

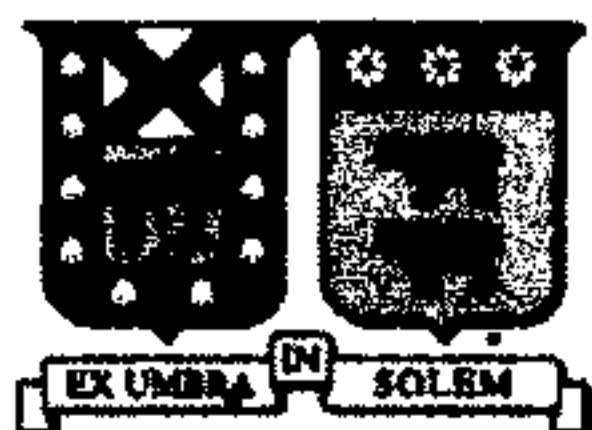
**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN – REY BALDUINO DE BÉLGICA**

**ANÁLISIS DE FALLA EN CAJA MARINA DEL SISTEMA DE
PROPULSIÓN DE EMBARCACION PESQUERA**

Trabajo de Título para optar al Título
Profesional de Ingeniería en
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL CON
LICENCIATURA EN INGENIERIA.

Alumno:
Sr. Fabián Cruz Ramírez

Profesor Guía:
Ing. Aldo Gabriel Fuentes Troncoso



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): ☒ Memoria o trabajo de título ☐ Tesis de Postgrado
Título del trabajo: Análisis de Falla en casa Marina del sistema de propulsión de Embarcación Pesquera

Nombre del candidato(a): Fabian Alfredo Cruz Ramirez

Carrera / Grado: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Campus: Sede Concepción Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Aldo Gabriel Fuentes Troncoso, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

☒ El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

☐ El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (marcar una opción):

☐ 6 meses ☐ 12 meses ☐ 2 años ☐ 3 años ☐ 5 años ☐ 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 06 Abril 2026 Firma: _____

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 06/04/2026 Firma: C. Ramirez

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo de título, desarrollado para optar al grado de Ingeniero en Mantenimiento Industrial de la Universidad Técnica Federico Santa María, con licenciatura en ingeniería, representa la culminación de un proceso largo y exigente, marcado por momentos de esfuerzo, desafíos y también de aprendizajes significativos. Este camino académico no habría sido posible sin el apoyo incondicional de personas que han sido fundamentales en mi vida y en mi formación personal.

En primer lugar, quiero expresar mi más profundo agradecimiento a mi hermana, quien ha sido un pilar esencial durante todo este proceso. Gracias por tu apoyo incondicional, por tu constante motivación y por recordarme en los momentos difíciles que soy capaz de alcanzar mis metas. Tu preocupación, tus palabras de aliento y tu forma de cuidarme muchas veces como una segunda madre han sido fundamentales para mantenerme firme y seguir adelante en este camino.

De la misma manera, quiero agradecer profundamente a mi madre, quien con su cariño, paciencia y dedicación ha estado presente en cada etapa de este proceso. Gracias por todos aquellos días en los que me esperabas al regresar de clases, por tu disposición a escucharme cuando necesitaba explicar o comentar lo que estaba aprendiendo, incluso cuando muchas veces eran temas complejos o ajenos a tu área. Aun así, siempre estuviste ahí, poniendo atención, interesándote y acompañándome con orgullo. Tu constante preocupación por mi bienestar y por mi salud ha sido una muestra permanente de tu amor y apoyo.

A ambas, mi hermana y mi madre, quiero dedicarles un reconocimiento especial, ya que su apoyo no solo fue moral, sino también económico en momentos importantes. Sin su ayuda, su confianza y su sacrificio, este logro no habría sido posible. Este trabajo y este paso en mi formación profesional también les pertenece a ustedes.

RESUMEN

El sistema de propulsión de una embarcación está compuesto por diversos elementos mecánicos encargados de transmitir la potencia generada por el motor principal hacia la hélice, permitiendo el desplazamiento de la nave a través del agua. Dentro de este sistema, la línea de transmisión cumple un rol fundamental al conectar los distintos componentes encargados de transferir dicha potencia, destacando entre ellos la línea de ejes, la hélice y la caja marina. Esta última constituye un elemento clave dentro del sistema propulsor, ya que permite adaptar la velocidad de rotación del motor a las condiciones de operación de la hélice, además de transmitir y soportar importantes cargas mecánicas durante el funcionamiento de la embarcación.

En el ámbito operativo, la caja marina se encuentra sometida a diversas condiciones de trabajo que pueden afectar su desempeño, especialmente cuando existen deficiencias en los procesos de mantenimiento o en el control de las condiciones de operación del sistema de transmisión. Un mantenimiento inadecuado, la falta de inspecciones periódicas, problemas de alineación en la línea de ejes o deficiencias en la lubricación pueden generar desgaste prematuro en los componentes internos de la caja marina, provocando vibraciones, pérdida de eficiencia, fallas mecánicas y detenciones no programadas que afectan la continuidad operacional de la embarcación.

El presente trabajo de título se enfoca en analizar el comportamiento del sistema de transmisión de una embarcación, poniendo especial énfasis en la caja marina y en las consecuencias que puede generar un mantenimiento deficiente en este componente. A través del estudio del sistema de propulsión y del análisis de un caso real de falla asociado a golpes en la hélice y problemas en la línea de transmisión, se identifican los factores que pueden influir en la generación de estas fallas y los efectos que estas tienen sobre el funcionamiento del sistema propulsor.

A partir de este análisis, se identifican los puntos críticos dentro de la línea de transmisión que requieren especial atención desde el punto de vista del mantenimiento, tales como la alineación de la línea de ejes, el estado de los sistemas de lubricación, el monitoreo de vibraciones y la inspección de los componentes mecánicos asociados a la

caja marina. Finalmente, el trabajo propone medidas orientadas a fortalecer las prácticas de mantenimiento y control del sistema de transmisión, con el objetivo de mejorar la confiabilidad operativa de la embarcación, reducir la probabilidad de fallas y optimizar la vida útil de los componentes que conforman el sistema de propulsión.

ÍNDICE

	Página
Introducción.....	1
Relevancia del Trabajo.....	4
Objetivo.....	6
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
Alcance.....	7
Limitaciones.....	8
1. Capítulo I: Marco Teórico.....	10
1.1. Caja reductora como un componente fundamental.....	11
1.2. Historia de la empresa, Ancora Chile.....	12
1.3. Definiciones.....	14
1.3.1. Sistema de Propulsión.....	16
1.3.2. Eje propulsor.....	16
1.3.3. Sistema de Línea de Ejes.....	17
1.3.4. Línea de Eje.....	17
1.3.5. Eje Intermedio.....	18
1.3.6. Eje de la Hélice.....	19
1.3.7. Motor Principal (Diésel).....	20
1.3.8. Accesorios de Línea de Eje.....	21
1.3.9. Cajas Marinas o Transmisiones Marinas.....	23
1.3.10. Hélice.....	26
1.4. Relación entre Hélice, Eje y Caja Marina.....	27
1.4.1. Potencia y rotación.....	28
1.4.2. Transmisión de Potencia.....	28
1.4.3. Generación de Empuje.....	29

1.4.4.	Diseño y Eficiencia.....	29
1.4.5.	Desalineamiento.....	29
2.	Capítulo II: Planteamiento del Problema.....	32
2.1.	Descripción del problema.....	33
2.1.1.	Resumen de los Procesos de Ejecución del Trabajo en Barco Albimer.....	37
2.2.	Desarrollo.....	39
2.3.	Análisis Causa raíz, diagrama de Ishikawa.....	58
3.	Capítulo III: Propuesta de Mejora.....	60
3.1.	Plan de Mejora.....	61
3.1.1.	Ciclo Phva o Deming.....	62
3.1.2.	Problemas Habituales Detectados.....	67
3.1.3.	Análisis de Inspección.....	68
4.	Capítulo IV: Presupuesto.....	74
4.1.	Análisis Económico.....	75
4.1.1.	Mano de obra especializada.....	75
4.1.2.	Repuestos y componentes.....	77
4.1.3.	Costos de transporte y Hospedaje.....	78
4.1.4.	Conclusión General Análisis Económico.....	79
	Conclusión.....	82
	Referencias.....	84

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1-1. Motor Intraborda.....	19
Figura 1-2. Imagen del Sistema de Propulsión de una Embarcación	20
Figura 1-3. Interior de una Caja Marina Reintjes	25
Figura 1-4. Hélice de cuatro aspas.....	26
Figura 1-5. Desalineamientos en el eje.....	30
Figura 2-1. Sector sala de máquina.....	41
Figura 2-2. Plano de Caja Marina.....	42
Figura 2-3. Plano de las Piezas que componen parte de la transmisión.....	43
Figura 2-4. Lista de las Piezas que componen parte de la transmisión.....	43
Figura 2-5. Albimer es la segunda embarcación después del pontón flotante...	45
Figura 2-6. Puerto de Iquique lugar de fondeo de las embarcaciones.....	46
Figura 2-7. Puerto de Iquique explanada.....	47
Figura 2-8. Plano de las tres secciones de la Caja Marina.....	49
Figura 2-9. Maniobra de extracción del rodamiento de Eje de salida.....	52
Figura 2-10. Extracción de piezas mecánicas por medio de presión hidráulica...	53
Figura 2-11. Alineación por medio de Reloj Comparador.....	54
Figura 2-12. Proceso de Armado de la Caja marina.....	55
Figura 2-13. Caja reductora.....	56
Figura 2-14. Diagrama de Ishikawa.....	58
Figura 3-1. Ciclo de Deming: PDCA/PHVA.....	63
Figura 3-2. Etapa del ciclo PHVA.....	64
Figura 3-3. Cinco puntos análisis del Proceso de la Mejora continua.....	72

INTRODUCCION

El transporte marítimo y las actividades relacionadas con la pesca, la acuicultura y los servicios marítimos dependen en gran medida del correcto funcionamiento de las embarcaciones y de sus sistemas mecánicos principales. Dentro de estos sistemas, el sistema de propulsión constituye uno de los elementos más importantes para la operación segura y eficiente de cualquier nave, ya que es el encargado de transformar la energía generada por el motor principal en fuerza de empuje que permite el desplazamiento de la embarcación a través del agua. Debido a su importancia operativa, el sistema de propulsión debe funcionar de manera confiable y continua, ya que cualquier falla o deterioro en sus componentes puede afectar directamente la capacidad de navegación, generar pérdidas económicas y comprometer la seguridad de la tripulación y de la embarcación.

En términos generales, el sistema de propulsión de una embarcación está compuesto por diversos elementos mecánicos que trabajan de forma integrada para transmitir la potencia generada por el motor principal hasta el medio acuático. Entre los componentes más relevantes se encuentran el motor principal, la línea de ejes, la caja marina o caja reductora, los sistemas de acoplamiento y la hélice. Cada uno de estos elementos cumple una función específica dentro del proceso de transmisión de potencia, permitiendo que la energía mecánica generada por el motor sea transformada finalmente en movimiento de rotación de la hélice, la cual interactúa con el agua para producir el empuje necesario para desplazar la embarcación.

El adecuado funcionamiento del sistema de propulsión depende no solo del diseño y la correcta selección de sus componentes, sino también de factores relacionados con la operación, el mantenimiento y las condiciones de trabajo a las cuales está sometida la embarcación. En el caso de las embarcaciones pesqueras y de apoyo a la industria marítima, estos sistemas suelen operar en entornos exigentes, caracterizados por largas jornadas de trabajo, variaciones de carga, presencia de agentes externos y condiciones ambientales adversas. Como consecuencia de estas condiciones, los componentes del sistema de transmisión están expuestos a diversos tipos de esfuerzos mecánicos,

vibraciones, desgaste progresivo y posibles eventos imprevistos que pueden afectar su desempeño.

Uno de los eventos que puede generar consecuencias significativas en el sistema propulsor corresponde a los impactos o golpes sufridos por la hélice durante la operación de la embarcación. Estos impactos pueden producirse por el contacto con objetos sumergidos, restos de redes de pesca, estructuras submarinas, rocas o irregularidades presentes en el fondo marino. Cuando ocurre este tipo de evento, las fuerzas generadas por el impacto pueden transmitirse a lo largo de toda la línea de transmisión mecánica, afectando componentes como los ejes, los sistemas de acoplamiento, los rodamientos y la caja marina. Dependiendo de la magnitud del impacto y de las condiciones del sistema, estas cargas pueden provocar desalineamientos, vibraciones excesivas, deformaciones en componentes mecánicos o incluso fallas estructurales que comprometan el funcionamiento del sistema de propulsión.

La caja marina, también conocida como caja reductora o caja de transmisión, cumple un papel fundamental dentro del sistema propulsor, ya que permite adaptar la velocidad de rotación del motor a las condiciones de funcionamiento requeridas por la hélice. Además de modificar la relación de velocidades, este componente se encarga de transmitir la potencia generada por el motor hacia la línea de ejes, soportando cargas mecánicas importantes durante la operación de la embarcación. Debido a su función dentro del sistema de transmisión, cualquier alteración en las condiciones de funcionamiento de la línea de ejes o de la hélice puede tener efectos directos sobre la caja marina, afectando sus engranajes, rodamientos y sistemas de lubricación.

En este contexto, el estudio del comportamiento del sistema de propulsión frente a golpes en hélice es de relevancia técnica y operativamente. Comprender los efectos en los componentes y los factores que influyen en las consecuencias permite desarrollar estrategias de mantenimiento más efectivas. Asimismo, el análisis contribuye a fortalecer las prácticas de inspección, diagnóstico y prevención de fallas. Aspectos esenciales en la gestión del mantenimiento de embarcaciones.

El mantenimiento adecuado del sistema de propulsión no solo tiene implicancias en la continuidad operacional de las embarcaciones, sino que también influye directamente en los costos asociados a reparaciones, detenciones no programadas y

reemplazo de componentes. En muchos casos, la falta de procedimientos de mantenimiento adecuados, la ausencia de monitoreo de condiciones o la detección tardía de problemas mecánicos puede derivar en fallas mayores que requieren intervenciones complejas y costosas. Por esta razón, la implementación de programas de mantenimiento preventivo y predictivo orientados a la supervisión del estado del sistema de transmisión representa una herramienta clave para prolongar la vida útil de los componentes y mejorar la eficiencia operativa de las embarcaciones.

En el ámbito de la ingeniería aplicada al mantenimiento de sistemas mecánicos marinos, resulta especialmente importante analizar casos reales de fallas o problemas operacionales, ya que estos permiten comprender de manera práctica cómo interactúan los distintos elementos del sistema y cuáles son los factores que influyen en la generación de determinados tipos de fallas. El estudio de estas situaciones proporciona información valiosa para identificar oportunidades de mejora en los procedimientos de mantenimiento, en las prácticas operativas y en los métodos de diagnóstico utilizados para evaluar el estado del sistema propulsor.

En función de lo anterior, el presente trabajo de título se orienta al análisis del sistema de propulsión de una embarcación, con especial énfasis en la transmisión de potencia entre la hélice, la línea de ejes y la caja marina. A través del desarrollo de un marco teórico sobre los principales componentes del sistema propulsor y del análisis de un caso real asociado a problemas en el sistema de transmisión.

Finalmente, a partir del análisis técnico realizado, se presentan propuestas orientadas a fortalecer las prácticas de mantenimiento y control del sistema de transmisión, considerando aspectos relacionados con la inspección de componentes, la alineación de la línea de ejes, el monitoreo de vibraciones y la gestión adecuada de la lubricación. Estas medidas tienen como finalidad contribuir a la prevención de fallas, mejorar la confiabilidad del sistema de propulsión y apoyar una operación más segura y eficiente de las embarcaciones en el ámbito marítimo.

RELEVANCIA DEL TRABAJO

Desde las distintas dimensiones tanto humano, económico y científico-académico, se puede abordar una problemática real asociada al mantenimiento de los sistemas de transmisión en embarcaciones industriales, específicamente en la caja marina, componente fundamental dentro del sistema de propulsión naval, pesquero industrial.

Desde una perspectiva humana: El correcto funcionamiento de los sistemas mecánicos en una embarcación no solo influye en la eficiencia de las operaciones, sino también en la seguridad de las personas que trabajan a bordo. Las fallas mecánicas en componentes críticos, como la caja marina, pueden generar situaciones de riesgo para la tripulación, especialmente cuando estas ocurren durante las faenas de pesca o en condiciones marítimas complejas. Por esta razón, un adecuado enfoque en el mantenimiento, la detección temprana de fallas y el control de los puntos críticos de la línea de transmisión contribuyen directamente a mejorar las condiciones de seguridad laboral y a proteger la integridad de quienes participan en estas actividades industriales.

Desde el punto de vista económico: La relevancia del estudio se relaciona con el impacto que puede generar una falla en sistemas críticos de una embarcación industrial. Cuando se produce una detención inesperada por problemas en la caja marina o en la línea de transmisión, se ve afectada la continuidad operacional y, por consecuencia, la cadena productiva asociada a la captura y procesamiento del recurso pesquero. Esto puede traducirse en pérdidas económicas importantes para la empresa, tanto por los costos de reparación como por la paralización de las operaciones. En este contexto, identificar las causas de fallas, mejorar las prácticas de mantenimiento y fortalecer la gestión de los puntos críticos del sistema de transmisión permite optimizar la disponibilidad de los equipos y reducir los costos asociados a detenciones no programadas.

Finalmente, desde una perspectiva científico-académica: El estudio del caso analizado permite comprender cómo las deficiencias en los procesos de mantenimiento pueden generar deterioro progresivo en componentes críticos, y cómo la aplicación de procedimientos adecuados de inspección, ajuste y control puede mejorar significativamente. De esta manera, el trabajo contribuye a fortalecer el conocimiento

técnico en el área del mantenimiento industrial aplicado al ámbito naval, entregando antecedentes y aprendizajes que pueden ser considerados en la mejora de prácticas de mantenimiento dentro de la industria.

En conjunto, permite comprender la importancia de una correcta gestión del mantenimiento en sistemas de transmisión naval para embarcaciones industriales pesqueras, destacando el rol estratégico que cumple la caja marina dentro del sistema de propulsión y la necesidad de enfocar los esfuerzos de mantenimiento en los puntos críticos que determinan eficiencia de las operaciones.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar los efectos mecánicos sobre el sistema de transmisión de una embarcación, particularmente en una caja marina, mediante su funcionamiento dentro del sistema propulsor, sobre un caso real, con el propósito de identificar sus consecuencias y proponer mejoras en los procesos de mantenimiento, para mejorar su disponibilidad.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir el funcionamiento del sistema de propulsión de una embarcación y sus principales componentes.
- Proponer medidas de mantenimiento preventivo y correctivo que permitan reducir la ocurrencia de fallas en el sistema de transmisión.
- Evaluar el impacto económico asociado a las fallas del sistema y a las actividades de mantenimiento, considerando los costos de intervención.

ALCANCE

El presente trabajo de título se enfoca en el análisis del sistema de transmisión de una embarcación pesquera industrial, poniendo especial énfasis en el funcionamiento y mantenimiento de la caja marina, componente fundamental dentro del sistema de propulsión naval. El estudio considera la revisión del funcionamiento general del sistema de transmisión de potencia desde el motor principal hacia la hélice, identificando los elementos que intervienen en este proceso, tales como la caja marina, la línea de ejes y los sistemas asociados de lubricación y ajuste.

Asimismo, el trabajo aborda una problemática real ocurrida en una embarcación perteneciente a la flota de una empresa pesquera, donde se presentaron fallas mecánicas asociadas al sistema de transmisión. A partir de este caso, se analizan las posibles causas del deterioro del equipo, considerando factores como deficiencias en el mantenimiento, ajustes inadecuados, desgaste de los componentes internos, fallas en el sistema de lubricación y en última instancia, el desalineamiento originado por problemas en la hélice.

Dentro del alcance del estudio también se contempla la identificación de los puntos críticos de mantenimiento dentro de la línea de transmisión, con el objetivo de proponer mejoras orientadas a fortalecer las prácticas de mantenimiento, reduciendo la probabilidad de fallas que puedan afectar la continuidad operacional de la embarcación.

De esta manera, el trabajo busca aportar una visión técnica basada en la experiencia práctica y en el análisis del funcionamiento de los sistemas de transmisión naval, contribuyendo a la comprensión de la importancia del mantenimiento adecuado en equipos críticos dentro del ámbito de la ingeniería en mantenimiento industrial.

LIMITACIONES

A pesar de lo desarrollado, el presente trabajo presenta algunas limitaciones que deben ser consideradas. En primer lugar, el estudio se centra en un caso específico de falla en una caja marina, por lo que los resultados obtenidos se encuentran asociados a las condiciones particulares de operación, mantenimiento e intervención que se dieron en dicha embarcación.

Asimismo, el trabajo no contempla la realización de ensayos experimentales o pruebas de laboratorio que permitan evaluar el comportamiento mecánico de los componentes internos de la caja marina bajo condiciones controladas. Se basa principalmente en la revisión técnica del sistema, la experiencia en terreno durante las labores de mantenimiento y la información disponible relacionada con las intervenciones realizadas al equipo.

Otra limitación relevante corresponde a la disponibilidad de información técnica detallada sobre ciertas intervenciones previas realizadas al equipo, ya que parte de estas labores fueron ejecutadas por empresas externas que no contaban con representación oficial de la marca fabricante, lo que dificulta contar con un registro completo de los procedimientos aplicados durante dichas reparaciones.

Finalmente, el estudio se enfoca principalmente en el sistema de transmisión y sus prácticas de mantenimiento, por lo que no profundiza en otros aspectos relacionados con el diseño estructural de la embarcación, el comportamiento hidrodinámico de la hélice o el análisis avanzado de materiales de los componentes internos de la caja marina.

CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO

1. MARCO TEÓRICO

1.1. CAJA REDUCTORA COMO UN COMPONENTE FUNDAMENTAL

La Caja Marina, es un componente fundamental dentro de los sistemas de propulsión naval, cuya misión principal consiste en transmitir la potencia entregada por el Motor principal hacia el Eje propulsor. Este proceso permite que la Energía Mecánica llegue finalmente a la hélice, responsable directa del movimiento de la embarcación, a través del medio acuático. Para cumplir esta función, la Caja Marina opera como un sistema de engranajes reductores, diseñados para transformar las altas revoluciones del Motor, en las revoluciones requeridas por la hélice.

La reducción de velocidad es esencial para optimizar la eficiencia hidrodinámica y evitar esfuerzos excesivos en los componentes del sistema de propulsión. Además de reducir la velocidad, la Caja Marina permite invertir el sentido de giro, lo que posibilita el poder realizar maniobras de avance como de retroceso, ambas de manera controladas. Esta capacidad de inversión es indispensable para operaciones de atraque, desatraque y navegación en espacios reducidos.

Otra función relevante consiste en proporcionar una posición neutra que desacopla temporalmente el motor del Eje propulsor. Dicha posición es utilizada para realizar mantenciones, pruebas de motor o maniobras que requieren detener la hélice sin apagar el Motor Principal.

En algunos diseños, la Caja Marina también permite la derivación de potencia hacia equipos auxiliares. Entre estos equipos se encuentran bombas hidráulicas, compresores, bombas de agua o generadores secundarios, instalados en la embarcación.

Esta versatilidad convierte a la Caja Marina, en un Eje articulador dentro del sistema mecánico del barco. Su diseño incorpora mecanismos de embrague, generalmente del tipo multidisco, capaces de transmitir elevados niveles de torque. Asimismo, integra cojinetes de rodadura de alta capacidad para soportar cargas axiales y radiales generadas durante la operación.

Para garantizar su funcionamiento continuo, la Caja Marina, cuenta con un sistema de lubricación forzada mediante bombas internas o externas. El aceite empleado circula constantemente para reducir la fricción entre los engranajes y de esta manera evitar el desgaste prematuro.

Adicionalmente, muchos modelos incorporan sistemas de enfriamiento por aceite o por agua, que permite mantener la temperatura de operación dentro de rangos seguros. El control térmico es fundamental, ya que el aumento excesivo de temperatura afecta la viscosidad del aceite y compromete la vida útil de los componentes internos.

La robustez estructural de estos equipos responde a la necesidad de soportar cargas dinámicas generadas por cambios de velocidad, vibraciones y variaciones en la demanda de potencia. Los engranajes utilizados suelen ser helicoidales o rectos, fabricados con aceros especiales tratados térmicamente para resistir condiciones extremas.

El proceso de transmisión de potencia debe realizarse con mínima pérdida energética para asegurar un rendimiento óptimo del sistema. Por ello, el alineamiento entre la Caja Marina, el Eje y la Hélice, es un parámetro crítico durante la instalación y el mantenimiento. Un desalineamiento incluso mínimo puede provocar vibraciones, sobrecargas de los cojinetes y fallas prematuras en los engranajes.

La Caja Marina también incorpora sensores y dispositivos de monitoreo para controlar la presión de aceite, temperatura y la velocidad de rotación. Estos sensores permiten detectar anomalías tempranas, que facilitan la aplicación de programas de mantenimiento predictivo.

Por tanto un mantenimiento adecuado en la Caja Marina, es un factor determinante para evitar fallas catastróficas en la línea de propulsión. Una falla en este componente puede dejar la embarcación sin capacidad de maniobra, representando un riesgo para la tripulación y la carga; por lo mismo, los fabricantes establecen protocolos estrictos de inspección, cambio de aceite y verificaciones de tolerancias mecánicas.

Estos protocolos deben ser aplicados por personal capacitado y con conocimiento específico del modelo instalado.

La Caja Marina no debe entenderse únicamente como un mecanismo de engranajes, sino como un sistema integrado de control y transmisión de potencia. Su relevancia operativa trasciende la mecánica básica, ya que incide directamente en la seguridad de la

navegación. Asimismo, influye en la disponibilidad operativa de la embarcación, especialmente en flotas pesqueras o comerciales, donde los tiempos de actividad son críticos.

Una Caja Marina, en buen estado garantiza una navegación eficiente y reduce los costos de operación asociados a reparaciones mayores. En el ámbito pesquero, su correcto funcionamiento permite mantener los ciclos de extracción, sin interrupciones que afecten la producción. Es por ello que la supervisión continua y el registro de parámetros, son actividades obligatorias dentro del plan de mantenimiento de una embarcación.

El análisis de vibraciones, el control de partículas en aceite y la evaluación de desgaste, son prácticas recomendadas para prolongar la vida útil del equipo.

Cada Caja Marina está diseñada para trabajar en condiciones específicas de torque, carga y velocidad, por lo que su relación debe basarse en las características del Motor y de la Hélice. El incumplimiento de estas especificaciones puede generar incompatibilidades mecánicas que comprometan el rendimiento del sistema.

En consecuencia, la Caja Marina debe considerarse un componente estratégico para la seguridad, disponibilidad y eficiencia energética de una embarcación. Su correcta operación, como el mantenimiento, representan un pilar fundamental para asegurar la continuidad productiva y la confiabilidad del sistema de propulsión en el marco de la navegación moderna.

1.2. HISTORIA DE LA EMPRESA

Los comienzos de la empresa se remontan a mediados del año 1984, al inaugurar las oficinas comerciales de la compañía “Astilleros y Servicios Navales S.A. (ASENAV)”, en Talcahuano, Región del Bio-Bio, e Iquique, Región de Tarapacá, orientadas al servicio de satisfacer requerimientos de armadores pesqueros que construían barcos en el astillero de Valdivia, Región de los Ríos, pero contaban con oficinas matrices en la Región del Bio-Bio, o zona norte del País.

Posteriormente, se abrió una sucursal en la ciudad de San Antonio, Región de Valparaíso, con estas tres oficinas independientes entre sí, concentrando casi el 100% de la cobertura del área pesquera y generando resultados comerciales victoriosos, facilitados por el auge económico de la industria en aquella época, situación que perduro hasta fines de los años 90.

A principios del año 2000, fruto de la caída en la explotación pesquera, nos reinventamos y se tuvieron que cerrar las sucursales de San Antonio e Iquique; la oficina de Talcahuano fue cambiando paulatinamente el foco, de clientes del área pesquera, a los de empresas de remolcadores y transbordadores. Además se aprovecharon las sinergias zonales de otras áreas, como la forestal, celulosa y siderúrgica, entre otras.

Paralelamente, se crearon la División Comercial, con sede al principio en la Comuna de Talcahuano, para luego trasladarla a la Ciudad de Concepción, allí se generó otra unidad de negocios, aparte del astillero.

A mediados del año 2008, se inauguró una oficina en la Ciudad de Puerto Montt, para atender la demanda de servicios y proyectos de la industria salmonera.

Durante el año 2014, la empresa Maritime Service Ltda., compra la División comercial de Asenav, y se inicia un nuevo ciclo con el nombre comercial de Ancora Chile.

Se cuenta actualmente con dos talleres, uno ubicado en la Ciudad de Concepción y el otro en la Ciudad de Puerto Montt, los cuales cumplen con todos los requerimientos y facilidades, para que el servicio técnico y el desarrollo de proyectos acuícolas sean ejecutados de la forma más profesional posible.

El equipo de ventas e ingeniería está altamente capacitado para interpretar y cumplir los requerimientos solicitados por los clientes. Nuestra ventaja es tener la información y el conocimiento técnico de los equipos, para la optimización de las solicitudes o pedidos. Disponemos de un eficiente departamento de logística, para ser más eficiente el despacho, al igual que la recepción de los productos y contamos con un staff de técnicos en las oficinas de Concepción y Puerto Montt, que nos permiten dar mantención, principalmente a equipos de marcas que representamos, tales como Schottel Marca alemán especializada en sistemas de propulsión, Palfinger especialistas en grúas articuladas, Reintjes líder en la fabricación de reductores marinos, Samson Pumps son líder mundial en tecnología de bombas de vacío. Abarcamos todo el país, desde Arica a

Punta Arenas. Adicionalmente, en algunas oportunidades nos corresponde realizar Mantenciones para algunas de estas marcas, en otros países de Latinoamérica.

En resumen, reparamos y mantenemos: sistemas Azimutales, Propulsores, Motores y Bombas Hidráulicas, Engranajes (Reductoros e Inversoras), Cajas Tomafuerza, Thrusters (Hélices transversales), Equipos de cubierta, Sistemas de transporte de peces, Bombas de vacío, Plantas de tratamientos de aguas servidas, Grúas marinas, etc.

1.3. DEFINICIONES

1.3.1. Sistema de Propulsión

Corresponde al conjunto mecánico responsable de generar el empuje necesario para desplazar una embarcación, convirtiendo la energía generada por el motor en movimiento útil. Su función principal es vencer las resistencias hidrodinámicas y aerodinámicas que actúan sobre el casco durante la navegación.

El sistema está compuesto por el Motor Principal, encargado de producir la energía mecánica que alimenta al resto de los componentes. La energía generada es transmitida a través del sistema de transmisión, cuya misión es ajustar el régimen de revoluciones, transfiriendo el torque de forma eficiente.

1.3.2. Eje propulsor

Constituye el enlace mecánico que conduce el movimiento rotacional, desde la Caja Marina hacia la Hélice, debe estar cuidadosamente alineado para garantizar una operación estable y reducir las pérdidas energéticas.

También denominado Eje de la máquina propulsora, corresponde al tramo de Eje Macizo que transmite directamente la potencia generada por el Motor. Se encuentra unido mediante un acoplamiento de tipo rígido, diseñado para asegurar una conexión firme y precisa.

La función principal es transferir el torque y las revoluciones hacia el sistema de propulsión, sin pérdidas significativas de energía. En el extremo posterior, el Eje Motor se acopla con los Ejes Intermedios que continúan la transmisión mecánica hacia los elementos finales del sistema.

Su correcta alineación, resistencia estructural y mantenimiento son fundamentales para garantizar su funcionamiento eficiente y seguro del conjunto propulsor.

1.3.3. Sistema de Línea de Ejes

Constituye el vínculo mecánico directo entre el Motor principal y la Hélice de la embarcación. Su función principal, es transmitir el movimiento rotacional generado por la Maquina principal hacia el propulsor con la menor pérdida de energía posible.

Este sistema debe operar de manera continua y confiable, bajo todas las condiciones de navegación, garantizando así la disponibilidad del barco durante su vida útil.

1.3.4. Línea de Eje

Está diseñada para soportar y transferir el empuje producido por la Hélice hacia la estructura del casco. Además, incorpora componentes que permiten mantener una alineación precisa, evitando vibraciones perjudiciales para el sistema propulsor.

En términos generales, la Línea de Ejes de una embarcación está compuesta por un conjunto de Ejes dispuestos al interior del casco, conectando el Motor con la Hélice. Este conjunto incluye el Eje intermedio, el Eje porta-hélice y en algunos casos, secciones adicionales según la longitud requerida. Se considera un componente crítico dentro del sistema de propulsión, indispensable para el movimiento y control de la embarcación.

La línea de Eje permite transmitir la potencia desde la maquina principal a la Hélice, también es el encargado de soportarla, debe estar libre de formar vibraciones

perjudiciales. Cada segmento se une mediante acoples mecánicos, que permiten la transmisión continua del movimiento rotacional.

El sistema también debe ser capaz de resistir variaciones de carga, generadas por maniobras, cambios de marcha y condiciones ambientales adversas.

Su diseño contempla criterios de resistencia mecánica, lubricación eficiente y disipación de calor para asegurar un desempeño óptimo. Estos requisitos con su cumplimiento, permite que la transmisión de potencia se realice de forma estable, segura y continua.

La Línea de Eje transmite el empuje desarrollado por la Hélice al casco, soporta con seguridad la carga de operaciones transitorias (cambio de marcha, maniobras de alta velocidad), la principal diferencia en la disposición del sistema de Eje, entre las distintas embarcaciones, radica principalmente en la ubicación del Motor Principal.

Cuando la Sala de Máquinas se encuentra ubicada hacia popa, la Línea de Ejes suele ser más corta, requiriendo un número reducido de descansos o soportes intermedios. Esta configuración también implica una menor cantidad de Ejes intermedios, simplificando el sistema y disminuyendo la pérdida por fricción.

Ahora bien, cuando el Motor principal se instala en una posición más centrada dentro del casco, la longitud total de la Línea de Eje aumenta considerablemente y debido a esa mayor extensión, se hace necesario incorporar un mayor número de descansos intermedios para asegurar la estabilidad y correcta alineación.

Este incremento de soportes tiene como finalidad evitar vibraciones y desalineamientos que puedan comprometer la integridad del sistema de propulsión. Además, la disposición central del Motor exige una mayor precisión en la fabricación y alineación de cada tramo del Eje.

Por el tipo de configuración que tiene la línea de Eje, los mantenimientos tienden a ser más complejos, debido al acceso limitado y al aumento de componentes mecánicos, si bien la ubicación del Motor responde tanto a criterios de diseño estructural como a la funcionalidad propia de cada tipo de embarcación.

En consecuencia, la distribución del sistema de Ejes se adapta a las necesidades operacionales, al tamaño del barco y las condiciones de navegación, así se podrá garantizar un desempeño óptimo.

1.3.5. Eje Intermedio

Conocido también como Eje de Transmisión, constituye el enlace mecánico entre el Eje Motor y el Eje propulsor final.

Está compuesto por lo general, por varios tramos de Eje macizo fabricado en acero forjado, para asegurar una alta resistencia y durabilidad. Estos tramos se encuentran unidos entre sí, mediante acoplamientos que permiten una transmisión continua y estable del torque.

A lo largo de su trayectoria, el Eje Intermedio se apoya en descansos o cojinetes que mantienen su alineación y reducen la fricción durante el funcionamiento. Su diseño y mantenimiento son esenciales para garantizar una transmisión eficiente de potencia y evitar fallas en el sistema propulsor.

1.3.6. Eje de Hélice

Es un componente fundamental del sistema de transmisión, encargado de transferir la potencia generada por el Motor hacia el propulsor, para producir empuje.

Durante este proceso, el Eje debe soportar cargas de torsión, derivadas de la potencia transmitida, así como tensiones radiales causadas por el peso propio y por las fuerzas dinámicas de la embarcación.

Su diseño estructural considera criterios de resistencia mecánica, rigidez, alineación, solo por nombrar algunas, debido a las exigencias operacionales a las que se ve sometido.

También incorpora descansos o soportes destinados a mantener la estabilidad y la correcta alineación durante la operación. Asimismo, se integran sellos y bocinas que impiden el ingreso de agua, protegiendo los componentes internos del sistema.

La robustez de esta configuración garantiza que la potencia sea transmitida de manera eficiente y segura hacia el exterior del casco.

Por lo tanto, la Línea de Ejes, constituye un elemento critico dentro del sistema de propulsión, asegurando la operatividad y maniobrabilidad de la embarcación.

Es el ultimo trozo de la Línea de Ejes sobre el cual se monta la Hélice, el Eje de cola o Eje de Hélice, termina en el extremo de la popa de la embarcación, de forma cónica, dispuesta para recibir la Hélice que se fija al mismo por una tuerca de bronce atornillada.

1.3.7. Motor Principal (Diesel)

El Motor Principal o Auxiliar de combustible diésel en una embarcación, constituye el elemento fundamental encargado de generar la potencia mecánica requerida para la propulsión. Este tipo de Motor, opera mediante una reacción termoquímica que se produce por la combustión controlada entre una mezcla de aire y diésel, dentro de los cilindros. Como resultado de este proceso se obtiene un movimiento de rotación capaz de transmitirse al sistema de Ejes y posteriormente al propulsor.

En el ámbito de la industria pesquera, es común la utilización de Motores intraborda, los cuales se caracterizan por estar instalados al interior del barco. Estos Motores se ubican generalmente en la sala de máquinas, situada en los niveles inferiores de la embarcación, comúnmente identificado como piso menos uno o menos dos. Su disposición estructural suele estar cercana a la zona de popa, lo que facilita una alineación adecuada con la línea de Ejes. Permitiendo reducir las vibraciones, optimizar la transferencia de potencia y mejorar la eficiencia del sistema propulsor.

El Motor intraborda trabaja en conjunto con un Eje fijo, que atraviesa el casco y se conecta directamente con la Hélice. Gracias a esta configuración, la embarcación obtiene una navegación estable, perimiendo un mejor control durante las maniobras.

En consecuencia, la integración del Motor diésel, con el sistema de transmisión y el Eje propulsor resulta esencial para garantizar un desempeño seguro, eficiente y confiable en las faenas marítimas.

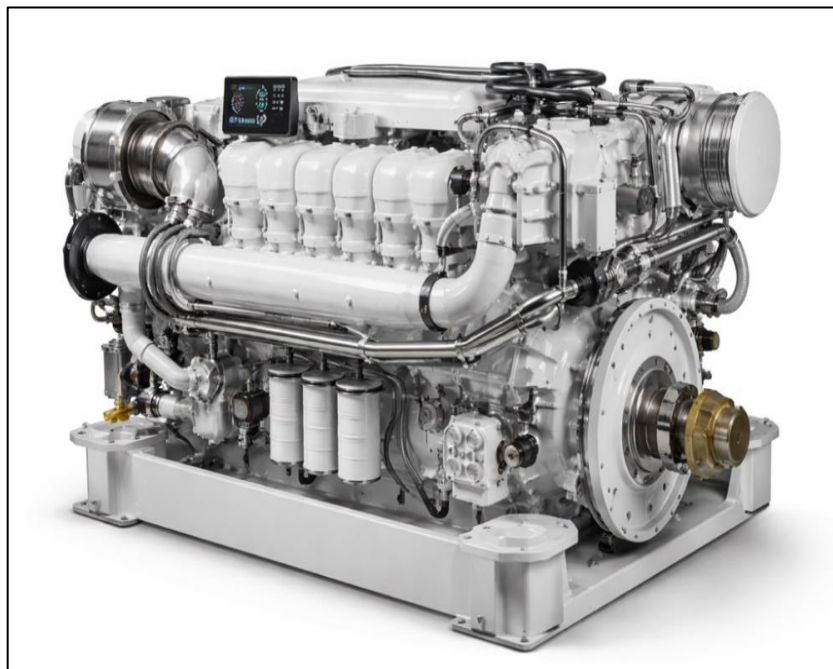


Figura 1-1. Motor Marino Intraborda, Marca MAN.

Fuente: NauticExpo.es

1.3.8. Accesorios de la Línea de Ejes

Cumplen funciones esenciales en el soporte, protección y operación del sistema de propulsión. Tanto los tramos de Ejes intermedios como el Eje de cola, requieren apoyos adecuados para garantizar un funcionamiento seguro. Estos apoyos, en el caso del Eje intermedio, están constituidos por descansos equipados con cojinetes de apoyo o de alivio. Los descansos permiten mantener la alineación del Eje y reducir la fricción durante la rotación.

Para evitar el desgaste directo del Eje contra los cojinetes, se instalan camisas de bronce en las zonas donde este se apoya. Estas camisas actúan como superficies de sacrificios, protegiendo al Eje de daños por fricción.

El Eje de cola por su parte, requiere un soporte adicional debido a su proximidad a la Hélice. Este soporte debe ubicarse cerca de la extremidad de popa para evitar

deformaciones o flexiones excesivas. Sin un apoyo adecuado, el peso de la Hélice podría generar esfuerzos no deseados sobre el Eje. En embarcaciones con una sola hélice, esta función es cumplida por la bocina que, al encontrarse instalada en el codaste, queda prácticamente juntas.

Además de los elementos de apoyo, existen otros accesorios directamente en la Línea de Ejes, como el freno, utilizado para detener o controlar la rotación del Eje, otro componente importante es el descanso de empuje, encargado de absorber las fuerzas axiales generadas por la hélice. Estos accesorios contribuyen al control y monitoreo del desempeño mecánico del sistema propulsor. Junto a los elementos ya mencionados, pueden incorporarse otros dispositivos dependiendo del tipo de maquinaria propulsora. Entre estos se encuentran los engranajes de reducción, que ajustan la velocidad del Eje a las necesidades operativas.

También pueden instalarse embragues y acoplamientos elásticos que permiten un acople más suave y tolerante a desalineaciones. Los inversores de marcha completan el conjunto de posibles accesorios, permitiendo modificar el sentido de giro, para maniobras de navegación.

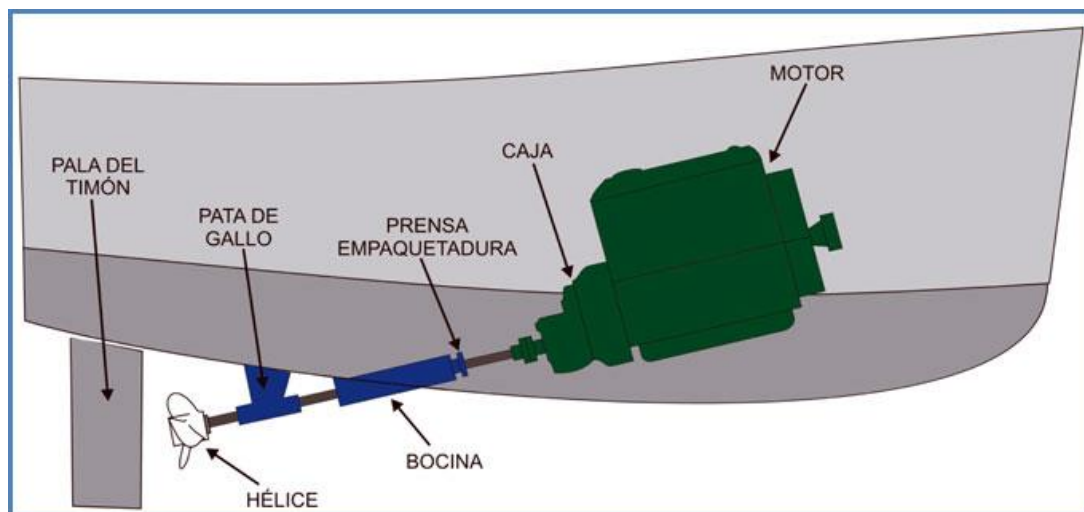


Figura 1-2. Imagen del Sistema de Propulsión de una Embarcación Pesquera.

Fuente: <https://www.isndf.com.ar/la-transmision/>

1.3.9. Cajas Marinas o Transmisiones Marinas

Utilizadas en diversas aplicaciones marinas, algunos de los principales tipos de Cajas que se pueden encontrar al interior de las embarcaciones, se destacan entre ellas las Cajas de cambios Mecánicas, utilizan engranajes de precisión, para transmitir la potencia del Motor a la hélice.

Otras emplean transmisiones hidráulicas, que permiten un acople progresivo y una operación más suave del sistema propulsor.

En embarcaciones de mayor tamaño o con altos requerimientos de maniobrabilidad, es habitual el uso de Cajas de cambios con embragues múltiples o sistemas de control electrónico. También se pueden incorporar reductores para adaptar la velocidad de giro del Motor a las necesidades específicas de la hélice.

Cada destacar que la correcta y adecuada selección de la Caja Marina es fundamental para garantizar la eficiencia, confiabilidad y durabilidad del sistema de propulsión.

- Función de la Caja de Cambios Marina

Estas transmisiones proporcionan principalmente una disposición de embrague para los barcos, para el caso de embarcaciones pequeñas, esta función de la Caja de cambios, determina la dirección de avance o retroceso.

En cuanto a la seguridad, los Motores no pueden ponerse en marcha a menos que la Caja de cambios se encuentre en posición neutral, además las Cajas de cambios se utilizan para reducir las revoluciones por minutos del extremo de acción, al extremo de carga del consumidor. La reducción de las revoluciones de la Caja de cambios se emplea siempre que se debe satisfacer un requisito específico de velocidad del Eje y par Motor. Gracias a este proceso, se optimiza la eficiencia de la hélice y se evita su operación a velocidades no recomendadas.

La Caja de cambios permite absorber variaciones en la demanda de potencia sin comprometer la integridad del Motor. Su sistema interno está diseñado para transmitir el torque de manera estable y continua, incluso en condiciones de operación exigentes.

La presencia del embrague facilita cambios de estado entre marcha adelante, marcha atrás y punto neutro sin detener el Motor. Esto proporciona una maniobrabilidad más precisa y segura, durante las operaciones de atraque o navegación en espacios reducidos.

Asimismo, la Caja de cambios protege al Motor de sobrecargas al desacoplarlo temporalmente de la Línea de Ejes cuando es necesario. En embarcaciones con sistemas de propulsión complejos, estas transmisiones incorporan dispositivos adicionales de control electrónico que mejoran la respuesta operativa.

Otro aspecto relevante es que contribuyen a la reducción del ruido y la vibración generada por el sistema de propulsión.

El Mantenimiento adecuado es algo fundamental para prolongar la vida útil de los componentes internos, evitando fallas críticas. Las Cajas de cambios marinas también permiten compensar desalineamientos menores entre el Motor y la Línea de Ejes, reduciendo el desgaste mecánico. En conjunto, estas funciones hacen que sea un elemento esencial para la eficiencia, seguridad y fiabilidad del sistema propulsor de cualquier embarcación.

- Funcionamiento de la Caja de cambios Marina

El principio de funcionamiento no están complejo como puede parecer, está compuesto de una bomba interna, embragues y engranajes. La bomba ejerce presión sobre los embragues proporcionando que engranajes se acoplen creando así el movimiento deseado.

Dependiendo del engranaje o conjunto de engranajes activados, la rotación puede ser en sentido horario o contrario a las agujas del reloj.

El término sin enganche de engranajes se refiere a un embrague neutro.

- Tipos de Cajas Marinas

⇒ Caja de cambios manual

Requieren el cambio manual de marchas por parte del operador, son relativamente simples y rentables. Pero son menos comunes en las aplicaciones marinas modernas.

⇒ Caja de cambios sincronizada

Son similares a las Cajas de cambios manuales, pero incluyen mecanismos sincronizados que facilitan un cambio de marcha más suave al sincronizar las velocidades de rotación en los engranajes.

⇒ Caja de cambios hidráulicas

Usan presión hidráulica para engranar y desengranar los engranajes, proporcionando cambios más suaves y precisos. Se utilizan a menudo en embarcaciones grandes y aplicaciones comerciales.

⇒ Caja de cambios controlada electrónicamente

Utilizan controles y sensores electrónicos para gestionar el cambio de marchas. Ofrecen cambios precisos, se encuentran en sistemas de propulsión marinos modernos.

⇒ Caja de cambios de malla constante

Tienen engranajes que se engranan constantemente, y el cambio se logra deslizando los engranajes para engranar con otros.

Proporcionan cambios de marchas rápidas e eficientes.

⇒ Caja de cambio de transmisión en V

Las Cajas con transmisiones en v, se utilizan en aplicaciones en donde el Motor está montado en la parte trasera de la embarcación, lo que requiere un cambio de 90 grados en la dirección de transmisión de potencia.

La información proporcionada anteriormente es solo algunos de los tipos comunes de Cajas de cambios marinas, su elección dependerá de varios factores, por mencionar algunos, tamaño de la embarcación, tipo de Motor, el uso previsto y los requisitos de rendimiento específicos.

Es esencial consultar con especialistas o fabricantes de propulsión marina para determinar, la Caja marina más adecuada para su aplicación en particular.

Para un montaje seguro de la Caja marina, comúnmente se instalan en el extremo de conducción del Motor, que está entre el Eje Motor y los Ejes de la Hélice. Los Motores generalmente se conectan a las Cajas de cambios a través de placas de montajes o bridas, de la misma manera que las Cajas de cambios están conectadas a los Ejes de la Hélice.

La composición de esta maquinaria consiste principalmente en engranajes, cubo, embrague, placas de presión, acoplamiento de entrada, acoplamiento de salida.

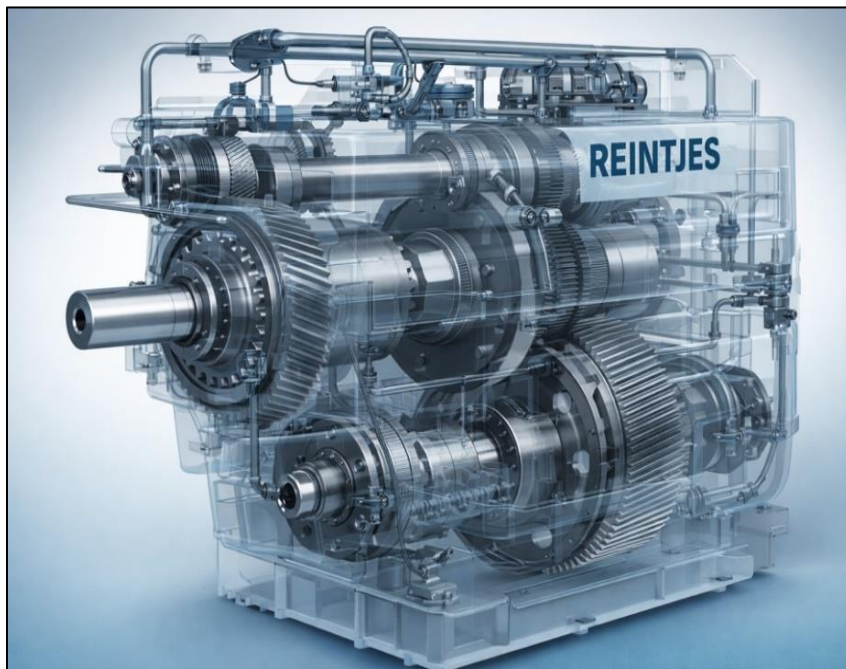


Figura 1-3. Interior de una Caja Marina, con sus componentes mecánicos.

Fuente: Manual de mantenimiento Caja Marina Reintjes

1.3.10. Hélice

En una embarcación es, ni más ni menos, que la encargada de convertir el movimiento del Motor en propulsión, por esta razón es el emblema de la navegación a motor.

El funcionamiento de una hélice se basa en el principio de acción y reacción: al girar sus palas empujan la masa de agua, provocando el empuje de toda la embarcación.

Existen diversos tipos de hélices, según su forma, tamaño y material de construcción, dependiendo de las características de cada embarcación en particular.

El diámetro y el paso son las dos características que definen el tipo de hélice, para los fines correspondientes.



Figura 1-4. Hélice de cuatro aspas, usadas en barcos pesqueros industriales, con brida de acoplamiento.

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

- **Diámetro**

Como su nombre lo indica, es lo medido entre las puntas de la hélice, dependiendo de dicho diámetro y de la cantidad de palas que está tenga, dependerá la superficie de estas y por lo tanto, la cantidad de agua que pueda desplazar en su movimiento rotatorio. Con lo mencionado anteriormente podemos dar por entendido que, a mayor masa de agua desplazada, mayor será la potencia que embarcación pueda desarrollar.

El diámetro de una hélice está limitado por la potencia del Motor, lo que nos indica que una hélice excedida en diámetro respecto del motor, disminuirá mucho su velocidad y consumirá mayor cantidad de combustible.

El paso se puede definir como la distancia teórica que avanzara una hélice con un giro completo de la misma. Se dice teórica porque en realidad la distancia recorrida por una embarcación siempre es menor al paso de su hélice, producto de varios factores

(desplazamiento, inercia, etc..). en otras palabras una hélice de mayor paso recorrerá una mayor distancia que una de paso menor, al dar las mismas cantidad de vueltas, permitiendo que la hélice opere dentro de su rango óptimo de eficiencia hidrodinámica.

1.4. RELACION ENTRE HÉLICE, EJE Y CAJA MARINA

1.4.1. Potencia y rotación

Una correspondencia adecuada entre estos elementos (Potencia y Rotación), evitará sobreesfuerzos en el motor, mejorando el rendimiento general de la embarcación, lo que permitirá poder aumentar el torque disponible, mejorando la capacidad de empuje del sistema propulsor, especialmente en condiciones de carga elevada.

Gracias a este trabajo adecuado de los componentes, la potencia entregada al agua se transforma de manera en un empuje eficiente, favoreciendo un desplazamiento estable y controlado.

1.4.2. Transmisión de Potencia

Para cumplir esta función, el Eje debe mantener una alineación precisa a lo de toda la línea de propulsión. Cualquier desalineación puede generar vibraciones, pérdidas de eficiencia e incluso daños estructurales en los componentes asociados.

El material de Eje, generalmente de acero de alta resistencia, está diseñado para soportar los esfuerzos torsionales y axiales producidos durante la operación, la transmisión efectiva del torque también depende del correcto funcionamiento de los acoplamientos y cojinetes que sostienen y guían el Eje. En conjunto, estos elementos garantizan que la potencia generada por el Motor llegue a la hélice de forma estable, continua y con las mínimas pérdidas posibles.

1.4.3. Generación de Empuje

Es la potencia rotacional que usa la hélice, para girar sus palas en el agua, generando empuje que impulsa la embarcación.

1.4.4. Diseño y Eficiencia

La relación entre los tres componentes es clave para la eficiencia del barco, una relación de Caja más alta significa que la hélice girara más lento, lo que puede permitir el uso de una hélice con mayor diámetro, que a su vez generara más empuje y una velocidad de avance teóricamente mayor. Ahora bien, en el caso contrario, lo que podría ser una relación de Caja más baja resultara que la hélice girara más rápido, por ser más pequeña, lo que se traducirá en menor empuje, menor velocidad de avance, lo que podría ser necesario para ciertas aplicaciones o para no sobrecargar el Motor.

1.4.5. Desalineamiento

Debemos hacer notar que el desalineamiento de dos ejes en su configuración global no es solo especificarlas en un plano, sino dar a conocer que existen componentes verticales, horizontales, los cuales se identifican observando los equipos desde una vista lateral (para los verticales), y desde una vista en planta (para los horizontales), esto nos indica que para el caso del desalineamiento generalizado de los Ejes, existirán dos grupos de desviaciones que se manifiestan en forma especial.

Al abordar este problema es necesario definirlo y con esto establecer las restricciones que se asumirán para enfocar la situación bajo análisis practico, para no recaer en un análisis demasiado especifico y puntuales que cobrarían especiales y profundos estudios, los cuales demandan mayores tiempos de análisis, desviándose en otras soluciones, apartándose de los objetivos básicos establecidos, por lo tanto dentro de

un conjunto de soluciones, solo nombraremos tres tipos de desalineamiento los que se pueden apreciar con mayor normalidad dentro de las fallas.

Estas formas de desalineamiento son:

- Desalineamiento paralelo o diametral
Corresponden aquellos Ejes, cuyas caras están paralelas pero sus centros teóricos de rotación (líneas centrales), no se interceptan.
- Angular o axial
Corresponde aquellos Ejes, cuyas caras presentan un ángulo entre sí, pero, sus centros teóricos de rotación se interceptan.
- Desalineamiento combinado
Es una combinación de los dos anteriores, es decir, sus caras presentan un ángulo entre sí y además presentan una diferencia de altura.

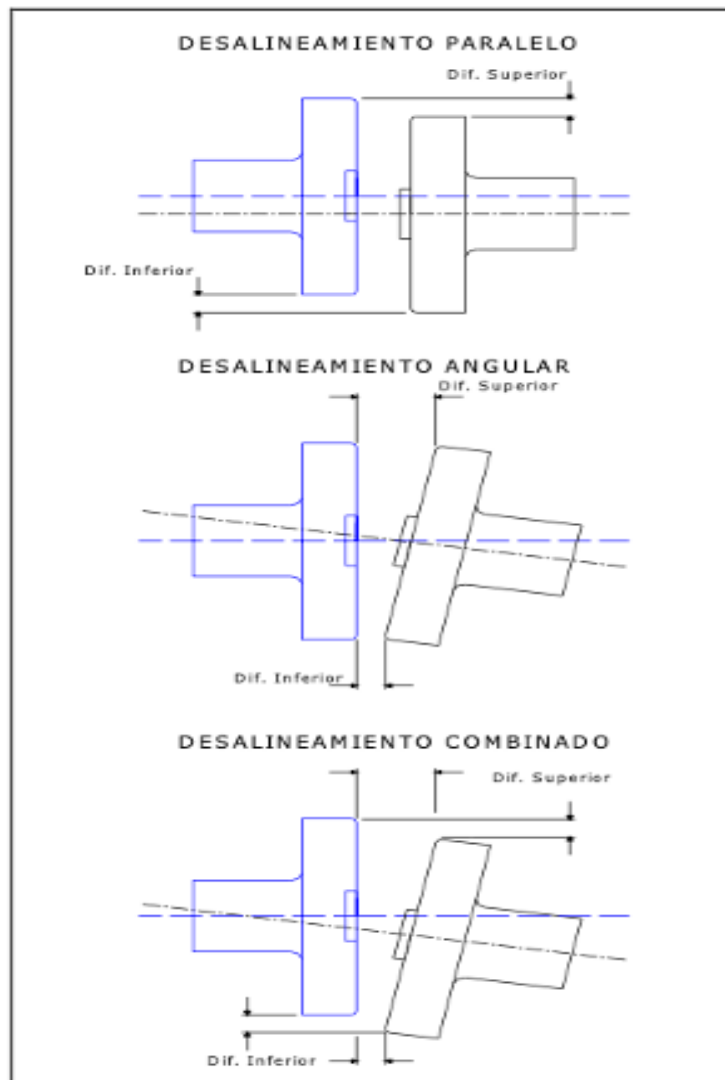


Figura 1-5. Imagen referencial, desalineamientos que se producen en el eje.

Fuente:<https://image.slidesharecdn.com/ejedecolapdf-160301134238/95/eje-de-cola-pdf-19-638.jpg?cb=1456839773>.

- Consecuencias del desalineamiento

Las consecuencias del desalineamiento se manifiestan con los siguientes síntomas o fallas:

Trabazones, atascamiento, desgastes abrasivos en los acoplamientos flexibles de engrane. Por otra parte también existen desgaste abrasivos en los acoplamientos rígidos.

Sobrecargas en los cojinetes, (radiales cono de impulso), están dentro de las fallas, la fricción y desgaste de los sellos y descansos también, desgaste en los Ejes que a veces pueden ocasionar grietas y roturas, generación de calor por los roces eventuales, vibraciones no consideradas, tanto en el diseño de los soportes como de las maquinas acopladas y por ultimo un mayor consumo de combustible.

CAPÍTULO II: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2. **DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

El presente trabajo de título abordará una problemática que surgió en una de las embarcaciones pertenecientes a la empresa Pesquera Camanchaca Pesca Norte, la cual posee una planta industrial dedicada al proceso de producción de harina y aceite de pescado. Esta se encuentra ubicada al interior del puerto de la ciudad de Iquique, donde se desarrollan diversas actividades relacionadas con la recepción, procesamiento y almacenamiento de los recursos capturados por la flota pesquera.

La compañía opera con un mínimo de cuatro flotas de barcos pesqueros industriales, las cuales cumplen un rol fundamental en el abastecimiento continuo de materia prima para la Planta de procesamiento.

Entre estas embarcaciones se destacan el Costa Grande 1 y el Albimer, siendo este último la embarcación de mayor capacidad de recolección y, por ende, la más relevante para la continuidad operacional de la planta. Debido a su capacidad de carga, autonomía y eficiencia en las labores de pesca, el Albimer representa un elemento clave dentro del sistema productivo de la empresa, ya que cualquier detención o falla en su operación puede generar impactos significativos en la cadena de producción y en las operaciones industriales.

La embarcación que lleva por nombre Albimer, dentro de su sistema de propulsión, cuenta con una caja marina de marca alemana Reintjes, la cual, según la información disponible en ese momento, estaba presentando fallas en su funcionamiento, siendo este un componente crítico dentro del sistema de transmisión de potencia de la embarcación.

Como empresa Ancora, representante de la Marca Reintjes en Chile, y a solicitud de Pesquera Camanchaca, se gestionó una mantención regular por horas de servicio, la que contempla según manual, “Etapa de mantenimiento N°6, Gran revisión general cada 30000 horas de servicio, (WAF--MKK cada 15000 horas de servicio) o después de 10 años.

Verificar los distribuidores de aceite, los manómetros, renovar las láminas de embrague,

los tornillos, los anillos de seguridad, todos los tornillos de la caja del embrague “8, los rodamientos, tornillos, juntas del filtro de aceite, la bomba de aceite, las juntas para la tapa de observación, conductos de tubo flexible, limpiar por completo el reductor”, son algunos de los puntos a considerar en el mantenimiento del Equipo.

La presencia de algunos problemas de operación en el equipo se entendió como una falta de mantenimiento por las horas de servicios. Con estos antecedentes, viajó a Iquique un equipo de técnicos de la empresa Ancora Chile, lo que consideraba de igual manera los repuestos contemplados para el servicio requerido.

En el transcurso de los días se nos informó que la caja marina había sido previamente reparada por una empresa externa, la cual cuenta con una única sucursal ubicada en la ciudad de Iquique. Cabe señalar que los técnicos que realizaron dicha intervención poseen experiencia en este tipo de equipos; sin embargo, no cuentan con la autorización oficial de la marca para efectuar intervenciones especializadas en este tipo de cajas marinas.

A partir de la revisión técnica y del análisis, de partículas de aceite, inspección visual de sellado, medición de holgura con filer de galgas en aprietes de tuercas y tornillos, estado de cañerías de lubricación de la Caja Marina, alineación de la base con reloj comparador, son algunos de los procedimientos que se realizó durante la inspección, en el interior de la embarcación y basándonos en nuestra experiencia en sistemas de transmisión naval, fue posible identificar la falla principal, la cual se encontraba en el sistema de transmisión, específicamente en la caja marina. Este componente, como se ha mencionado en los párrafos anteriores, cumple un rol fundamental dentro del sistema de propulsión, ya que es el encargado de transmitir y regular la potencia generada por el motor principal hacia la hélice, a través de la línea de ejes. De esta manera, permite controlar el sentido de giro necesario para el avance o retroceso de la embarcación, garantizando así su correcta operación y maniobrabilidad.

El encargado de mantención de flota de la empresa pesquera, considerando la complejidad del problema que se había presentado, nos entregó información adicional que en un comienzo no había sido mencionada. Estos antecedentes permitieron comprender con mayor claridad el origen del daño, el cual se encontraba asociado principalmente a mantenciones que se habían realizado previamente al equipo Mecánico. Se detectó ajustes

incorrectos, los que con el tiempo provocaron un deterioro progresivo en distintos componentes internos de la caja marina. Dentro de estos daños se evidenció un desgaste en los engranajes internos, además de contaminación del aceite lubricante, situación que termina comprometiendo diversos elementos del sistema de transmisión.

Esta situación generó una nueva detención del sistema, manteniendo a la embarcación varada en puerto e impidiendo su participación en las faenas de recolección de materia prima pesquera. Como consecuencia, se produjeron pérdidas económicas para la empresa, considerando el rol estratégico que cumple la embarcación Albimer dentro del proceso de captura de pescado.

Una vez reparada la Caja Marina, por la empresa externa, se instaló nuevamente en su posición, correspondiente en el interior, sector sala de máquinas de la embarcación. La ejecución de esta labor estuvo a cargo del personal de mantenimiento del área mecánica de la pesquera, junto con los técnicos responsables de la reparación pertenecientes a la empresa externa mencionada en los párrafos anteriores.

Cabe señalar que no se contó con la presencia de los Técnicos representantes de la marca durante estas intervenciones.

Al presentarse por segunda vez una nueva falla mecánica, luego de varios meses desde la primera intervención realizada al equipo Mecánico, La empresa pesquera decidió solicitar el servicio de mantenimiento a la empresa representante de la marca alemana en Chile, en el marco de los contratos vigentes que ambas empresas mantienen. Dicho servicio corresponde a un mantenimiento basado en horas de operación del equipo. Este contempla la adquisición de diversas piezas mecánicas necesarias para la intervención, algunas de estas piezas son nuevas, mientras que otras provienen de repuestos almacenados en bodega de la empresa representante de la Marca los que se encuentran bajo modalidad de arrendamiento. La combinación de ambos tipos de repuestos permite optimizar costos y tiempos de reparación.

Asimismo, se gestionó la solicitud de técnicos especialistas de la marca.

El objetivo de asegurar una correcta ejecución de las labores de mantenimiento. Estos profesionales se encargaron directamente de las intervenciones en terreno. De este modo, se buscó garantizar la confiabilidad y el adecuado funcionamiento del sistema.

La caja de transmisión instalada en la embarcación corresponde a una caja marina de marca alemana Reintjes, empresa reconocida a nivel mundial por su especialización en sistemas de transmisión para aplicaciones navales. En Chile, la representación de esta marca recae en la empresa Áncora Chile, la cual cuenta con sucursales ubicadas una en la ciudad de San Pedro de la Paz, en la región del Biobío y la otra en la ciudad de Puerto Montt.

La intervención se llevó a cabo durante los primeros meses del año.

Los repuestos solicitados llegaron a la zona norte del país aproximadamente tres días después del arribo de los técnicos especialistas. El trabajo a realizar correspondía a un procedimiento habitual para los representantes y especialistas en este tipo de sistemas, el cual consistía en efectuar una mantención general de la caja marina de acuerdo con las especificaciones establecidas en el manual técnico del fabricante.

Sin la necesidad de ejecutar una extracción total del equipo, solo la sección de la cara de superior de la Caja Marina.

Es importante señalar que, dentro de esta intervención, no estaba considerado el retiro de la caja marina desde el interior de la embarcación.

La ejecución del mantenimiento se especificará más adelante de una manera detallada, ahora solo daremos a conocer, como lo venimos haciendo desde los párrafos anteriores, el procedimiento general de cómo se llevaron a cabo los trabajos y sus circunstancias.

Uno implicó la desinstalación de la Caja Marina desde su ubicación, que daba hacia la parte posterior de la embarcación, la parte que conocemos como piso exterior, se relaciona a la cubierta del Albimer, donde se encuentra una escotilla que más adelante tendría que ser retirada, lo que generó un trabajo extra en nuestra labor y planificación. También sin pasar por alto se tuvo que contratar una empresa externa para la solicitud de una Grúa de Izaje.

Por otra parte, una de las características principales del sistema de transmisión es que se encuentra acoplado directamente al eje propulsor y a la hélice de la embarcación.

La caja marina se encuentra acoplada tanto al eje propulsor como a la hélice de la embarcación.

En el sector donde se desarrollaban las labores la presencia de medusas en el agua representaba una dificultad adicional para el buzo comercial, lo que obligó a realizar el trabajo con mayores precauciones y tiempos de ejecución prolongados.

Una vez completado el proceso logístico y realizada la intervención para el retiro de la hélice desde el fondo marino, fue posible continuar con las siguientes etapas del trabajo de mantención. A continuación, se describen las principales actividades desarrolladas durante la ejecución de estas labores.

A continuación también se darán a conocer las consecuencias que puede generar la omisión de información relevante al momento de planificar y ejecutar una tarea de mantención. Este tipo de situaciones puede provocar retrasos significativos en la ejecución de los trabajos, además de extender los plazos inicialmente contemplados dentro de la planificación del mantenimiento.

2.1.1. Resumen de los Procesos de Ejecución del Trabajo en Barco Albimer

Los repuestos de la transmisión se solicitaron con varios meses a la llegada de los Técnicos, algunos fueron pedidos a Alemania, mientras que otros se mantenían guardados en la Sucursal de San Pedro de la Paz. Dentro del Trabajo se considera el reemplazo de ciertos componentes, ajuste a piezas mecánicas y cambio de aceite, la planificación inicial estaba establecida para una semana.

Para desinstalar la Caja Marina, desde su ubicación en la parte posterior de la embarcación, se debía primero que nada considerar lo siguiente, está se encuentra acoplada al Eje Propulsor y luego a la hélice, para llevar a cabo la tarea de su retiro como se planifico, lo primero fue ejecutar el retiro de la hélice, después con bastante precisión se proseguía con el retiro de la Caja Marina, una tarea que implica la toma de medidas respecto al alineamiento, esto nos permitía mantener registro para la reincorporación del equipo en su tiempo debido. Así evitamos daños futuros por un mal movimiento al volver instalarla. Respecto a su desinstalación, de igual modo se tuvieron que tomar diferentes

resguardos, como como las medidas de la caja, la abertura de la escotilla, la cual debió ser modificada para poder pasar la caja marina, hacia el exterior de la embarcación.

Durante el desmontaje de la reductora, una vez ya en el sector de desarme que se dejó establecido, se confirmó la exactitud del daño ocasionado por la presencia de las partículas metálicas en el aceite, desgaste de engranajes, rayones en el eje interior, contaminación general del conjunto mecánico. Una labor extra para el desarrollo del trabajo, que a estas alturas nos indicaba que lo planificado en su comienzo, no estaría acorde a los nuevos tiempos estimados, generando una próxima visita dentro del próximo mes.

Estos descubrimientos nos daba indicio de que la Caja Marina había sido intervenida o que su desgaste se debía algún tipo de golpe, que se produjo por un componente externo a la transmisión. Hay que señalar que cada situación anómala a nuestro conocimiento, se entregó la información al supervisor de mantención de la empresa y a nuestro Jefe de sucursal.

Al pasar los días, se instalaron los componentes, se realizaron pruebas de estanqueidad, verificación del sistema de lubricación y ensayos operacionales, funcionamiento de la caja conectada al eje proveniente del motor, medición de temperatura, inspección visual, prueba de navegación en alta mar, estos se llevaron a cabo semanas después de la instalación, en una segunda venida a la ciudad de Iquique.

Otro paso importante para poder hacer maniobras en alta mar es una prueba en vacío, donde la maquinaria ya instalada se hace funcionar con todo el conjunto de sistema, lo que nos indicaría su correcto funcionamiento y desempeño del conjunto. Solo después de lo mencionado se validó la autorización para las pruebas en alta mar. La intervención que se le hizo a la transmisión permitió restituir la operatividad del sistema de propulsión; sin embargo nos permitió evidenciar importantes brechas en los procesos de mantención, planificación y comunicación técnica dentro de la empresa.

En este caso en particular, aunque según nuestra experiencia, son consecuencias bastante comunes no solo de un sistema de transmisión, también pasa con las maquinas encargadas de las aguas residuales al interior de las embarcaciones, donde por falta de mantención las desconectan botando lo contaminado al mar.

Todo esto demuestra que las empresas no quieren invertir en personal calificado para la intervención oportuna a sistemas tan complejos como en el que se da a conocer en este trabajo de título, respetar las recomendaciones del fabricante, disponer de información técnica completa son solo algunas sugerencias que toda embarcación, debería tener a disposición para la ejecución de las tareas de mantención, asegurando la continuidad operacional de los sistemas mecánicos críticos de una embarcación.

A continuación se dará a conocer el procedimiento detallado de las labores que se llevaron a cabo durante la ejecución, el cual se desarrolló en su comienzo durante una semana, los días en los que se hacen referencia, no están señalados de una manera literal, son nombrados solo para generar una idea de cómo se desarrollaron las tareas.

2.2. DESARROLLO

Como ya se mencionó en el resumen anterior, donde se expone de manera general parte de la información que a continuación se desarrollará con mayor detalle, en esta sección se profundiza en los aspectos técnicos asociados al proceso de intervención realizado en la embarcación.

El ingreso al recinto industrial se realizó en horas tempranas. Posteriormente, el equipo se dirigió hacia la embarcación para continuar con los trabajos previamente programados. Antes de abordar el barco, se efectuó una revisión de los planos correspondientes al sistema de transmisión, información que fue solicitada al encargado del área de mantención de la empresa Camanchaca. Por otra parte, como equipo representante de la marca, también contábamos con nuestros planos técnicos de la caja marina.

Durante esta instancia, los técnicos del área de mantención señalaron que no mantenían información técnica almacenada respecto de la transmisión instalada en la embarcación. Esta situación, desde nuestra experiencia, evidenciaba un desconocimiento importante sobre el funcionamiento del equipo y sobre los procedimientos de mantención

asociados al mismo. Según lo indicado por ellos, dicha información técnica nunca les había sido entregada.

La revisión inicial de la documentación técnica resulta fundamental para confirmar el tipo de mantención que debe realizarse, conforme a los procedimientos estipulados en el catálogo técnico del fabricante. Se recopiló toda la información técnica relacionada con el problema que se nos había señalado y anotado por nosotros, incluyendo antecedentes asociados a cambios de componentes y procedimientos de mantención vinculados a la garantía del equipo. Paralelamente, se gestionaron las órdenes de trabajo y los permisos necesarios para asegurar la correcta ejecución del procedimiento.

Posteriormente, se realizó una reunión con el equipo de apoyo que prestaría asistencia a nosotros como técnicos representantes de la marca. En esta instancia se dejó claramente establecida en la planificación de los trabajos, la secuencia de las tareas y los recursos que serían necesarios para el desarrollo de la intervención.

La empresa Camanchaca asignó un equipo interno encargado de apoyar las etapas posteriores de la ejecución, lo que incluía el desarme, lavado, armado e instalación del equipo en el interior de la embarcación. Asimismo, se procedió a delimitar el área de trabajo, restringiendo el acceso a determinados sectores del complejo, de modo que solo el personal autorizado y debidamente acreditado pudiera ingresar a las zonas de intervención.

También se definieron los horarios de trabajo, los roles específicos de cada integrante del equipo y la supervisión responsable de cada fase por parte de los técnicos especialistas. Todas estas acciones se llevaron a cabo considerando la urgencia del procedimiento, ya que esta labor se estaba desarrollando en plena temporada de pesca, un periodo crítico para la continuidad operacional de la flota.

Una vez a bordo de la embarcación, el equipo se dirigió nuevamente a la sala de máquinas, ubicada en el nivel menos uno, con el objetivo de identificar las principales dificultades para el retiro de la cara superior de la caja marina en el interior del barco. El lugar de intervención presentaba espacios reducidos, presencia de elementos estructurales y accesos limitados, lo que aumentaba considerablemente los riesgos asociados a la operación.

Con el apoyo del prevencionista de riesgos, se realizó una evaluación preliminar de las condiciones de trabajo, considerando factores como la ventilación del espacio, la accesibilidad al área de intervención y las condiciones de iluminación. Este análisis permitió determinar cuántas personas podían ingresar simultáneamente al sector sin comprometer la seguridad del procedimiento.

Debido a las condiciones propias de un espacio confinado y a la exigencia técnica del trabajo a realizar, se autorizó que cuatro técnicos participaran directamente en las labores de desinstalación, conformado por dos mecánicos del área de mantención de la empresa pesquera y dos técnicos especialistas representantes de la marca, mientras dos técnicos trabajaban en el eje de transmisión, y los otros verifican y realizan una revisión técnica, análisis de partículas de aceite, inspección visual de sellado, medición de holgura con filer de galgas en aprietes de tuercas y tornillos, estado de cañerías de lubricación de la Caja Marina, alineación de la base con reloj comparador, son algunos de los procedimientos que se realizó durante la inspección, en el interior de la embarcación, basándonos en nuestra experiencia en sistemas de transmisión naval, fue posible identificar la falla principal, la cual se encontraba en el sistema de transmisión, específicamente en la caja marina. Después de esta primera inspección se realizó la extracción de la cara superior de la caja marina, se chequeo internamente el conjunto de transmisión, encontrando contaminación, lo que nos permitió solicitar la extracción completa del equipo mecánico. El prevencionista de riesgos cumplía una función de supervisión permanente, por lo que debía mantenerse presente durante todo el desarrollo de las actividades.

Posteriormente, se procedió a identificar los soportes de la caja marina, los cuales fueron marcados previamente para facilitar su correcta reinstalación. Asimismo, se localizaron todas las conexiones asociadas al funcionamiento del sistema, incluyendo cañerías de lubricación, mangueras hidráulicas y sistemas eléctricos de corrientes débiles.

La correcta identificación de estas conexiones resulta esencial para garantizar un desmontaje ordenado del equipo, evitando daños secundarios en otros sistemas de la embarcación que, debido a la distribución del espacio en la sala de máquinas, se encuentran instalados a muy corta distancia entre sí.

Finalmente, se dispusieron todas las herramientas necesarias para el desarrollo de las labores de trabajo. También se prepararon recipientes y baldes debidamente identificados y rotulados, destinados a almacenar tornillos, pernos, tuercas y piezas pequeñas, elementos que resultan clave para asegurar un correcto proceso de reensamblaje del equipo durante la etapa de instalación.



Figura 2-1. Interior de la embarcación, sector sala de máquina.

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

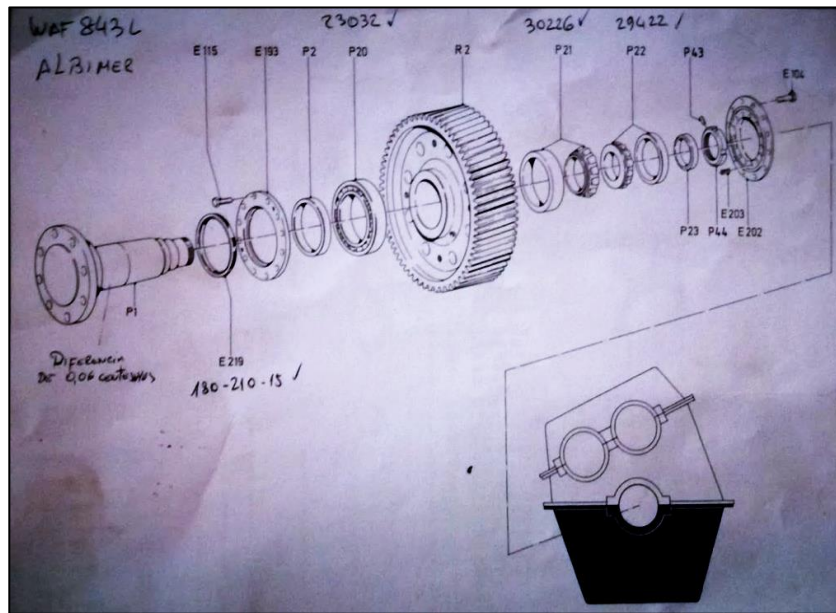


Figura 2-3. Plano de las Piezas que componen parte de la transmisión, número de catálogo

Fuente: Imagen obtenida del manual de mantenimiento o instrucciones de servicio, reductor-inversor marino, serie WAF 540-1590.

Quantity per kW (Series)							Quantity per kW (Series)						
Item No.	Designation	660	760	860	1100	1360	Item No.	Designation	660	760	860	1100	1360
E 5	Bearing Housing	1	1	1	-	-	K 1	Clutch Support	2	2	2	2	2
E 7	Cover	1	1	1	1	1	K 2	Retaining Ring	2	2	2	2	2
E 11	Shaft Sealing Ring	1	1	1	1	1	K 5	Roller	24	24	32	36	24
E 15	Anti-friction Bearing	2	2	2	2	2	K 6	Spring	24	24	32	36	24
E 19	Oil Pump	1	1	1	1	1	K 7	Rectangular Ring	2	2	2	2	2
E 24	Oil Distributor	1	1	1	1	1	K 8	Hoopin Screw	16	16	16	16	16
E 42	Hoopin Pump Drive	1	1	1	1	1	K 9	Hoopin Nut	16	16	16	16	16
E 43	Pump Wheel	1	1	1	1	1	K 13	Hoopin Pin	24	36	32	32	48
E 61	Shaft Wheel	1	1	1	1	1	K 15	Clutch Housing	1	1	1	1	1
E 64	Thru Pin	1	1	1	1	1	K 17	Annular Pinion	2	2	2	2	2
E 65	Hoopin Screw	8	8	12	8	12	K 18	Rectangular Ring	2	2	2	2	2
E 66	Hoopin Screw	4	4	4	4	4	K 22	Inner Disc	22	22	22	22	22
E 68	Turned Pin	2	2	2	2	2	K 23	Outer Disc	24	24	24	24	24
E 92	Cover	1	1	1	1	1	K 30	Carrier	2	2	2	2	2
E 108	Hoopin Screw	4	4	4	4	4	K 40	Carrier Cover	1	1	1	1	1
E 122	Anti-friction Bearing	2	2	2	2	2	K 42	Allen Screw	2	2	2	2	2
E 123	Anti-friction Bearing	2	2	2	2	2	K 59	Cover	16	16	16	16	16
E 124	Anti-friction Bearing	2	2	2	2	2	K 60	Allen Screw	16	16	16	16	16
E 125	Anti-friction Bearing	2	2	2	2	2	K 120	Galling	2	2	2	2	2
E 126	Anti-friction Bearing	1	1	1	1	1							
E 128	Hoopin Screw	8	8	12	8	12	K 1	Pinion	2	2	2	2	2
E 130	Cover	1	1	1	1	1	K 16	Retaining Ring	2	2	2	2	2
E 142	Hoopin Screw	4	4	4	4	4	K 32	Shaft Nut	2	2	2	2	2
E 150	Hoopin Screw	4	4	4	4	4	K 33	Threaded Pin	2	2	2	2	2
E 160	Clamping Sleeve	2	2	2	2	2	K 43	Retaining Ring	2	2	2	2	2
E 174	Cover	1	1	1	1	1							
E 184	Hoopin Screw	8	8	8	8	12	J 1	Input Shaft	1	1	1	1	1
E 502	Hoopin Screw	8	8	12	-	-	J 3	Fitted Key	1	1	1	1	1
E 729	Allen Screw	4	4	4	4	4	J 9	Clamping Sleeve	1	1	1	1	1
							J 4	Shaft Nut	1	1	1	1	1
							J 6	Locking Washer	1	1	1	1	1
							J 8	Shaft Nut	1	1	1	1	1
							J 11	Threaded Pin	1	1	1	1	1
							J 12	Roller	1	1	1	1	1
							J 13	Shaft Nut	1	1	1	1	1
							J 42	Fitted Key	1	1	1	1	1
							J 46	Roller	1	1	1	1	1
							J 160	Clamping Sleeve	16	16	16	16	16
							J 246	Hoopin Screw	24	32	32	32	72
							J 369	Carrier Pin	8	8	8	12	12
							J 179	Non-return Valve	4	4	4	4	4

* Not Standard
1) Service Repair Kit

Figura 2-4. Lista de las Piezas que componen parte de la transmisión

Fuente: Imagen obtenida del manual de mantenimiento o instrucciones de servicio, reductor-inversor marino, serie WAF 540-1590

La pérdida de una pieza durante el proceso de desarme implica retrasos importantes, ya que se hace necesario gestionar la adquisición de repuestos adicionales, lo que afecta directamente la continuidad del trabajo. Por esta razón, todas las labores se ejecutaron con extrema precaución, asegurando cada componente antes de aflojarlo o manipularlo.

Mientras tanto, en el exterior de la embarcación, se solicitó la operación con el apoyo del personal de cubierta, encargado de manipular los elementos de sujeción necesarios para el ejecutar el proceso de izaje de la cara superior de la caja marina y luego la totalidad de ésta. La comunicación entre el equipo técnico y el operador de la grúa fue constante, lo que permitió ajustar la posición del equipo, el radio de giro y la altura de trabajo. De esta manera se evitó cualquier posible interferencia con la estructura de la embarcación Costa Grande I, cuya proximidad representaba una dificultad adicional para la maniobra.

El proceso no estuvo exento de complicaciones, principalmente debido a la presencia de viento leve en la zona. Sin embargo, las maniobras lograron ejecutarse con éxito, permitiendo la extracción de la transmisión desde el interior del barco hacia un sector con suelo firme dentro del puerto. Posteriormente, el equipo fue trasladado hacia el interior de un galpón, donde quedó instalado para realizar su desarme completo en una etapa posterior. Este lugar fue debidamente señalizado y preparado para continuar con las siguientes fases del trabajo, conforme a la planificación establecida.

La desinstalación de la caja marina representó un procedimiento de alta complejidad, principalmente debido a que la embarcación no se encontraba en un dique seco, sino que permanecía fondeada en un punto seguro dentro de las instalaciones del Puerto de Iquique, específicamente en la bahía. Esta condición implicaba una serie de restricciones operativas importantes, ya que todas las maniobras debían ejecutarse con la embarcación sobre el agua, lo que incrementaba el nivel de riesgo debido al movimiento natural generado por el oleaje y las condiciones propias del entorno marítimo.

Además de lo anteriormente mencionado, la embarcación Albimer se encontraba posicionada al costado del barco Costa Grande I, situación que dificultaba aún más las labores en el área disponible. Esta cercanía entre ambas embarcaciones reducía el espacio operativo necesario para ejecutar las maniobras de izaje, las cuales eran indispensables para realizar el retiro de la caja marina desde el interior de la sala de máquinas del Albimer.

Como consecuencia de estas condiciones, fue necesario planificar cuidadosamente cada una de las etapas del procedimiento, considerando tanto los factores de seguridad como las limitaciones operativas propias de trabajar en un entorno marítimo activo. Gracias a esta planificación, fue posible llevar a cabo la operación de manera controlada, minimizando los riesgos asociados al retiro de un componente de gran peso y relevancia dentro del sistema de propulsión de la embarcación.



Figura 2-5. Albimer es la segunda embarcación después del pontón flotante playa brava I

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

Con respecto a la grúa de izaje, esta debía ubicarse a varios metros de distancia de la embarcación, en un sector seguro del puerto correspondiente al muelle. Desde esta

posición estratégica, la grúa debía operar extendiendo su brazo sobre la estructura del primer barco, con el fin de alcanzar el punto donde se encontraba instalada la caja marina en el interior de la embarcación Albimer.

Esta disposición operativa fue necesaria debido a las condiciones del entorno y a la ubicación de las embarcaciones involucradas en la maniobra. Por esta razón, el brazo de la grúa debía trabajar con una extensión considerable, lo que exigía una operación cuidadosa para poder realizar las maniobras de izaje de forma segura y controlada.

Cabe señalar que este procedimiento debía ejecutarse en dos etapas principales. La primera correspondía a la maniobra de extracción de la caja marina desde el interior de la sala de máquinas de la embarcación, mientras que la segunda consistía en la maniobra de instalación de la misma, una vez finalizadas las labores de mantención y revisión del equipo.

Ambas operaciones requerían una coordinación precisa entre el personal técnico que se encontraba en el interior de la embarcación, los operadores de la grúa y el equipo de apoyo presente en cubierta. Esta coordinación fue fundamental para asegurar que cada fase del procedimiento se ejecutara de manera segura, ordenada y eficiente, minimizando los riesgos asociados al izaje de un componente de gran peso y relevancia dentro del sistema de propulsión de la embarcación.



Figura 2-6. Puerto de Iquique, lugar de fondeo de los barcos de la empresa camanchaca

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor



Figura 2-7. Puerto de Iquique, explanada donde se instaló la grúa de izaje

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

La caja marina se encontraba instalada en el sector de sala de máquinas, específicamente en el nivel menos uno de la embarcación Albimer, lo que implicaba desarrollar las labores en un espacio reducido y con accesos limitados, debido a la gran cantidad de maquinaria instalada en dicho sector. Esta condición obligaba a trabajar con especial cuidado y a coordinar cada movimiento dentro del área de intervención.

Como se mencionó anteriormente, la transmisión se encuentra acoplada directamente al eje propulsor, el cual, a su vez, está conectado a la hélice de la embarcación. Por esta razón, la operación no solo involucraba maniobras mecánicas en el interior del barco, sino también intervenciones submarinas. Esta situación añadió un nuevo nivel de complejidad al trabajo, ya que fue necesario coordinar de manera paralela las labores que se desarrollaban en la sala de máquinas con las maniobras ejecutadas por el buzo comercial en el fondo marino.

La presencia de medusas en la zona norte representa un riesgo adicional durante este tipo de intervenciones, tanto por el posible contacto físico con el buzo como por la disminución de la visibilidad en el agua. Esta condición dificulta el procedimiento de desacople de la hélice respecto del eje propulsor, aumentando el tiempo necesario para completar la maniobra de manera segura.

Por otro lado, el viento también constituyó un factor externo relevante durante el proceso. Al tratarse de un área abierta, con acceso directo al mar, cualquier variación brusca en la intensidad del viento podía comprometer la estabilidad del izaje, obligando a detener temporalmente la maniobra. Si bien estas condiciones no impedían el desarrollo de los trabajos en el interior de la embarcación, sí generaban retrasos en relación con los tiempos inicialmente proyectados en la planificación.

Finalmente, la coordinación entre el equipo de superficie y el equipo encargado de la comunicación con el buzo comercial fue fundamental para que ambas labores se ejecutaran de manera sincronizada y segura. Cada avance realizado era verificado por el supervisor técnico de la empresa pesquera, así como por el equipo de técnicos especialistas, quienes evaluaban constantemente las condiciones del entorno antes de autorizar la continuidad de la siguiente fase del procedimiento.

Se llevó a cabo el desarme de la Caja Marina, procedimiento que, según protocolo, contemplaba la realización de ajustes, cambio de aceite, sellado y una eventual aplicación de pintura protectora.

El primer paso de esta intervención se realizó en el galpón principal del recinto, específicamente en el patio del lugar, donde se disponía del espacio adecuado para efectuar las maniobras de desmontaje. Esta etapa consistía inicialmente en la separación de las tapas de la transmisión y en la verificación del estado de las piezas mecánicas ubicadas en su interior.

Antes de proceder al retiro del aceite, fue necesario verificar el nivel presente dentro de la transmisión, lo cual se realizó mediante el visor o nivel externo del equipo. Una vez comprobado este nivel y observadas las condiciones visuales del lubricante, se procedió a realizar el drenaje del aceite, correspondiente a la primera etapa del proceso de mantención.

Posteriormente, y una vez finalizada esta operación, se juntaron la cara superior con la inferior para su traslado al patio interior de la empresa. Debido al peso considerable de estas piezas y al riesgo asociado a su manipulación, fue necesario solicitar el apoyo de una grúa horquilla para realizar el retiro seguro de la tapa superior nuevamente. Una vez extraída, esta fue posicionada cuidadosamente a un costado del área de trabajo, manteniéndola en posición horizontal con la abertura hacia arriba, con el fin de facilitar su posterior inspección y evitar posibles daños en su superficie o en los componentes asociados.

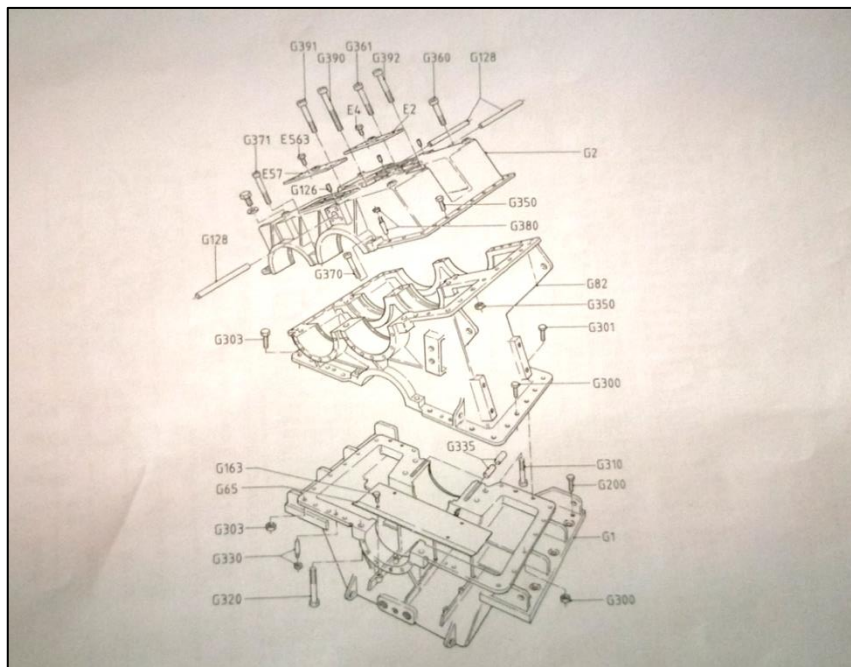


Figura 2-8. Plano de las tres secciones en las que se puede dividir la Caja Marina

Fuente: Manual de mantenimiento, reductor-inversor marino, serie WAF 540-1590.

Luego de completar esta primera etapa de la maniobra, se realizó una inspección visual detallada del estado de los componentes internos de la caja marina. Durante esta revisión se observó la presencia de partículas metálicas adheridas en el contorno interior de la carcasa, mezcladas con aceite lubricante. Esta mezcla generaba una consistencia que facilitaba la adherencia del material particulado tanto en las paredes internas de la tapa como en algunos de los componentes mecánicos del sistema.

La presencia de estas partículas resulta perjudicial para el correcto funcionamiento de los mecanismos internos, ya que interfiere en el contacto adecuado entre las piezas móviles, pudiendo provocar en algunos casos fisuras, desgaste prematuro o daño en los dientes de coronas y engranajes. Esta situación no coincidía con la información inicial que se manejaba respecto de la intervención, ya que el mantenimiento programado correspondía únicamente a una revisión por las 3000 horas de servicio.

De acuerdo con lo indicado en el manual de servicio del fabricante, este tipo de mantenimiento contempla principalmente la verificación de ciertos elementos del sistema.

Entre ellos se incluye la revisión de los ejes respecto a su giro uniforme, los asientos de cojinetes para detectar posibles daños, el estado de la rueda dentada y los dentados del piñón, así como la inspección de los distribuidores de aceite y los manómetros. Asimismo, el manual establece que durante esta intervención también se deben renovar las láminas de embrague, los anillos rectangulares, los tornillos y los muelles, además de los anillos de seguridad. De igual manera, se indica la revisión y eventual reemplazo de los tornillos de la caja de embrague de 8 pulgadas, los rodamientos y la limpieza completa del reductor, incluyendo los elementos y juntas del filtro de aceite, entre otros aspectos especificados en la página 22 del manual de instrucciones de servicio de Reintjes.

Al constatar que tanto las tapas como sus paredes internas presentaban contaminación con partículas de acero mezcladas con aceite, se procedió a informar inmediatamente al Jefe de Mantenimiento de la empresa pesquera, invitándolo además a observar directamente la condición en la que se encontraba el equipo. Durante esta instancia también se le comunicó que, como empresa representante, no asumiríamos responsabilidad por los daños detectados, ya que la condición observada no correspondía a un mantenimiento de inspección según manual, sino más bien a un escenario de reparación por daños mecánicos existentes.

Durante el desmontaje progresivo de los componentes mecánicos se pudo confirmar que diferentes tipos de rodamientos presentaban una importante contaminación interna, lo que evidenciaba que gran parte del sistema había sido afectado por la presencia de material particulado mezclado con aceite, eje transmisor tenía algunos rayones por el contacto directo del aceite contaminado, se procedió a medir su diámetro con micrómetro, rectitud del eje con reloj comparador. Esta situación planteó inmediatamente nuevos desafíos operativos, relacionados principalmente con los procedimientos adecuados para el lavado de las piezas mecánicas y la logística necesaria para trasladarlas hacia un lugar que permitiera realizar estas tareas de limpieza e inspección de manera segura y eficiente.

Ante esta situación, se tomó contacto con el Jefe de Sucursal de nuestra empresa, con el objetivo de informarle sobre el problema detectado durante la inspección. Posteriormente, él se comunicó con el Jefe de Mantenimiento de la pesquera, tras lo cual se nos informó que debíamos dar continuidad a las labores de desmontaje e inspección del equipo.

Durante este proceso también se nos indicó que la caja marina había sido intervenida anteriormente por una empresa reconocida en la ciudad de Iquique, dedicada a la reparación de cajas de transmisión. Con el propósito de obtener mayor información sobre dicha intervención, se solicitó el contacto de la empresa para conocer qué procedimientos se habían realizado durante su desmontaje y montaje, qué piezas habían sido reemplazadas, cuáles se habían mantenido y si contaban con manuales técnicos del fabricante para ejecutar la intervención.

Posteriormente, se trasladó la caja marina hasta el taller donde se había realizado el supuesto mantenimiento o reparación anterior. Una vez en el lugar, los técnicos de dicha empresa explicaron que, tratándose de una caja reductora marina, habían realizado un desmontaje parcial de algunos componentes, seguido de un proceso de limpieza, armado y alineamiento de las piezas. Sin embargo, indicaron que no contaban con el manual técnico del fabricante, situación que resulta crítica en este tipo de intervenciones, ya que dichos documentos contienen las especificaciones exactas de montaje, tolerancias y procedimientos recomendados por la marca.

Una vez obtenida esta información, la transmisión fue trasladada nuevamente a nuestras instalaciones, donde se continuó con el proceso de desmontaje completo de los componentes mecánicos, verificación del estado de cada pieza y evaluación de posibles daños. Esta revisión se volvió especialmente necesaria debido a que, durante la intervención anterior, los técnicos habrían realizado el montaje guiándose únicamente por su experiencia y por protocolos generales de mantenimiento aplicados a otras marcas de transmisiones, sin considerar las especificaciones particulares del fabricante.

Finalmente, tras retirar completamente los componentes, se procedió a realizar el proceso de limpieza, lavado e inspección detallada de los engranajes. Durante esta etapa se detectó que algunos de ellos se encontraban en estado crítico, principalmente debido al daño presente en los dientes de los engranajes, lo que evidenciaba problemas asociados a desalineaciones o ajustes incorrectos durante el montaje anterior, los cuales no se ajustaban a los requerimientos establecidos en el manual de servicio del fabricante.



Figura 2-9. Maniobra de extracción del rodamiento de Eje de salida, Ciudad de Iquique.

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

Después de realizar esta verificación más exhaustiva, se procedió a contrastar cada una de las piezas con la información contenida en el manual del fabricante, verificando el número de componente, sus características y especificaciones técnicas. Para optimizar el trabajo, los dos sectores asignados para la intervención operaban de manera paralela. En uno de ellos se trabajaba principalmente con piezas de menor tamaño y de fácil traslado, donde se realizaban mediciones del paso entre dientes de los engranajes, identificación del tipo de rodamientos, evaluación del estado general de los componentes y limpieza del material particulado adherido.

Durante este proceso también se llevaron a cabo trabajos de separación de rodamientos mediante presión hidráulica, debido a la fuerte adherencia que algunas piezas presentaban entre sí. Esta condición se originó principalmente por dos factores. El primero correspondía a una falta de lubricación interna adecuada en la caja marina, situación que se relacionaba directamente con deficiencias en la intervención anterior, donde al no contar con el protocolo técnico correspondiente, el nivel de aceite no fue ajustado correctamente.

El segundo factor estaba asociado a un exceso de ajuste en algunos componentes durante el montaje previo, lo que generó tensiones adicionales en los elementos mecánicos. Ambas situaciones provocaron las condiciones de adherencia observadas durante el desmontaje, dificultando la separación de las piezas y evidenciando nuevamente las consecuencias de una intervención realizada sin seguir las especificaciones establecidas en el manual técnico del fabricante.



Figura 2-10. Extracción de piezas mecánicas por medio de presión hidráulica, ciudad de Iquique

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

Después de varias horas dedicadas a este proceso de separación de las piezas mecánicas, la intervención se desarrolló de manera exitosa dentro de esta etapa del trabajo. Una vez finalizada esta labor, se dio continuidad a las demás tareas programadas para el proceso de mantención.

Con el transcurso de los días se inició el proceso de montaje de los componentes mecánicos, etapa en la cual se procedió al reemplazo de las piezas que presentaban fallas o daños evidentes. Asimismo, algunos componentes, debido a su importancia dentro del sistema y considerando los tiempos de intervención disponibles, fueron enviados

a proceso de rectificación, con el objetivo de recuperar sus condiciones de funcionamiento dentro de los rangos permitidos.

Todo este procedimiento fue debidamente registrado y detallado en el plano de piezas correspondiente a la Caja Marina.

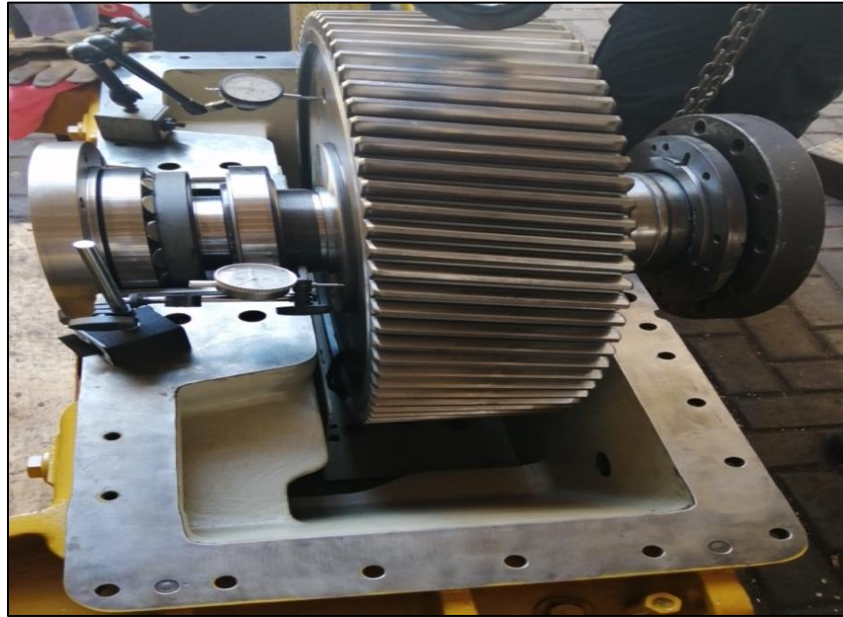


Figura 2-11. Alineación por medio de Reloj Comparador, en instalación de componente mecánico principal



Figura 2-12. Proceso de Armado de la Caja marina y sus Componentes Mecánicos

Fuente: Imágenes 2-11 y 2-12 obtenida por el propio autor

Una vez instalados los diferentes componentes mecánicos, considerando sus respectivas holguras, ajustes y alineaciones, se realizó un último chequeo general del sistema. Durante esta revisión final se verificó que cada elemento estuviera instalado correctamente y que el conjunto cumpliera con los estándares y especificaciones establecidos por el fabricante.

Posteriormente, se procedió al proceso de pintura de la caja marina, aplicando recubrimiento en la superficie exterior, con el objetivo de proteger el equipo frente a la corrosión y prolongar su vida útil. Además, se aplicó sellante en todo el contorno de las superficies de cierre, así como en cada una de las tuercas y puntos de fijación, asegurando de esta manera una correcta hermeticidad del conjunto.

Finalmente, la caja marina fue cerrada y sellada por ambas caras, quedando completamente preparada para su traslado nuevamente a la embarcación Albimer. En el lugar se realizaría posteriormente su instalación definitiva, junto con el ensamblaje de los componentes externos, entre ellos el sistema de eje propulsor de la embarcación.



Figura 2-13. Caja reductora, lista para su instalación al interior de la embarcación pesquera.

Fuente: Imagen obtenida por el propio autor

En base a todo lo propuesto en los párrafos anteriores, hay detalles importantes para considerar que no están descritos de una manera detallada, pero a continuación se los mencionare, lo que nos servirá para poder llegar a entender de como nosotros llegamos al análisis de Ishikawa para dar con el problema principal, el cual generó lo que encontramos en la Caja Marina relacionado a la ejecución del primer mantenimiento, el que se enfocó en el conocimiento general del funcionamiento de las Cajas Transmisoras de potencia, Contramarchas, Reductoros entre otras. Como también se mencionó, eso no basta para la ejecución de este tipo de intervención, al no contar con planos, protocolos establecidos por la empresa de la maquinaria, es un riesgos que ellos asumieron. Por otra parte según su información solo intervinieron en lo que es la Mantención de la Caja Marina, el desmontaje del interior de barco fue realizada por la empresa pesquera y su grupo de mecánicos al igual que el montaje y posterior funcionamiento.

Al no verificar los alineamientos con el eje Propulsor como lo indica el manual de servicio en el que dice: “ Para la marcha sin averías de una instalación propulsora es una condición fundamental que se efectuó una alineación cuidadosa del motor y del reductor con respecto al Eje de la hélice. Puesto que cada error de alineación repercutirá desventajosamente en la duración de los elementos de accionamiento o adicionales”, aparte también señala que “los trabajos de alineación deben realizarse solo después de haberse botado al agua el buque y si no toca fondo por ninguna parte, estas palabras se pueden interpretar como “ la alineación deber hacerse únicamente cuando la embarcación ya está flotando normalmente, apoyado solo por el agua, y no cuando está en seco ni apoyado parcialmente en el fondo”, otra parte importante de la información que nos ofrece el manual de servicio es respecto a la alineación nuevamente, la cual nos dice “ la alineación del Eje de salida del reductor con respecto a la conexión del Eje de la hélice, del motor con respecto al Eje de accionamiento del reductor, así como de los grupos en cuanto a los Ejes de reductor adicionales (toma fuerza) debe efectuarse de acuerdo a las correspondientes indicaciones del fabricante. La alineación vertical del reductor con respecto al Eje de la hélice o al Eje intermedio se realiza por medio de los tornillos de ajuste que se encuentran en las patas de los tornillos de ajuste que se encuentran en las patas de apoyo. Para la alineación horizontal recomendamos disponer tornillos de ajuste sobre el fundamento”. Todo lo escrito anteriormente se encuentra en la página 6 del manual de servicio.

Ante el desconocimiento de estas recomendaciones, por parte de los mecánicos que instalaron la Caja Marina en su lugar de funcionamiento, al interior de barco, sector sala de máquinas, es probable que los daños ocasionados al interior de esta transmisión, fueron producidos por desalineamiento, ajustes incorrectos, lo que nos lleva también a un posible problema en la hélice, como se leyó anteriormente este componente es parte esencial para que todo el conjunto mecánico, Motor, Eje propulsor, Caja Marina y hélice funcionen en uniformidad.

El funcionamiento de la Caja Marina se llevó a cabo días posteriores a la instalación, en esta ocasión solo se hizo presente un Técnico especialista de la empresa representante de la marca en Chile, donde se llevó a alta mar la embarcación, para hacer el proceso debido de arranque, cambio de marchas, parada, todo esto es parte de la prueba

de desempeño de la Transmisión, donde se les lleva a las máximas revoluciones de la maquinaria.

Con todo lo descrito anteriormente, por medio de la experiencia de los Técnicos especialistas, damos paso al análisis de causa raíz, con diagrama de Ishikawa.

2.2. ANÁLISIS CAUSA RAÍZ, DIAGRAMA DE ISHIKAWA

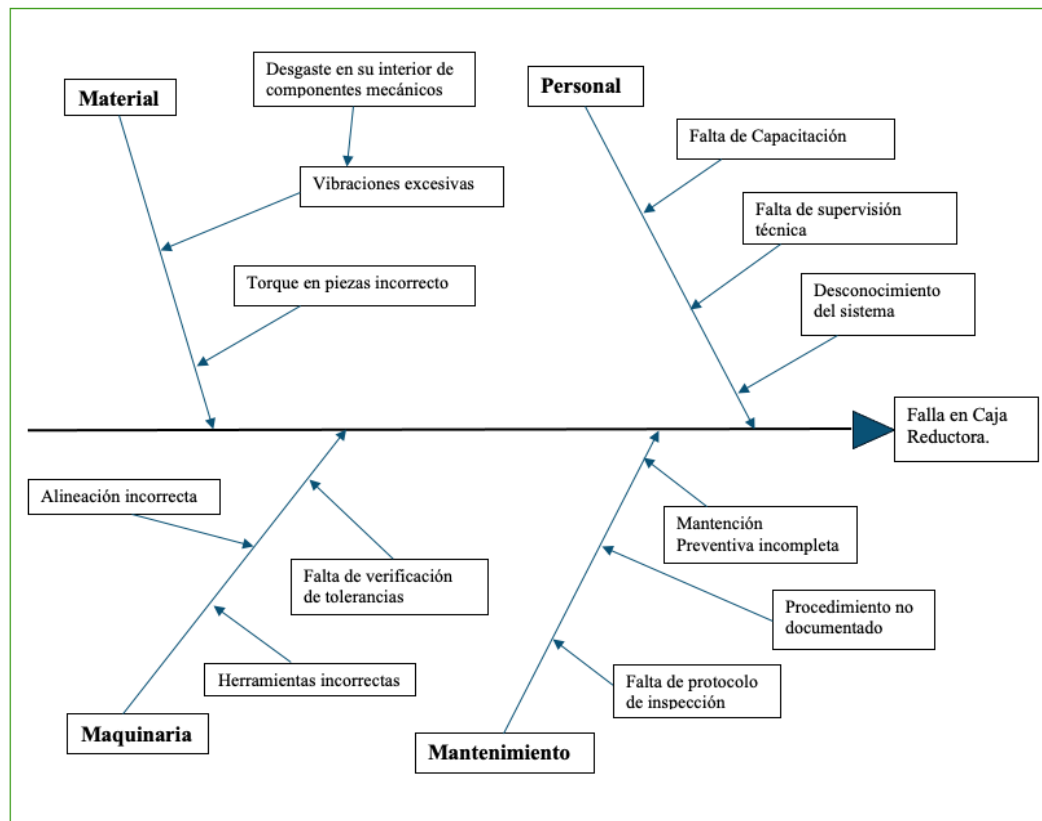


Figura 2-14. Diagrama de Ishikawa.

Fuente: Imagen de autoridad propia, realizada en programa Microsoft Word.

Este análisis de causa raíz, con diagrama de Ishikawa, nos permite visualizar las posibles falencias, todas ellas asociadas al riesgo final que es la falla en la Caja Reductora,

como bien podemos observar tenemos cuatro ítems principales, que son Personal, Mantenimiento, Material y Maquinaria, cada uno asociado a las posibles falencias en los que se debe poner atención para que no se vuelva a repetir el mismo problema que se menciona.

Dentro de las falencias a mejorar tenemos la falta de capacitación del personal mecánico, los encargados de desmontar y montar la Caja Marina, también tenemos por otra parte al Jefe de Mantención.

Si el montaje cumplió con los estándares de seguridad propuestos por el fabricante en su manual de servicio, la transmisión no debería haber presentado problemas en los rodamientos en su interior.

Otro criterio a considerar es el Mantenimiento, la falta de inspección es una tarea que no se puede dejar pasar, es algo periódico que se debe hacer, sobre todo tomando en cuenta que estamos hablando de un sistema de transmisión, que está encargado del funcionamiento de un barco pesquero, donde los cambios de marchas son constantes. También es importante mencionar la falta de supervisión, con respecto al funcionamiento de la caja marina. Lo mencionado son solo algunos problemas encontrados por Ítems; a través de este diagrama es indispensable prestar atención a las falencias y realizar una mejora, así se podrán capacitar a los trabajadores tanto de servicio en alta mar (barcos), como los establecidos en tierra (mecánicos en general).

Hay que considerar que nuestro análisis está enfocado según lo que nosotros como Técnicos especialistas encontramos como problemas a considerar, esto no nos indica que solo sean los que se muestran en el análisis causa raíz, lo primordial sería que la empresa tomara en consideración nuestra experiencia y ellos trataran de realizar un estudio donde se encontrarán las deficiencias con mayor afectación del sistema de transmisión.

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MEJORA

3. PROPUESTA DE MEJORA

3.1. PLANTEAMIENTO DE PROPUESTA

Como se expuso al final del capítulo dos de este trabajo de título, en el cual se desarrolló un Análisis de Causa Raíz mediante el Diagrama de Ishikawa, se continuará con la misma línea de análisis, orientando el estudio hacia la propuesta de una solución al problema identificado. En este sentido, se abordarán posibles dificultades que podrían presentarse en futuras intervenciones de mantenimiento, particularmente aquellas relacionadas con el problema que ha sido descrito a lo largo de este trabajo.

Asimismo, se darán a conocer algunos criterios y consideraciones técnicas que deben tenerse presente para evitar fallas de carácter catastrófico en los principales componentes del sistema de propulsión de una embarcación pesquera, tales como el eje propulsor, la caja marina y la hélice. Con el propósito de orientar la solución planteada, el presente trabajo se enfocará en la aplicación de una metodología ampliamente utilizada en la gestión organizacional y técnica, conocida como Mejora Continua.

En este contexto surgen algunas preguntas fundamentales: ¿Qué se entiende por mejora continua? y ¿cómo puede implementarse esta metodología en el área de mantenimiento dentro del sector industrial naval pesquero? Estas interrogantes resultan necesarias para comprender los beneficios que puede aportar este enfoque en la solución de problemas técnicos y operacionales.

En términos generales, la mejora continua puede definirse como una herramienta o metodología orientada a la optimización permanente de los procesos, mediante la identificación de oportunidades de mejora y la implementación sistemática de acciones correctivas y preventivas. Esta metodología se basa en principios como el trabajo en equipo, la planificación estructurada, el análisis objetivo de los procesos y la aplicación del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar), el cual es considerado una

herramienta de gran utilidad para la implementación de planes de mejoramiento de la calidad en distintos niveles de una organización, tanto directivos como operativos.

El proceso de mejora continua se desarrolla de manera articulada y cíclica. En una primera etapa se planifican las acciones necesarias para mejorar un proceso determinado (Planificar). Posteriormente, estas acciones se implementan a pequeña escala o en una fase de prueba (Hacer), con el fin de evaluar su funcionamiento en condiciones controladas. En la tercera etapa se verifican los resultados obtenidos (Verificar), analizando si los efectos esperados se lograron y en qué magnitud. Finalmente, se procede a actuar en función de los resultados obtenidos (Actuar), consolidando las mejoras cuando estas han sido satisfactorias o bien ajustando el plan inicial cuando los resultados no cumplen con lo esperado.

De esta manera, el ciclo vuelve a iniciarse, permitiendo generar mejoras progresivas y sostenidas en los procesos, lo que contribuye a optimizar el desempeño operativo y reducir la probabilidad de fallas en futuras intervenciones de mantenimiento.

3.1.1. Ciclo Phva o Deming

La primera etapa corresponde a Planear, en la cual se determinan las metas y objetivos organizacionales, además de los mecanismos y estrategias necesarias para alcanzarlos. En esta fase se establecen los lineamientos que permitirán orientar las acciones hacia el cumplimiento de los resultados esperados, considerando tanto los recursos disponibles como las condiciones del entorno en el que se desarrollan las actividades.

La segunda etapa corresponde a Hacer, la cual implica llevar a la práctica lo planificado. En este punto resulta fundamental educar y capacitar a los trabajadores, entendiendo la educación como el proceso de potenciar las habilidades y capacidades de cada persona, apoyándose en sus fortalezas y reconociendo las oportunidades de mejora existentes. Asimismo, esta etapa considera la implementación de las acciones necesarias

para satisfacer tanto a los agentes externos de la organización, como a los agentes internos, particularmente en lo que respecta al desarrollo y funcionamiento de los procesos.

La tercera etapa corresponde a Verificar, fase en la cual la organización debe examinar de manera constante el cumplimiento de los objetivos establecidos, así como identificar aquellas actividades que aún se encuentran pendientes. En este sentido, esta etapa puede entenderse como el espacio de medición y evaluación de los resultados obtenidos. En caso de detectarse desviaciones o brechas respecto de lo planificado, se procede a replantear las acciones iniciales, con el fin de realizar los ajustes necesarios para mejorar el desempeño del proceso.

Finalmente, la cuarta etapa corresponde a Actuar, la cual conduce a la organización a implementar las acciones correctivas o de mejora que se hayan identificado durante la etapa de verificación. En esta fase se busca consolidar los cambios positivos obtenidos e institucionalizar las mejoras dentro de los procesos de trabajo, de modo que estas se mantengan en el tiempo y contribuyan al fortalecimiento continuo de la organización.

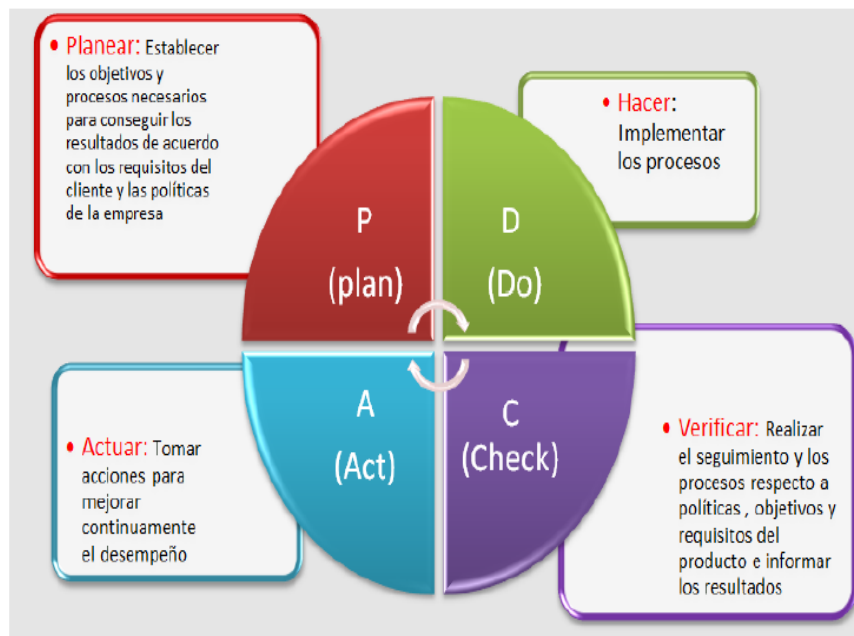


Figura 3-1. Ciclo de Deming: PDCA/PHVA

Fuente: <https://auditoria2017.wordpress.com/ciclo-de-demming/>

El ciclo PHVA, aplicado a la solución de problemas, se resume en una serie de etapas que permiten comprender de mejor manera lo expuesto al inicio de este capítulo. A través de este enfoque metodológico es posible, planificar, ejecutar, verificar y actuar, acciones orientadas a la mejora de los procesos, facilitando la identificación de oportunidades de optimización y la implementación de soluciones efectivas dentro de la organización.

Etapas del ciclo	Paso No.	Nombre del paso	Posibles técnicas por usar
Planear	1	Delimitar y analizar la magnitud del problema.	Pareto, hoja de verificación, histograma, carta de control.
	2	Buscar todas las posibles causas.	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa.
	3	Investigar cuál es la causa más importante.	Pareto, estratificación, diagrama de dispersión, diagrama de Ishikawa.
	4	Considerar las medidas remedio.	Por qué... necesidad. Qué... objetivo. Dónde... lugar. Cuánto... tiempo y costo. Cómo... plan.
Hacer	5	Poner en práctica las medidas remedio.	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos.	Histograma, Pareto, carta de control, hoja de verificación.
	7	Prevenir la recurrencia del mismo problema.	Estandarización, inspección, supervisión, hoja de verificación, cartas de control.
	8	Conclusión.	Revisar y documentar el procedimiento y planear el trabajo futuro.
Actuar			

Figura 3-2. Metodología de los 8 pasos para la solución de un problema, ciclo PHVA

Fuente: https://fdiazca.wordpress.com/wpcontent/uploads/2020/06/maria_ines_diaz_becerra_administracion_p.pdf

Como se puede observar en la etapa de Planear, se identifican cuatro pasos fundamentales que deben ser considerados, cada uno con su respectiva denominación y función dentro del proceso. Asimismo, se presenta la etapa de Hacer, la cual contempla un paso específico orientado a la ejecución de las acciones previamente planificadas. Cada una de estas etapas incorpora diversas técnicas que pueden ser utilizadas como apoyo para el desarrollo del proceso de mejora.

Por otra parte, dentro de este mismo esquema se incluye el diagrama de Ishikawa como una de las técnicas que pueden ser utilizadas o consideradas durante el proceso. La incorporación de esta herramienta permite comprender que el análisis de causa raíz constituye un método válido para la identificación y verificación de problemas, formando parte del conjunto de técnicas que pueden aplicarse dentro del enfoque de mejora continua.

Además, en este contexto se emplean diversas herramientas administrativas y técnicas orientadas al análisis y la solución de problemas, las cuales contribuyen al desarrollo del mejoramiento continuo de los procesos. Entre algunas de estas herramientas se pueden mencionar las siguientes:

- Detectar problemas
- Delimitar el área problema
- Estimar factores que probablemente provoquen el problema
- Determinar si el efecto tomado como problema es cierto o no
- Prevenir errores debido a omisión, rapidez o descuido
- Confirmar los efectos del mejoramiento
- Detectar los desfases.

En este contexto se identifican siete técnicas administrativas, todas orientadas a contribuir en la solución de uno o más problemas dentro de una organización. Cada una de estas herramientas posee una función específica dentro del proceso de análisis, permitiendo comprender de mejor manera las causas de una situación determinada y facilitar la toma de decisiones orientadas al mejoramiento de los procesos.

Después de todo lo descrito anteriormente, surge una interrogante relevante: ¿cómo se puede aplicar esta metodología al área pesquero-naval?. A partir de esta pregunta también aparecen otras reflexiones importantes, tales como: ¿sería esta estrategia de ayuda en nuestro caso? y ¿la filosofía de la mejora continua cumpliría con los requisitos básicos para enfrentar el problema analizado en este trabajo?.

A través del diseño y análisis que se presentará a continuación, será posible comprender la importancia de implementar un plan de mejora dentro del área de

mantenimiento y gestión. Cabe señalar que la mejora continua es solo una de las múltiples herramientas que pueden aplicarse en el ámbito del mantenimiento industrial, sin embargo, su valor radica en que permite abordar los problemas desde una perspectiva más amplia y estratégica.

En muchas ocasiones, dentro del área de mantenimiento, el enfoque suele centrarse únicamente en los distintos tipos de mantenimiento tradicionalmente conocidos. No obstante, resulta fundamental incorporar también estrategias de gestión que permitan analizar los procesos de manera integral, con el fin de identificar oportunidades de mejora y prevenir la repetición de fallas en el futuro. Adoptar un enfoque estratégico permite tener una visión más completa de los problemas, facilitando la identificación de sus causas y el desarrollo de soluciones más efectivas.

Este enfoque también permite reconocer aquellos aspectos del proceso en los que puede existir una falta de atención o control, generando así oportunidades para mejorar la gestión del mantenimiento. A continuación, se presentará un ejemplo de cómo aplicar el enfoque de mejora continua al problema analizado en este trabajo, demostrando cómo esta metodología permite abordar diferentes puntos de inspección dentro del sistema.

El sistema de propulsión de una embarcación pesquera está compuesto, de atrás hacia adelante, por la hélice, el eje propulsor y la caja marina, elementos que trabajan de manera conjunta para transmitir la potencia generada por el motor hacia el movimiento de la embarcación. Este sistema se encuentra sometido a condiciones operativas exigentes, debido a las características propias de la actividad pesquera.

Entre los factores que influyen en el desgaste y funcionamiento de estos componentes se encuentran las maniobras constantes de la embarcación, impactos con objetos sumergidos, presencia de redes de pesca, troncos, sedimentos y variaciones abruptas de carga durante la operación. Estas condiciones generan esfuerzos significativos en el sistema de propulsión, lo que obliga a que las embarcaciones estén diseñadas para soportar este tipo de exigencias.

En este contexto, la aplicación de la mejora continua en el área de mantenimiento permite identificar con mayor precisión estos factores de riesgo, prestando especial atención a los puntos críticos del sistema. De esta manera, se facilita la detección

temprana de posibles fallas, contribuyendo a mejorar la confiabilidad del sistema de propulsión y a optimizar las intervenciones de mantenimiento en futuras operaciones.

3.1.2. Problemas Habituales Detectados

- Hélice
 - Golpes con objetos sumergidos
 - Desalineamiento por impactos
 - Vibraciones inducidas al Eje y Caja Marina
- Sistema de Ejes
 - Desalineación entre el Motor, Caja Marina y Bocina
 - Holguras en acoples
 - Vibraciones por hélice dañada o Eje doblado
- Caja Marina
 - Desgaste prematuro en engranajes
 - Sobrecalentamiento por una deficiente lubricación
 - Fugas de aceite
 - Vibraciones excesivas, transmitidas desde la hélice

Después de realizar este desglose de los posibles problemas a considerar dentro de nuestro análisis, se puede identificar que uno de los más frecuentes es la vibración. Este fenómeno se presenta principalmente en el sistema de ejes y en la Caja Marina, componentes que forman parte fundamental del sistema de propulsión de la embarcación.

La presencia de vibraciones en estos elementos puede estar asociada a diversos factores operacionales o mecánicos, tales como desalineaciones, desgaste de componentes, fallas en rodamientos o irregularidades en los engranajes. Debido a esto, la vibración se convierte en un indicador importante para la detección temprana de fallas, permitiendo orientar de mejor manera los procesos de inspección y mantenimiento preventivo.

3.1.2. Análisis de Inspección

Este análisis está diseñado, considerando los componentes principales del sistema de propulsión, los cuales corresponden a la hélice, el eje propulsor y la Caja Marina. Estos elementos cumplen un papel fundamental dentro del funcionamiento de la embarcación, ya que trabajan de manera conjunta para transmitir la potencia generada por el motor hacia el movimiento de la nave.

Debido a su importancia dentro del sistema, el estudio y la evaluación de estos componentes permiten identificar posibles fallas, desgastes o condiciones anormales de operación, facilitando la aplicación de medidas de mantenimiento adecuadas y contribuyendo a mejorar la confiabilidad y el desempeño del sistema de propulsión.

- **Inspección de Hélice**

- Revisión visual
- Palas, deformaciones y grietas
- Medición del paso
- Comparar con especificaciones según manual del fabricante
- Prueba de Cavitación
- Comprobar marcas por erosión

- **Inspección del Eje Propulsor**

- Medición de Flechas

- Comprobar es estado del Eje, posiblemente se encuentre doblado por esfuerzos
- Ultrasonido o Partículas Magnéticas
- Medición de Alineación Laser según sea la importancia
- **Inspección de la Caja Marina**
 - Análisis de aceite, para encontrar posible material particulado, agua o viscosidad no adecuada por contaminación.
 - Revisión de presión o temperatura de operación, está enfocado para el sistema hidráulico o neumático según sea el caso de la Caja Marina, o sistema de control.
 - Control de backlash en engranajes, referente a la holgura o juego de los componentes mecánicos
 - Verificación del estado de retenes y bomba de aceite
 - Medición de vibraciones internas

El plan de mantenimiento que se mostrará a continuación está basado en la metodología de Mejora Continua, aplicada como un método preventivo de gestión del mantenimiento. Este enfoque permite estructurar las actividades mediante el ciclo Planificar, Hacer, Verificar y Actuar (PHVA), facilitando una organización sistemática de los procesos de inspección, control y mejora dentro del sistema.

Además, este plan considera la incorporación de indicadores clave de desempeño, los cuales permitirán evaluar el estado de los componentes y el desarrollo de las actividades de mantenimiento. Dichos indicadores se presentan junto con sus respectivas unidades de medida, con el objetivo de facilitar su seguimiento, análisis y toma de decisiones dentro del proceso de gestión del mantenimiento.

- **Plan:** Corresponde a Planificar
 - Elaborar Plan Preventivo trimestral o anual
 - Establecer indicaciones: vibración, temperatura, desgaste, horas de uso
 - Definir los límites máximos de operación

- **Do:** Corresponde al castellano al Hacer
Ejecutar inspecciones programadas de hélice, Eje y Caja Marina
Cambios de aceite según horas de uso para el Motor + Caja Marina, esto también lo estipula el manual de servicio de cada elemento.
Rectificación de hélice y balanceo, no es algo habitual que se lleve a cabo estos trabajos, al menos que sea un mantenimiento correctivo, en dique seco.
- **Check:** Corresponde al castellano al Verificar
Comparar mediciones nuevas con las anteriores o históricas
Analizar tendencias de vibraciones.
Revisar reportes de tripulación, esta tarea estaría a cargo del Eje de Maquina de la embarcación, donde se revisarían los niveles de ruidos, análisis de vibraciones o golpes.
- **Act:** Corresponde al castellano al Actuar.
Ajustar Plan preventivo según resultados.
Implementar acciones para reducir fallas repetitivas.
Actualizar procedimiento de inspección.

También se mencionan algunos indicadores claves a considerar:

- Índice de Vibraciones en mm/s o rms.
- Temperatura de Operación de Caja Marina en grados Celsius °C.
- Desgaste de Chumaceras en mm.
- Horas de fallas, MTBF (Tiempo Medio entre fallos).
- Tiempo promedio de reparación, MTTR (Tiempo medio de reparación).
- Partículas de desgastes detectadas en aceite.

A continuación, se mencionarán los beneficios de la aplicación de la mejora continua en el sistema de propulsión, de acuerdo con los análisis realizados a lo largo de este estudio. Estos beneficios permiten comprender la importancia de implementar esta

metodología dentro de los procesos de mantenimiento, ya que contribuye a optimizar el funcionamiento de los componentes, mejorar la detección de fallas y fortalecer la gestión del mantenimiento en el sistema de propulsión de la embarcación.

- La reducción de fallas por golpes de hélice
- Menores vibraciones transmitidas a Caja Marina
- Aumento de vida útil del Eje y Engranajes
- Menor consumo de combustible, por mejor alineación
- Aumento de disponibilidad de la embarcación pesquera
- Menos emergencias operativas en faenas.

Lo mencionado anteriormente corresponde a un ejemplo de cómo las herramientas y metodologías descritas pueden contribuir a mejorar la identificación de riesgos dentro del sistema de propulsión. Su aplicación permite detectar con mayor precisión los puntos críticos del sistema y fortalecer los procesos de mantenimiento, lo que favorece la prevención de fallas y la optimización del funcionamiento de los componentes.

Cabe destacar que este enfoque no solo resulta útil para una embarcación en particular, sino que también puede aplicarse a toda la flota perteneciente a la empresa, permitiendo estandarizar criterios de análisis, inspección y mantenimiento en cada una de las naves.

En términos generales, nuestro análisis se enfoca en cinco puntos principales, los cuales serán presentados a continuación en la siguiente imagen, con el objetivo de visualizar de manera más clara los aspectos considerados dentro de este estudio.

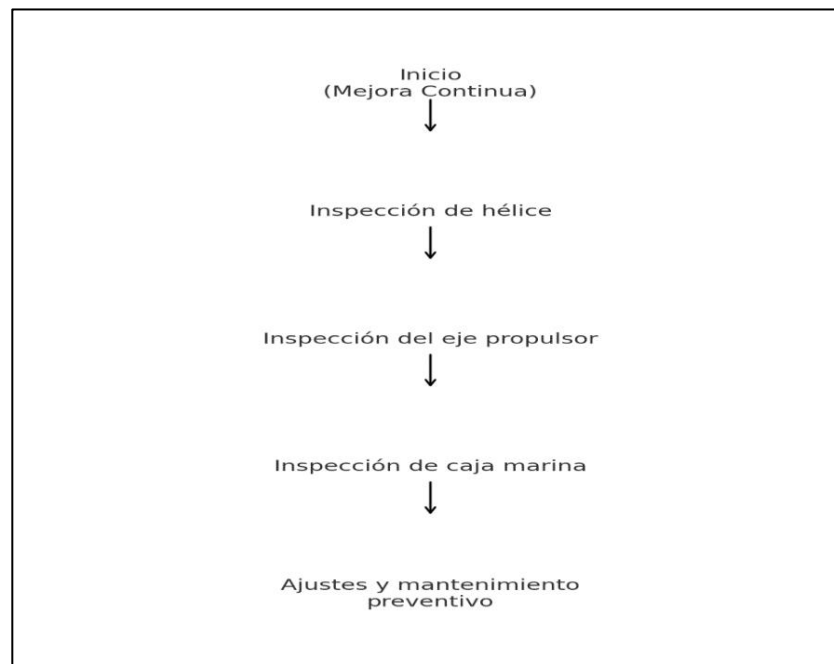


Figura 3-3. Cinco puntos en los que se enfoca el análisis del Proceso de la Mejora continua

Fuente: Imagen de autoridad propia, realizada en PDF

A través de todo lo analizado en este capítulo, se puede comprender que la implementación de un sistema de Mejora Continua, enfocado en el mantenimiento del sistema de propulsión, con especial énfasis en la hélice, el eje propulsor y la Caja Marina, permite proponer un modelo de trabajo que contribuya a que las embarcaciones pesqueras operen con mayores niveles de seguridad y mejor rendimiento operativo.

Asimismo, incorporar un estudio enfocado en la confiabilidad del sistema puede resultar de gran ayuda para analizar los tiempos de reparación, la frecuencia de fallos y el comportamiento de los componentes a lo largo del tiempo, permitiendo tomar decisiones más acertadas en los procesos de mantenimiento.

La clave para que este Plan de Mejora Continua pueda implementarse de manera efectiva radica en la realización de inspecciones sistemáticas y periódicas, las cuales permiten detectar oportunamente posibles anomalías. De esta forma, es posible prevenir fallas inducidas o prematuras, que muchas veces se originan por golpes, vibraciones o condiciones operativas exigentes propias de la actividad pesquera.

Además, al ajustar constantemente los métodos de mantenimiento, se favorece un proceso de aprendizaje y perfeccionamiento continuo, lo que permite mejorar progresivamente los criterios de evaluación, diagnóstico e intervención sobre los componentes del sistema de propulsión. De esta manera, la mejora continua se transforma en una herramienta clave para optimizar la gestión del mantenimiento y aumentar la confiabilidad operativa de las embarcaciones, generando historiales confiables, regularidad de chequeos los que nos permiten poder anticiparnos a fallas mayores, lo que nos puede ocasionar una indisponibilidad de los equipos críticos.

CAPÍTULO IV: ANÁLISIS ECONÓMICO

4. ANÁLISIS ECONÓMICO

4.1. ANTECEDENTES

El presente capítulo tiene como propósito desarrollar una evaluación económica enfocada en un mantenimiento correctivo, el cual se le efectuó a una caja marina de marca Reintjes, en el cual se considerarán los costos reales y valores referenciales expresados en pesos chilenos (CLP).

El propósito de esta evaluación económica, es incorporar en ella, todo lo que conlleva en costos asociados, como la mano de obra, relacionada a los Técnicos Mecánicos especialistas, la adquisición y reemplazo de repuestos críticos, así como los costos asociados a la logística, transporte aéreo y hospedaje. Así mismo, se incluyen los gastos indirectos necesarios para la correcta ejecución de la intervención.

La información presentada nos permite cuantificar de una manera estructurada el impacto económico de un mantenimiento correctivo.

4.1.1. Mano de obra especializada

El mantenimiento correctivo fue ejecutado por tres Técnicos Mecánicos especialistas en sistemas de propulsión marina, quienes cuentan con la experiencia y competencias necesarias para intervenir equipos críticos.

Cada Técnico percibe un ingreso mensual líquido¹ de \$950.00 mil pesos, valor utilizado como base para el cálculo del costo de la mano de obra. Considerando una jornada laboral de 45 horas semanales.

¹ Información obtenida de la experiencia real de los técnicos mecánicos con más de 5 años laborales en el rubro mecánico naval, que participaron en la trabajo descrito.

Cálculo establecido para determinar el valor por hora normal

Sueldo liquido mensual	\$950.000
Horas mensuales en base a 45 horas semanales ²	180
Valor líquido por día	$\$950.000 / 30 \text{ días} = \$31.667$
Valor líquido por hora normal	$\$31.667 / 9 \text{ horas} = \$3.518$

Cálculo establecido para determinar el valor por hora extraordinaria

Sueldo liquido mensual	\$950.000
Horas mensuales en base a 45 horas semanales	180
Valor liquido por hora extraordinaria ³	$(\$950.000 / 30 \text{ días}) * 28 =$ $\$886.667 / 180 = \$4.926 * 1,5 = \$7.389$

Para la primera estadía en terreno, se contempló una semana completa de labores de trabajo (lunes a domingo), correspondiente a siete días de trabajo, con una carga diaria que por lo general superaba las 9 horas por Técnico. Aunque para la estimación solo se consideró en horas trabajadas las 9 correspondientes, permitiéndonos representar de forma detallada y realista el costo asociado a la participación del personal especializado en la intervención analizada.

Con todo lo mencionado anteriormente, se consideró lo siguiente, una jornada diaria de 9 horas, equivalentes a 54 horas semanales normales (lunes a sábado), además

² Con fecha 26 de abril de 2024 entra en vigencia la Ley 21.561 que modifica el Código del Trabajo Decreto con Fuerza de Ley n°1 del 16/01/2003, estableciendo 40 horas semanales de jornada ordinaria. Sin embargo, considerando que los trabajos descritos se realizaron en el año 2021; se utiliza la versión del Código de Trabajo vigente a ese año, la que consideraba en su artículo 22, 45 horas semanales como duración de la jornada ordinaria.

³ Artículo 32 del Código del Trabajo Decreto con Fuerza de Ley n°1 del 16/01/2003

de 9 horas extras (domingo) por Técnico, el total de horas trabajadas durante la primera estadía corresponde a 162 horas normales más 27 horas extras, calculadas en base a la participación de los tres Técnicos mecánicos especialistas.

Con lo mencionado anteriormente se estimó que el costo por mano de obra especializada equivalente a los 3 Técnicos, por horas normales es de \$569.916 pesos y por horas extraordinarias es de \$199.503 pesos. Llegando a un total de \$769.419 pesos.

Días trabajados	7 días corrido - Lunes a domingo
Días/hora normal	Lunes a sábado - 54 horas
Días/hora extraordinaria	Domingo - 9 horas
Valor horas normales	\$3.518 * 54 horas= \$189.972
Valor horas extraordinarias	\$7.389 * 9 horas= \$66.501
Costo total por trabajador	\$256.473
Costo total por 3 trabajadores	\$769.419

A través de lo descrito anteriormente se puede evidenciar que el trabajo continuo de lunes a domingo genera un incremento significativo en la remuneración semanal, producto de la aplicación de horas extraordinarias y del recargo obligatorio por el trabajo en día domingo. Este aumento refleja el impacto económico directo que tiene la extensión de la jornada laboral en actividades técnicas especializadas.

4.1.2. Repuestos y componentes

Para efectuar un mantenimiento correctivo a la caja marina de la marca Reintjes, se consideró la adquisición de repuestos industriales. Los valores económicos⁴ fueron obtenidos a partir de referencias de proveedores industriales y del rubro marítimo,

⁴ Valores considerados fueron obtenidos de los precios IVA incluido-publicados por los distribuidores de marca SKF en los portales web cl.rsdelivers.com, rodamientossalazar.com y rodahit.cl.

permitiendo establecer una estimación lo más cercana a la realidad en los costos involucrados. Entre los componentes principales se incluyó el reemplazo de rodamientos industriales, con un valor unitario estimado de \$ 4.158.549 pesos, como costo total. Asimismo, se contempló un kit de sellos, retenes, valorizados en \$ 397.990 pesos, el suministro de aceite lubricante marino especializado, con un costo aproximado de \$ 800.000 pesos.

Tabla de componentes

Nombre	Sigla	Cantidad
O ring	K128	1
Rectangular ring	k7, k18	2
Anti Friction	E122,E123,E124,E125,P20,P21,P22	7
Shaft Sealing ring	E11	1
Out Shaft (Rectificación)	P1	1
Piñón	R1	1
Aceite Ravenol		65 lts

La tabla describe con nombre algunos de los componentes que se cambiaron, en la ejecución del mantenimiento de la caja marina, datos obtenidos del Plano técnico página número 2-18 manual instrucciones de servicio, caja marina marca Reintjes.

Considerando lo anterior, el valor correspondiente a repuestos y componentes asciende a \$ 5.356.539 pesos.

4.1.3. Costos de transporte y Hospedaje

Debido a que la intervención del mantenimiento correctivo se llevó a cabo en la ciudad de Iquique, fue necesario considerar los costos asociados al traslado y alojamiento del personal Técnico especializado.

Para el transporte aéreo ⁵se contempló pasajes en la ruta, Concepción – Iquique – Concepción, con un valor referencial de \$120.00 pesos, por Técnico, lo que representa un costo total aproximado de \$360.000 pesos, considerando los tres Técnicos especialistas.

En cuanto al alojamiento, se consideró la estadía en el Hotel Diego de Almagro, el cual cuenta con una sucursal en la ciudad de Iquique; el valor estimado del Hospedaje⁶ \$ 80.000 pesos, por noche, por habitación, durante 6 noches, de este modo el costo aproximado total asociado al Hospedaje asciende a un monto correspondiente a \$1.440.000 de pesos, lo que constituye un gasto relevante dentro del presupuesto total de la intervención.

Tabla de gastos

Valor hospedaje por trabajador (6 noches)	\$480.000
Valor pasaje aéreo por trabajador	\$120.000
Costo total hospedaje y pasaje por trabajador	\$600.000
Costo total hospedaje y pasaje en base a 3 trabajadores	\$1.800.000

4.1.4. Conclusión General Análisis económico

El Mantenimiento correctivo que se tuvo que efectuar, a la Caja Marina, de la marca Reintjes, se consideran los distintos costos directos e indirectos asociados a la intervención.

El gasto de la mano de obra especializada que corresponde a un monto estimado de \$769.419 pesos, mientras que lo relacionado a los repuestos, representan un costo de \$5.356.539 pesos, a estos valores se debe sumar el transporte aéreo del personal técnico, por un monto de \$360.000 pesos y el hospedaje cuyo valor alcanza un monto de \$1.440.000 pesos.

⁵ Información obtenida en base a vuelos operados por Aerolínea Sky.

⁶ Valor incluye IVA.

De este modo, considerando los montos señalados anteriormente, el total general relacionado a los costos asciende a \$7.925.958 pesos.

Desembolsos Totales

Mano de obra	+	\$769.419 pesos
Costo Repuestos	+	\$5.356.539 pesos
Transporte aéreo del personal	+	\$360.000 pesos
Hospedaje	+	\$1.440.000 pesos
Valor Costo Total:	=	\$7.925.958 pesos

Lo desarrollado anteriormente evidencia que el mayor impacto dentro del costo total del mantenimiento correctivo, corresponde a la adquisición de repuestos críticos de la caja marina, lo cual resulta coherente con la naturaleza de este tipo de intervención.

En los mantenimientos correctivos, el reemplazo de componentes dañados o fuera de tolerancia, representa la mayor proporción del presupuesto total.

Asimismo, los costos logísticos y de traslado, tanto de los componentes por envió aéreo, como del personal Técnico, adquieren una relevancia significativa, debido a la distancia geográfica existente entre el lugar de origen del equipo de trabajo y la zona de ejecución de la intervención.

Estos factores incrementan los gastos asociados a transporte, alojamiento y apoyo logístico. En conjunto, los resultados obtenidos reflejan la importancia de una adecuada planificación económica en intervenciones correctivas de sistemas de propulsión marina.

Lo que nos permite cuantificar de manera realista y estructurada dentro de lo que se determinó como gastos asociados a lo que implica realizar un trabajo de mantenimiento en otra región de Chile. Este registro de costos asociados considera tanto los costos directos como indirectos, involucrados en la intervención, lo que nos otorga una visión integral del impacto económico del proceso.

También podemos dar por entendido que los resultados obtenidos constituyen un respaldo Técnico y económico, para el desarrollo de presente trabajo de título.

En consideración a lo anterior, se pone de manifiesto la relevancia de una adecuada planificación enfocada al Mantenimiento, así como de una gestión eficiente de los recursos humanos, materiales y logísticos.

Lo que nos permite reforzar la importancia del mantenimiento como una herramienta clave para la continuidad operativa de los sistemas de propulsión marina.

Las tablas de gastos presentadas consideran únicamente los costos generados por la empresa representante de la marca durante la intervención. En este sentido, se contempla una duración estimada de una semana correspondiente a la primera etapa del proceso. La segunda etapa no ha sido incluida, debido a que fue ejecutada por un solo técnico y no se dispone de información precisa respecto al tiempo total de servicio prestado.

Asimismo, existen diversos costos adicionales que no han sido considerados en las tablas. Entre ellos se encuentran la contratación de un buzo marino certificado, el arrendamiento de una grúa de izaje, las pérdidas económicas y productivas derivadas de mantener la embarcación en puerto sin operar. A lo anterior se suman los gastos de combustible asociados al traslado de técnicos dentro de la ciudad de Iquique, así como el transporte de componentes mecánicos desde Concepción hasta dicha ciudad, por nombrar algunos.

Cabe señalar que todos estos costos adicionales fueron asumidos directamente por la empresa mandante, propietaria de las embarcaciones.

De igual manera, es posible realizar una estimación de costos asociada a servicios complementarios necesarios para la intervención.

Entre estos, se considera el arrendamiento de una grúa de izaje, fundamental para la manipulación y montaje de componentes de gran tamaño.

La contratación de un buzo marino certificado, requerido para ejecutar labores específicas en el área sumergida de la embarcación.

Ambos servicios resultan clave para el desarrollo seguro y eficiente de las actividades.

Desembolsos estimados asumidos por empresa pesquera

Buzo marino certificado	+	\$18.500 x 4 horas	=	\$74.000
Grúa de izaje	+	\$40.000 x 4 horas	=	\$160.000
Valor Total Aproximado:	=		=	\$234.000

Los valores presentados en la tabla, corresponden a una estimación referencial de los costos asociados al arrendamiento de la grúa de izaje y a la contratación de un buzo marino certificado, durante el periodo de extracción, no se consideran los montos por periodo de ensamblaje de caja marina, tampoco la ejecución de acople de la hélice al eje de salida. Estos montos son aproximados y pueden variar según las condiciones del servicio, la disponibilidad de los recursos y las tarifas vigentes al momento de la ejecución de los trabajos.

CONCLUSIÓN

El desarrollo del presente trabajo de título permitió analizar de manera integral los efectos mecánicos que se generan sobre la Caja Marina y, en general, sobre el sistema de propulsión de una embarcación.

A partir del estudio teórico y del análisis práctico del caso real de la embarcación *Albimer*, fue posible evidenciar que este tipo de eventos, muchas veces subestimados en la operación diaria, pueden desencadenar fallas graves, progresivas y de alto impacto económico si no son detectados y abordados oportunamente.

Se comprobó que la Caja Marina cumple un rol estratégico dentro del sistema propulsor, ya que no solo transmite la potencia del motor hacia la hélice, también regula el sentido de giro, reduce las revoluciones y absorbe parte de las cargas que varían con el tiempo, magnitud y/o dirección generadas durante la navegación.

Cuando ocurre vibraciones considerables en el sistema de propulsión, estas se transmiten directamente a través de la línea de Eje, hacia la Caja Marina, o al revés, provocando esfuerzos anormales en engranajes, cojinetes, embragues y sistemas de lubricación. Estos esfuerzos pueden generar desgaste acelerado, contaminación del aceite, aumento de vibraciones y, en casos más severos, fallas catastróficas que comprometen la seguridad operativa de la embarcación.

Este caso nos permitió identificar que una mantención deficiente, sumada a ajustes incorrectos y a la falta de información técnica complementaria, siendo un factor determinante en la repetición de fallas en la Caja Marina. La ausencia de personal especializado contribuyó a que los problemas no fueran resueltos de raíz, prolongando los tiempos de detención del barco y generando pérdidas económicas significativas para la empresa. Esta situación deja en evidencia la importancia de respetar los protocolos del fabricante, así como de contar con la planificación adecuada y comunicación técnica efectiva entre todas las partes involucradas.

Asimismo, se concluye que el alineamiento correcto de la línea de ejes, el control permanente del estado del aceite y el monitoreo de vibraciones son herramientas fundamentales para prevenir daños derivados de golpes internos o externos. Estas prácticas permiten detectar anomalías en etapas tempranas, reduciendo el riesgo de fallas

mayores y extendiendo la vida útil de los componentes del sistema de propulsión. La aplicación de mantenimiento preventivo y predictivo resulta clave para asegurar la confiabilidad del equipo y la continuidad operacional de la embarcación.

Finalmente, este trabajo demuestra que la Caja Marina no debe ser considerada únicamente como un conjunto de engranajes, sino como un sistema crítico para la seguridad, eficiencia y disponibilidad operativa de una embarcación. Invertir en mantención adecuada, personal calificado y el respeto por las recomendaciones técnicas no solo reduce costos a largo plazo, sino que también protege la integridad de la tripulación y garantiza una operación marítima segura y sustentable.

REFERENCIAS

Datos Técnicos

- Reintjes, Manual Reductor-Inversor marino, serie WAF 540-1590.

Mano de Obra especializada

- <https://www.mintrab.gob.cl/40horas/> Sitio Web, donde se obtuvo la información respecto a las 40 horas de trabajo y cuando empezó a regir.
- <https://www.dt.gob.cl/portal/1628/w3-article-95182.html> Sitio Web, donde se obtuvo la información relacionada al cálculo de las horas de trabajo.

Repuestos y componentes

- <https://cl.rsdelivers.com> Sitio Web, donde se obtuvo la información relacionada a la adquisición de componentes mecánicos.
- <https://www.rodamientosalcazar.com> Sitio Web, donde se obtuvo la información relacionada a la adquisición de componentes mecánicos.
- <https://www.rodahit.cl> Sitio Web, donde se obtuvo la información relacionada a la adquisición de componentes mecánicos.

Costo Transporte y Hospedaje

- <https://www.espanol.skyscanner.com> Sitio Web, Vuelos Concepción – Iquique.
- <https://www.diegodealmagro.cl> Sitio Web, Hotel Diego de Almagro. Tarifas Hotel – Ciudad de Iquique.
- <https://www.sii.cl> Sitio Web, información respecto al Impuesto al valor agregado (IVA).