeño de sus labores.
6	Cuidar y mantener los bienes de la empresa y especialmente aquellos que directamente le sean encomendadas para desempeñar sus funciones.
7	Cumplir con las normas de higiene y seguridad propias de la labor que se le encomienda y con las normas reglamentarias que sean necesarias para el adecuado cumplimiento de las funciones encomendadas.
8	Velar para que los Activos a su cargo estén operativos y que las mantenencias preventivas y correctivas se realicen de acuerdo al programa de la empresa.
9	Anotar en la hoja de vida de los bienes a su cargo las mantenencias y reparaciones realizadas, e informar por escrito a sus superiores de los trabajos realizados.
10	Entrega de informes mensuales de las mantenencias y reparaciones realizadas de los equipos a su cargo durante ese periodo, este debe ser por escrito y entregado el tercer día del mes siguiente a su superior.

3.- ORGANIZACIÓN

Encargado Equipos de Smolt

Asistente de Equipos de Smolt

4.- PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES

☐ **Conocimientos de:**

- Electrónica.
- Software de los equipos de Smolt.
- Office nivel Básico.
- Computación Nivel Intermedio (uso de hardware y software).
- Inglés nivel Básico.

☐ **Requisitos:**

- Licencia de Conducir clase B.
- Título Técnico o Profesional Eléctrico.
- Inglés Básico (para realizar lecturas de instrucciones y manuales de los equipos).

☐ **Experiencia:**

- Al menos 1 año realizando mantenciones en los equipos de smolts.

☐ **Habilidades de:**

- Comunicación Efectiva.
- Trabajo en Equipo.
- Desempeño de Excelencia.
- Organización y Planificación.
- Orientación al Detalle.
- Flexibilidad y Dinamismo.
- Trabajo bajo presión.
- Pro actividad.

5.- PRINCIPALES RIESGOS ASOCIADOS AL CARGO

- Caída a Nivel y Desnivel.
- Accidente de tránsito.
- Golpes.
- Intoxicación por Inhalación de Gases.
- Atrapamiento.
- Perforación.
- Desmembramiento.
- Quemaduras.
- Golpes Eléctricos.
- Aplastamiento.
- Enfermedades por trabajos repetitivos, tales como: Hernias, Lumbagos y Tendinitis.



DESCRIPCIÓN DE CARGO
Cargo Operativo

F. Confección : Noviembre 2015
Codigo : 027 MAN-XXX

TÍTULO DEL PUESTO: ENCARGADO DE EQUIPOS DE SMOLT	OCUPANTE: RODRIGO MARTÍNEZ FLORES
LOCALIZACIÓN: TERRENO Y OFICINA, PUERTO MONTT	DEPENDENCIA JERÁRQUICA: SUBGERENTE DE MANTENCIÓN
FIRMA DEL OCUPANTE:	FIRMA DEL SUPERVISOR:

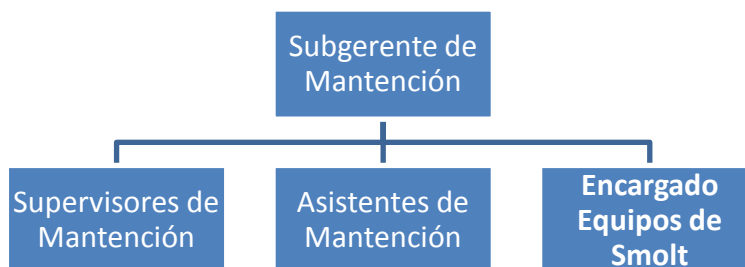
1.- MISIÓN

Ejecutar mantenencias preventivas de los equipos y máquinas de traslado de smolts, asegurando su operatividad.

2.- PRINCIPALES ACTIVIDADES

	ACCIONES (¿Qué hacer?)
1	Mantener los equipos de control y monitoreo de oxígeno, asegurando que los smolts lleguen en óptimas condiciones a destino.
2	Ejecutar mantención de los equipos de luces y cámaras para el traslado de smolts.
3	Proveer de equipos, máquinas e insumos administrativos a los Técnicos de Smolts.
4	Coordinar y supervisar funciones de Asistente de Smolt, asegurando su adecuado cumplimiento.
5	Formular informes mensuales de los trabajos ejecutados para mantener informado al Sugerente de Mantención, de las mantenencias realizadas en los equipos.
6	Cuidar y mantener los bienes de la Empresa, y especialmente aquellos que directamente le sean encomendados para desempeñar sus funciones.
7	Cumplir con diligente desempeño y dedicación exclusiva a las funciones que corresponda y no podrá realizar funciones o negociaciones alguna para sí o para otros, relacionados con el giro de la Empresa, ni usar en beneficio propio o de terceros las oportunidades comerciales e informaciones de las que tuviere conocimiento en función de su cargo o labor.
8	Cumplir con las normas de higiene y seguridad propias de la labor que se le encomienda.
9	Cumplir con las normas reglamentarias que sean necesarias para el adecuado cumplimiento de las funciones encomendadas.

3.- ORGANIZACIÓN



4.- PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES

☐ **Conocimientos de:**

- Electrónica.
- Software de los equipos de Smolt.
- Office nivel Básico.
- Computación Nivel Intermedio (uso de hardware y software).
- Inglés nivel Básico.

☐ **Requisitos:**

- Licencia de Conducir clase B.
- Título Técnico o Profesional Eléctrico.
- Inglés Básico (para realizar lecturas de instrucciones y manuales de los equipos).

☐ **Experiencia:**

- Al menos 2 años realizando mantenciones en los equipos de smolts.

☐ **Habilidades de:**

- Comunicación Efectiva.
- Trabajo en Equipo.
- Desempeño de Excelencia.
- Organización y Planificación.
- Orientación al Detalle.
- Flexibilidad y Dinamismo.
- Trabajo bajo presión.
- Pro actividad.

5.- PRINCIPALES RIESGOS ASOCIADOS AL CARGO

- Caída a Nivel y Desnivel.
- Accidente de tránsito.
- Golpes.
- Intoxicación por Inhalación de Gases.
- Atrapamiento.
- Perforación.
- Desmembramiento.
- Quemaduras.
- Golpes Eléctricos.
- Aplastamiento.
- Enfermedades por trabajos repetitivos, tales como: Hernias, Lumbagos y Tendinitis.



DESCRIPCIÓN DE CARGO
Cargo Jerárquico/Especialista

F. Confección : Noviembre 2015
Codigo : 027 MAN-XXX

TÍTULO DEL PUESTO: GERENTE DE MANTENCIÓN	OCUPANTE: ROBERTO BAHAMONDE
LOCALIZACIÓN: OFICINA, PUERTO MONTT	DEPENDENCIA JERÁRQUICA: GERENTE GENERAL
FIRMA DEL OCUPANTE:	FIRMA DEL SUPERVISOR:

1.- OBJETIVO GENERAL DEL CARGO

Administración del Departamento de Mantenición.

2.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS DEL CARGO

- Organizar el departamento de Mantenición para un óptimo desempeño.
- Controlar los gastos de Mantenición.
- Velar por el cumplimiento de planes preventivos de Mantenición, crearlos si no existen.
- Realizar Evaluaciones Técnicas y Desarrollo de Proyectos.
- Realizar Evaluaciones Técnicas de los equipos que se incorporarán a la compañía.

3.- IMPORTANCIA DEL CARGO

- Las funciones del cargo son un indispensable eslabón para lograr el crecimiento futuro de la compañía.
- Del desempeño del cargo depende la reducción de días perdidos por averías o mantenimientos.
- La optimización de tiempos de ejecución en carenas y mantenimientos programados.
- La obtención de mejoras en eficiencia de los equipos de mantenimiento para atacar emergencias.

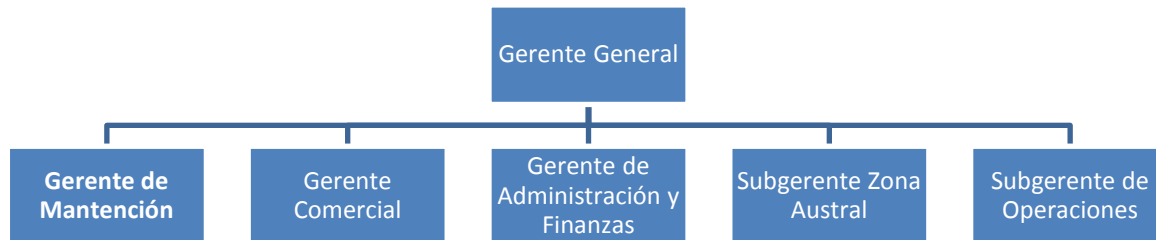
4.- PRINCIPALES ACTIVIDADES

	ACCIONES (¿Qué hacer?)
1	Recopilar información desde el área comercial para dar soporte en materia técnica.
2	Velar por la ejecución correcta del plan de mantenimiento.
3	Búsqueda de mejoras tecnológicas para la optimización y eficiencia.
4	Diseñar un plan de inversiones.

5.- RESPONSABILIDADES

- Mantener actualizado el plan de inversiones de la compañía.
- Ejecutar los proyectos de mejoras definidos con el responsable de operaciones
- Planificar la compra de equipos y maquinarias definidos por el plan de inversiones de la empresa.

6.- ORGANIZACIÓN



7.- INDICADORES ASOCIADOS AL CARGO

- Número de proyectos revisados en el año.
- Cantidad de proyectos ejecutados en el año.
- Tiempo en conseguir ahorros en materia de eficiencia por incorporación de tecnologías.
- Reducción de costos y gastos asociados al mantenimiento.

8.- PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES

- **Conocimientos de:**
 - Administración y Control de Proyectos.
 - Gestión de Procesos de Mantenimiento.
 - Construcción Naval.
 - Motorización y equipos de naves.
 - Manejo de Normas Técnicas y legislación aplicable.
 - Manejo básico de diseño de Cartas Gantt.
 - Manejo de Office nivel Intermedio para elaboración de informes y realización de Planillas de Costos.
 - Manejo de Bases de Datos y Microsoft Access.
 - Inglés nivel Intermedio.
- **Aptitudes Tácticas:**
 - Capacidad de análisis.
 - Facilidad para negociar.
 - Orientación hacia clientes internos y externos.
- **Requisitos:**
 - Título Profesional en Ingeniería Mecánica, Civil, Naval o carrera a fin.
 - Licencia de Conducir clase B.
- **Experiencia:**
 - Mínimo 5 años de experiencia en cargos similares, incluyendo asesoría de Servicios Técnicos.
- **Habilidades de:**
 - Liderazgo.
 - Comunicación Efectiva.
 - Trabajo en Equipo.

- Desempeño de Excelencia.
- Orientación a los resultados.
- Organización y Planificación.
- Flexibilidad.

☐ **Cualidades:**

- Paciencia.
- Perseverancia.
- Confianza en sí mismo.
- Empatía.
- Relaciones Interpersonales.
- Recursividad.
- Consistencia.
- Prudencia.
- Dinamismo.
- Estabilidad Emocional.
- Disponibilidad.
- Puntualidad.

☐ **Valores:**

- Honestidad.
- Lealtad.
- Justicia.
- Tolerancia
- Rectitud.
- Confiabilidad.

9.- PRINCIPALES RIESGOS ASOCIADOS AL CARGO

- ☐ Caída a Nivel y Desnivel.
- ☐ Golpes y Atrapamientos.
- ☐ Accidentes de Tránsito.
- ☐ Cortes.