



UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

MECÁNICA ELÉCTRICA

Mejora del plan de mantenimiento centrado en la
confiabilidad (RCM) en los equipos de pesca para una
empresa industrial

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Mecánico Electricista

AUTOR:

Trelles Neyra, Luis Fernando (orcid.org/0009-0001-6687-0119)

ASESORA:

Mg. Ing. Sovero Lazo, Nelly Roxana (orcid.org/0000-0001-5688-2258)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Apoyo a la reducción de brechas y carencias en la
educación en todos sus niveles

TRUJILLO – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis y de forma muy especial a mi querida familia, por brindarme su apoyo constante y necesario para poder avanzar y seguir creciendo de manera profesional. A mi asesora Mg Nelly Sovero gracias por su aliento y ejemplo para poder seguir logrando mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios por todos los dones que me ha dado a la largo éste viaje. A mis padres por su empuje en todo este proceso. A la Universidad Cesar Vallejo por la oportunidad y a mi asesora. Pues su aporte en conocimientos y guía para la elaboración de esta tesis fueron claves para la culminación exitosa de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	21
3.1. Tipo y diseño de investigación	21
3.2. Variables y operacionalización	21
3.3. Población, muestra y muestreo	22
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5. Procedimiento	24
IV. RESULTADOS	26
V. DISCUSIÓN	40
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS.....	46
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Equipos que conforman la muestra de investigación	23
Tabla 2: Equipos sujetos a evaluación inicial.....	26
Tabla 3: Fallas que se presentan en equipos de pesca.....	27
Tabla 4: Disponibilidad Operacional Generalizada	27
Tabla 5: Grado de criticidad y evaluación del riesgo.....	28
Tabla 6: Hoja de información RCM de los equipos de pesca.....	30
Tabla 7: Análisis del N.P.R.....	31
Tabla 8: Gamas de mantenimiento.....	31
Tabla 9: Escalas de mantenimiento.....	32
Tabla 10: Cronograma de Mantenimiento centrado en Confiabilidad RCM.....	33
Tabla 11: Durabilidad de equipos con o sin RCM.....	35
Tabla 12: Determinación de nuevos indicadores de mantenimiento	36
Tabla 13: Costo de mano de obra por fallas con mantenimiento correctivo sin RCM.....	37
Tabla 14: Costo de repuestos por fallas con mantenimiento correctivo sin RCM.....	38
Tabla 15: Costo y pérdidas con mantenimiento correctivo sin RCM	38
Tabla 16: Costo de mantenimiento propuesto de RCM.	39
Tabla 17: Costo de mantenimiento actual de RCM.....	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Matriz de criticidad	20
Figura 2: Análisis de criticidad de equipos	29
Figura 3. Actividades de propuesta RCM.	34
Figura 4: Indicadores de Mantenimiento: Antes del Plan RCM	36
Figura 5: Indicadores de Mantenimiento: Después del Plan RCM.....	37
Figura 6: WINCHE DE PESCA MODELO ITALMECAN IT-25 (antes de su mantenimiento).	61
Figura 7: WINCHE DE PESCA MODELO ITALMECAN IT-25 (después de su mantenimiento).	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo mejorar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM en equipos de pesca de una empresa industrial en el año 2022, a partir la evaluación del estado actual de los equipos de pesca de una embarcación de una empresa pesquera, la utilización de herramientas RCM para determinar las fallas de los equipos, elaboración de un plan de mantenimiento acorde con las mejoras en el sistema y determinación del costo beneficio del mantenimiento. Esta investigación se ha considerado de tipo aplicada, nivel descriptivo propositivo, y con un diseño pre experimental; la técnica aplicada es la observación y la revisión documental, teniendo como instrumento el formato de registro en donde se ha recopilado información relacionada con el funcionamiento de los equipos, número de fallas, tiempo de operación, entre otros datos, se utilizaron las herramientas de RCM como el análisis de modos y efectos de fallas AMEF y análisis de riesgos. Se ha obtenido como resultados la determinación de tres activos críticos como el motor de embarcación, winche de pesca, y motor compresor, que representa el 42% de activos, y cuatro con un nivel de criticidad medio 28% y bajo 30%; el plan de mantenimiento basado en 4 escalas para aplicar a los equipos de pesca, como comprobaciones diarias, cada 1,000, 6,000 y 12,000 horas de funcionamiento, determinando la extensión de la vida útil de los equipos en 5 años o más; el análisis de costo beneficio del mantenimiento RCM ha demostrado la generación de un ahorro en seis meses de operación con ese método; es decir de un gasto por mantenimiento correctivo de equipos y disminución de la producción hasta por S/.248,686, frente a un total de S/.51,230 que insume la operación del mantenimiento centrado en confiabilidad, generando el ahorro de S/.197,456 a favor de la empresa pesquera.

Palabras clave: Plan de mantenimiento, confiabilidad, equipos de pesca, durabilidad, vida útil.

ABSTRACT

The present investigation has as objective the design of maintenance focused on RCM reliability in fishing equipment of an industrial company in the year 2022, based on the diagnosis of the state of situation of the fishing equipment of a vessel of a fishing company, the use of RCM tools to determine equipment failures, prepare the maintenance plan and determine the cost benefit of maintenance; This research is of an applied type, propositional descriptive level, and pre-experimental design; The applied technique is the observation and documentary review, having as an instrument the registration format where information related to the operation of the equipment, number of failures, operation time, among other data, has been collected, the RCM tools were used. such as FMEA failure modes and effects analysis and risk analysis. The determination of three critical assets such as the boat motor, fishing winch, and compressor motor, which represents 42% of assets, and four with a medium level of criticality of 28% and low of 30%, have been obtained as results; the maintenance plan based on 4 scales to apply to fishing equipment, such as daily checks, every 1,000, 6,000 and 12,000 hours of operation, determining the extension of the useful life of the equipment in 5 years or more; the cost-benefit analysis of RCM maintenance has shown the generation of savings in six months of operation with this method; that is to say, of an expense for corrective maintenance of equipment and a decrease in production of up to S/.248,686, compared to a total of S/.51,230 that the operation of maintenance focused on reliability consumes, generates savings of S/.197,456 to favor of the fishing company.

Keywords: Maintenance plan, Reliability, Fishing equipment, Durability, Useful life.

I. INTRODUCCIÓN

La acción de mantenimiento se ha definido como el conjunto de procedimientos que permiten tener el control o la prevención de las causas del deterioro de los activos tales como máquinas, equipos o cualquier otro bien susceptible de ser afectado por el tiempo y/o uso del mismo; que muchas veces son las que generan los fallos o problemas de operación, el mantenimiento puede ser de tipo preventivo, así como el correctivo; según Karevan y Vasili (2018) el mantenimiento ha tenido siempre por finalidad, conseguir el mínimo de fallas y el buen funcionamiento de los activos al menor costo posible. Es entonces que, la elección de acciones de mantenimiento siempre se ha considerado que deben ser las más adecuadas, teniendo en cuenta las características de los activos y su forma de trabajo. Por tanto, esta decisión se ha constituido crucial para las industrias, pues directamente han estado siempre en relación directa con la productividad. (Santa Cruz, 2019).

A nivel global, el avance tecnológico, sobre todo en el sector industrial ha venido generando mayor competencia; pues para ser competitivas las empresas deben ser eficientes en desarrollar y ofrecer productos de calidad para sus clientes; en dicho contexto las máquinas y equipos han desempeñado un papel fundamental al ser uno de los factores claves de la producción. Esto implica que las empresas industriales tienen que alcanzar el buen funcionamiento de la maquinaria, que esté en buen estado, para que se puedan cumplir con eficacia el proceso productivo y evitar pérdidas en materias primas, o sobre costos de los servicios de energía eléctrica, y otros. Las empresas entonces, deben planificar las actividades de mantenimiento, con el propósito de optimizar al máximo los recursos disponibles.

Por otro lado, es necesario señalar que el Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o Reliability Centered Maintenance (RCM), en los últimos años ha ido adquiriendo cada vez mayor importancia; no obstante, ello en la industria por procesos aun no consiguieron la buena utilización de forma masiva o con la aplicación de nuevas metodologías de confiabilidad. Esta baja adopción del RCM en este tipo de industrias, se presume que tuvo su origen en la dificultad que

significa implementarla y la mayor participación del personal de mantenimiento de la empresa, por encima de lo normal,

En el Perú, tradicionalmente se ha presentado como problema, la baja utilización del mantenimiento preventivo, de un plan y programa de mantenimiento formal, lo que siempre ha ocasionado deficiencias en la producción de bienes, generando pérdidas y baja calidad de los productos, afectando así la eficiencia y eficacia del proceso productivo (García, 2015). Así también, es una realidad que se han incrementado el número de empresas con gran dotación de activos, por lo que se considera necesario que éstas deben mejorar su organización e implementar un sistema de mantenimiento basado en confiabilidad (Geldres, 2018).

El RCM, se ha considerado como uno de los métodos de gestión para mantenimiento de activos más importantes que pueden aplicarse, no obstante, la existencia de críticas, esta metodología de mantenimiento es muy eficaz. La ventaja de este tipo de mantenimiento ha constituido apreciar que es posible su aplicación de manera rápida y eficiente cuando se pone en práctica debidamente; pues como primer logro, se obtiene un mayor tiempo entre fallas, mejorando con esto los procesos productivos en las empresas; además es posible adaptarlo a todo activo que lo necesite.

La empresa objeto de estudio, fue establecida para desarrollar actividades de comercialización de equipos, suministro de repuestos y servicio técnico para el sector pesquero, marítimo e industrial. Entre sus principales clientes están las empresas pesqueras dedicadas a la pesca industrial y producción de harina y aceite de pescado, en donde se utiliza principalmente siete equipos, tales como: motores de embarcación, winches de pesca, motores compresores, tanques de aire, cinturones, secadores, enfriadores; así como otros equipos. La problemática de los equipos de estas empresas pesqueras constituye principalmente la cantidad de años de funcionamiento que llevan y aún no cuentan con una planificación del mantenimiento; existiendo inclusive, activos que no tienen un mantenimiento, a los que solamente se les interviene cuando ocurren fallas, es decir el mantenimiento correctivo, afectando consecuentemente el proceso productivo al tener que

paralizar el funcionamiento del activo.

Los clientes de la empresa presentan discontinuidad de la producción por causa de las fallas de los equipos y máquinas, como es el caso de la Corporación Pesquera Inca S.A.C. (Copeinca) cliente de la empresa Jorle Industrial S.A.C., cuya producción de harina de pescado disminuyó en enero del 2021, comparado al mismo mes del año anterior; esto fue un ejemplo de cómo una empresa puede tener pérdidas por no utilizar toda su capacidad instalada en la producción, como consecuencia de deficiencias de mantenimiento, debiendo asumir sobre costos.

Es entonces que la empresa ha decidido emplear el método RCM para mejorar el tiempo de servicio y la productividad de sus clientes.

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, tipificado para desarrollar y aplicar técnicas de mantenimiento preventivo, predictivo y proactivo de manera integral, logra aumentar la disponibilidad y confiabilidad de un activo para que su funcionamiento se realice con el mínimo de fallas, de manera constante y durante el periodo de vida útil del mismo.

Este mantenimiento RCM, ya ha venido siendo utilizado por empresas a nivel mundial cuyos costos de fabricación son muy competitivos, lo que provee posibilidades de mejora a empresas que funcionan en el país.

Las compañías de fabricación de equipos de pesca ya han logrado contar con equipos de accionamiento hidráulico. La finalidad de este sistema, es convertir la energía hidráulica en energía mecánica que produzca la operación de un winche, por ejemplo. Este accionamiento hidráulico funciona en un régimen de 6 a 12 horas continuas. Estos winches tienen motores hidráulicos marca SAI GM4-1000 y cuentan con una capacidad de 25 Toneladas de pull o jale, siendo el lucro cesante o costo de oportunidad por producción diferida de USD 110mil dólares. La realidad problemática, entonces ha venido presentándose por una producción diferida debida a paradas programadas por mantenimiento preventivo y paradas no programadas por emergencia (fallas) de este accionamiento principal, sistemas, subsistemas y sus equipos. El mantenimiento preventivo de estos equipos de pesca principales se realizaba cada 3 meses que es el tiempo que dura

aproximadamente cada temporada de veda en promedio, siempre y cuando haya transcurrido el tiempo que le corresponde a cada equipo para poder programar el procedimiento de mantenimiento general de estos. Asimismo, el costo de reemplazar este equipo principal por uno nuevo es demasiado alto en comparación con lo que se necesita para su mantenimiento, por lo que se ha venido realizándose su reparación sistemática con frecuencia de cada 32 meses (mantenimiento parcial) y cada 64 meses. El winche es importante para la operación del negocio y por tanto es necesario que su accionamiento hidráulico - mecánico principal sea confiable en operación. Si bien es cierto que no han existido en la empresa, estrategias de mantenimiento efectivas que aseguren la confiabilidad de los equipos, subsistemas y sistemas de este accionamiento principal, es entonces necesario formular el problema siguiente: ¿De qué manera se muestra la mejora del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en los equipos de pesca en una empresa industrial?; consecuentemente, los problemas específicos son:

- (i) ¿Cuál es la situación actual de los equipos de pesca en una empresa industrial?,
- (ii) ¿Cuáles son las herramientas de RCM para analizar las fallas de los equipos de pesca?,
- (iii) ¿En qué consiste un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) para los equipos de pesca?,
- (iv) ¿Cuál es el costo beneficio del mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos de pesca?

El estudio se ha justificado en la práctica, porque se centra en la búsqueda de solucionar, en este caso los problemas de fallas de equipos de una embarcación pesquera con el objetivo de optimizar en términos de eficiencia y eficacia de la producción de dichos equipos; en cuanto al tema teórico, el estudio debe enfocarse a demostrar la aplicación científica de las teorías relacionadas al RCM y demostrar si en efecto mejora el proceso productivo del sistema, en este caso de una embarcación pesquera. Metodológicamente, se deben aplicar los instrumentos correspondientes relacionados con la metodología de investigación, para recolección de información, y cuyos resultados deberán servir posteriormente como material de consulta de próximas investigaciones que traten sobre el presente tema de estudio.

Es entonces, que se ha creído conveniente plantear como objetivo general: Mejorar el plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en los equipos de pesca para una empresa industrial. Los objetivos específicos que se han considerado son: (i) Evaluar el estado actual de los equipos de la empresa pesquera; (ii) Determinar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y NPR; (iii) Elaborar un Programa de mantenimiento basado en los resultados de AMEF y NPR del RCM; (iv) Determinar los nuevos indicadores de mejora obtenidos del Plan de Mantenimiento elaborado; (v) Determinar el Costo beneficio del mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM.

II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación, se tomarán en consideración estudios previos, tales como, tesis e investigaciones que exponen estudios enfocados en el mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) y sus efectos sobre la reducción de fallas y efectos (FMEA), los que se consideran antecedentes teóricos a nivel internacional y nacional, los mismos que demuestran que la adopción del mantenimiento centrado en confiabilidad, ha tenido efectos positivos en la producción de bienes.

Así tenemos como antecedentes internacionales, los cifrados por Hernández (2021) su trabajo de investigación “*Programa de mantenimiento del sistema de propulsión de un barco pesquero polivalente aplicando metodología RCM*”, cuyo objetivo está centrado en la aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM, aplicando la técnica FMECA (*Failure Mode Effects and Criticality Analysis*), para la evaluación de las deficiencias como causas de efectos en una embarcación versátil o polivalente y adaptable, que desarrolla actividades de buque arrastrero o buque nasero; en dicho estudio se ha analizado a la embarcación como una unidad principal compuesto por subsistemas con procesos importantes para la operación del buque, compuesto por diversos equipos, los que han sido analizados, registrando las fallas operativas, para evaluar el grado y su forma de detección, con la finalidad de implementar exitosamente un plan de mantenimiento en base a la confiabilidad a partir del FMECA. La investigación concluye que, no obstante que el RCM se utiliza por diversos tipos de industria, es también posible aplicar en el sector naviero, como parte de una práctica de mantenimiento para prolongar la vida útil de los sistemas instalados y equipamiento que se encuentran en una nave, a partir de la evaluación de fallas y puntos críticos, con los que se determinan los problemas de función, modos, origen y consecuencias, resaltando los más severos, en la medida que comprometen la totalidad del sistema, y como resultado la integridad de la nave; las tareas se deben planificar en periodos de tiempo, agrupando de acuerdo a conveniencia, la data relacionada para el adiestramiento del personal que realizará el mantenimiento; posterior a la planificación de labores y reunión en escalas; se lleva a cabo el programa de mantenimiento, sustentado en niveles y periodos de tiempo; para conseguir una mayor habilitación de los equipos, sub procesos

y procesos del sistema de propulsión del buque, para así optimizar la producción y rendimiento económico. Así también, la investigación concluye que para realizar el mantenimiento centrado en confiabilidad utilizando FMECA, es necesario ser realizado por recursos humanos competentes, por lo que es necesario efectuar una inversión primaria de importancia.

También Flores y Molina (2021), su trabajo de investigación denominada “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP”, de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca; cuyo objetivo fue la implementación de un programa de mantenimiento sustentado en RCM para los vehículos de la Empresa Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari, cuyo giro es el acopio de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la mancomunidad de Biblián, El Tambo, Suscal y Cañari. La investigación se enfoca en la recopilación de la data e historial de mantenimiento dado por el Área de mantenimiento correctivo de la EMMAIPC-EP, información que se organiza, tabula y evalúa, mediante el diagrama de Pareto, que apoya en la identificación de hasta el 80% de los componentes que ocasionan los distintos errores o fallos, y concentran su principal trabajo en buscar la solución. Se aplica el método RCM, sostenimiento basado en fiabilidad, cuyo objeto es asegurar que indistintamente algún componente físico prosiga su funcionamiento de acuerdo a estándares pre establecido. Para formular el plan de mantenimiento preciso y activo, previamente se identificó 49 elementos priorizados, para implementar el análisis de criticidad, lo que va a permitir la selección adecuada de los 9 elementos automotrices que debenser optimizados, tales como: embrague, hojas de muelles, motor, radiador, manguera hidráulica, cables, neumáticos, frenos y chasis, en donde se concentran las soluciones.

De igual forma, como antecedentes nacionales, se han considerado los de Achahuanco (2020), quien en su tesis denominada “*Análisis del mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM, en la subestación San José, para la estabilidad del Sistema Interconectado Nacional SEIN, en base a la confiabilidad de sus equipos*”; cuyo propósito ha sido elaborar un RCM para la subestación San José 500 KV, previo diagnóstico mediante mantenimiento predictivo de dicha S.E., y considerar los periodos de sostenimiento por funcionamiento del activo con mayor

dificultad de la antes mencionada S.E.; este trabajo estuvo centrado en ofrecer una pauta de confianza de los modelos y ciclos de mantenimiento. Enfocándose en una de las S.E., del SEIN, así también realiza una evaluación de los recursos humanos con que se cuenta, su equipamiento, procesos y procedimientos. Se utiliza una matriz de equipos críticos, determinación de la etapa del proceso de la S.E., que muestra mayor efecto de operación, con poca ductilidad operacional, mayores costos de mantención y alto efecto en la seguridad ambiental y humana. De acuerdo al estudio sobre el RCM llevado a cabo en la S.E., de San José de 500 KV, se ha obtenido como resultado que el equipamiento con mayor riesgo es el autotransformador de 600 MVA; así también, de acuerdo al RCM es el sistema eléctrico el de mayor riesgo, con mayor depreciación por el lucro cesante a partir de su costo de sostenimiento correctivo; se revalora la confianza minimizando el riesgo del equipo con mayor vulnerabilidad, como es el autotransformador de potencia. Esta evaluación culmina con la formulación de un plan de mantenimiento para periodos anuales del equipamiento involucrados de manera directa e indirecta en los procesos de suministrar energía eléctrica. Estas acciones van a permitir sostener la operación de los equipos de manera apropiada, la ampliación de la vida útil de los equipos más riesgosos y especialmente la fiabilidad necesaria para el sistema y la planta de la empresa.

Abad (2022) su tesis sobre *“Aplicación de la metodología RCM para incrementar la disponibilidad operativa de camiones-volquetes de una empresa minera, 2021”*; en donde el propósito principal ha sido la determinación de en qué nivel la práctica de la técnica de mantenimiento enfocado en confiabilidad RCM, aumenta la operatividad disponible de los vehículos tipo camión volquete de la compañía minera durante al año 2021; para ello ha sido de gran necesidad efectuar la evaluación del entorno preliminar para identificar las fallas de mayor importancia y formular acciones destinadas a corregir y prevenir dichos fallos. El estudio utiliza el método de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada y de diseño experimental. La población y la muestra han estado conformados por doce vehículos de tipo camión volquete que fueron analizados por el periodo de un año, la técnica de recopilación de información fue la observación y registro de manera directa. Los resultados a los que se han arribado por el estudio presentan la utilización del examen modal de

fallas y efectos AMEF para la identificación de criticidad en la transmisión del sistema eléctrico y de suspensión explica, asimismo el origen del 80% de los deterioros. El sistema novedoso de mantenimiento orgánico y sistemático ha permitido la detección de fallo oculto y ayudado a la prevención de averías en la operatividad; se ha obtenido una variación en promedio de disponibilidad de 76.34% a 92.98%, el periodo de tiempo medio entre fallas (MTBF) ha pasado de 13.66 a 37.96 horas y el tiempo medio de reparación (MTTR) se redujo de 4.2 a 2.3 horas; por otro lado, la puesta en funcionamiento cuenta con factibilidad económica al obtener un Valor actual neto (VAN) de S/.70,513.77 y una Tasa interna de retorno (TIR) de 52.37%; la investigación ha concluido que la puesta en marcha del método RCM, aumenta la disposición de operación en un 16.7%, de los vehículos camiones - volquetes en la compañía minera.

Como antecedentes locales, se ha escogido los de Cotos y Mejía (2020) su tesis denominada *“Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una plantade alimento balanceado en La Libertad Trujillo”*, cuyo objetivo ha sido establecer un planeamiento de mantenimiento en base a RCM, para incrementar la disposición de la línea 1 de peletizado de la Planta de alimento balanceado; este estudio se inició con un análisis de la condición situacional de operatividad del área de peletizado de la compañía, con el objeto de establecer los indicadores de mantenimiento en una etapa de inicio, analizando la disposición y fiabilidad, se llevóa cabo la evaluación de los puntos críticos con fines de clasificación de fallas evidenciadas como riesgosas para su análisis y clasificación como críticas, mediamente críticas y no críticas; se ha considerado como referencia los fallos críticos para llevar a cabo el análisis de causa efecto de los mismos y la determinación del nivel de prioridad del riesgo; posteriormente se formuló el plan de sostenimiento preventivo con base en RCM; obteniendo como conclusión el aumento de la disposición de un 10.17% y de la fiabilidad en un 0.44%, valores querevelan una mejoría sustancial de la operatividad y nivel de producción; en resumense ha realizado el estudio de los costos de puesta en práctica del mantenimiento y beneficio generado; estos efectos determinados han sido claves en la medición delretorno de lo invertido, calificando esto como benéfico.

Asimismo, Acuña y Carbajal (2021) su tesis sobre “*Mantenimiento centrado en confiabilidad y su impacto en costos por paradas no programadas de los camiones cisterna en una unidad minera de La libertad, 2018*”; de la UPN Trujillo, cuyo propósito general ha sido establecer en qué medida un sostenimiento basado en confiabilidad genera efecto en los costos originados por los paros no previstos para lo que se ha empleado un método de estudio de tipo aplicada, con diseño pre-experimental, evaluando una muestra de tres camiones cisterna estableciendo criterios de mayores costos y número de fallos. En este estudio se ha hecho uso de la revisión y análisis de los documentos y observación de manera directa como forma de recopilación de data; lo que va a permitir o ha permitido obtener como resultado un dictamen y resultado analítico en el departamento de mantenimiento, y en coincidencia con la realidad actual de las unidades en estudio, se ha propuesto la puesta en práctica de un método RCM, y a partir de la evaluación de los puntos críticos de 28 elementos que componen una cantidad de 45 fallos que se han presentado en el transcurso del año 2018; determinándose posteriormente como prioritarios los seis (6) componentes o elementos para aplicar el AMEF, de donde resulta la formulación de un registro denominado hoja de decisiones y la evaluación NPR, determinándose 5 tipos de fallos aceptados, 12 reducibles y 5 no aceptados; para al final llevar a cabo la aplicación de un plan o programa de mantenimiento adaptado a las condiciones de operatividad de las unidades; así también, en base a un análisis de comparación de los costos del periodo anual 2019 con relación al 2018; se concluye la existencia de un alto impacto positivo con variabilidad de 5.22% lo que equivale a US.\$ 4,656.53.

Con respecto a las teorías relacionadas al tema de investigación tenemos:

Mantenimiento

Se relaciona a la mezcla de la totalidad de operaciones técnicas, administrativas y de gestión, que se realizan en el transcurso del ciclo de vida útil de una unidad, con la finalidad de conservación o devolver al estado anterior propio para el desempeño de sus operaciones. Es decir, el mantenimiento tiene como característica el establecimiento de una selección de procedimientos y guías a seguir con la finalidad de prevención de fallas que pueden presentarse en el sistema o equipo materia de análisis; así, además, para realizar los arreglos

correspondientes una vez ocasionados las averías. La finalidad perseguida es el aseguramiento de minimizar en lo posible la ocurrencia de fallos, que puedan ocasionar funcionamiento deficiente de los sistemas o equipos, generando probables pérdidas económicas

Se debe asegurar la disposición de equipos o sistemas en el entendido como disponible a la posibilidad de operatividad de una unidad, máquina o equipo, de estado adecuado para su funcionamiento u operatividad las veces que sea requerida, es decir, estar disponible la mayor cantidad de tiempo posible, se encuentre o no en funcionamiento, para generar consecuentemente la rentabilidad económica esperada.

De acuerdo a García (2015), el periodo de vida útil de un activo o bien de producción se puede clasificar en tres fases, tales como:

1. Fase de Pre operación
2. Fase de operación
3. Fase de desmontaje

Es necesario mencionar que la fase de operación es el de mayor duración ya que esta se refiere al periodo de vida útil del bien, y es ahí donde se debe ejecutar las operaciones o acciones de mantenimiento, mantenimiento que se constituye en factor de importancia vital para precaver cualesquier forma o tipo de avería que pueda generar pérdidas de recursos.

Tipos de Mantenimiento

Los tipos de mantenimiento actuales son los siguientes:

Mantenimiento correctivo

Es aquél cuya finalidad principal es el de corregir fallos, averías o deficiencias que se presentan durante la puesta en operación o funcionamiento del activo. Es el tipo de mantenimiento más inmediato y más sencillo porque se trata de reparar el defecto identificado, siempre y cuando sea reparable y no arriesgue el funcionamiento del sistema que forma parte el equipo o bien. En casos de equipos o sistemas muy complejos no es posible el mantenimiento correctivo por el alto costo de ello representa y el alto riesgo de comprometer la operatividad de todo el sistema.

Este mantenimiento se clasifica a la vez en dos tipos de mantenimiento, cada uno con diferencias evidentes:

1. Mantenimiento no programado: es cuando las acciones de reparación se llevan a cabo posterior al fallo, debiendo detener para ello el equipo o todo el sistema para que una vez reparado vuelva a funcionar en condiciones de normalidad.

2. Mantenimiento programado: esto se lleva a cabo previa programación y muchas veces posteriormente al fallo, ya que las operaciones del equipo o sistema está en funcionamiento sin verse afectado.

Este tipo de mantenimiento según Asencio Viseras (2019) tiene algunas dificultades, tales como:

- Falta de certeza de ocurrencia del fallo debido a que no se puede prevenir cuando se puede presentar.
- Es de aplicación a máquinas, equipos o sistemas elementales o sencillos.
- La reparación del fallo en el mayor de los casos no quiere decir que esté solucionado el problema ya que muchas veces este persiste, y las reparaciones pueden darse con mayor frecuencia, razón por la cual mayores reparaciones no equivalen a más fiabilidad.

Mantenimiento preventivo

Este tipo de mantenimiento a la par con el correctivo, tiene como principal finalidad la prevención de los fallos de un activo, bien de producción o sistema, sustituyendo piezas en un determinado periodo de tiempo. Tiene como ventaja principal si se relaciona con el mantenimiento correctivo, que el preventivo tiene como base una estrategia de planificación de intervenciones a los bienes de producción con el fin de anticiparse a la ocurrencia de averías; esta estrategia contempla la intervención de inspecciones, de seguridad, funcionales, limpieza, lubricación de piezas, sistemas o equipos, su calibración, en determinados periodos de tiempo.

En consecuencia, de acuerdo con García (2015) este tipo se caracteriza por lo siguiente:

- Presenta una planificación y método de trabajo a realizar.
- Constitución orgánica y ordenada y estudio de rentabilidad de materiales y costo de mano de obra.
- Previenen probables fallas o averías.
- Presentan un presupuesto para el plan de mantenimiento.

No obstante que este tipo supera al mantenimiento correctivo, este presenta inconvenientes, de acuerdo al detalle:

- Ocasionalmente se cambian piezas que aún no han terminado con su vida útil, lo cual genera un aumento del costo de mantenimiento.
- La parada de los equipos afecta de manera ostensible la producción.
- Se necesita una mejor experiencia, formación y capacitación del personal de mantenimiento.

Mantenimiento predictivo

Este tipo de mantenimiento tiene por finalidad general la identificación de fallas no previstas en equipos o sistemas, mediante estrategias, métodos y acciones previstas que deben permitir la evaluación y medición de parámetros que deben prever su ocurrencia, mediante la recopilación de data, de todo tipo y posible (datos, gráficos, tablas, entre otros) aplicando técnicas de identificación de fallas.

Este mantenimiento supera al preventivo, por la aplicación de técnicas de revisión de partes o piezas y no la sustitución directa cada periodo de tiempo. Así también, en la mayor parte de ocasiones, se llevan a cabo inspección de equipos y sistemas, sin interrumpir necesariamente la producción.

El mantenimiento predictivo presenta mejoras, según García (2015) como los siguientes:

- Este modelo posibilita la prolongación de la vida útil de activos y sistemas en la medida de lo posible.
- Posibilita una menor cantidad de equipos o sistemas con rechazo, resultado de un mejor control de calidad.
- Disminuye la cantidad de paros y reparaciones de equipos y sistemas, implicando esto que la producción no para.

- Se puede aplicar tecnología para identificación de fallas para poder preverlos y registrar información como data.
- Mayor seguridad de funcionamiento de activos.
- Conocimiento cabal de fallos en base a un plan de mantenimiento que contempla la prevención y su identificación.

Por otro lado, se ha verificado inconvenientes, tales como:

- la necesaria participación de recursos humanos capacitados para este tipo de mantenimiento.
- El costo de la inversión inicial es considerable.

Métodos de detección de fallos

El mantenimiento predictivo utiliza técnicas de identificación de fallas con el propósito de evaluar el funcionamiento de los activos como equipos y sistemas para prevenir las futuras averías. Estas técnicas se practican de acuerdo al tipo de equipo o sistema.

Las etapas en los que se sustenta el mantenimiento predictivo, para que de manera normal se realice el monitoreo de las técnicas de identificación de fallas, son:

1. Identificación
2. Evaluación
3. Corrección

La tecnología que utiliza este tipo de mantenimiento son las siguientes:

- Análisis de vibraciones.
- Análisis de lubricantes.
- Termografía.
- Ensayos no destructivos

Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento se define como: la agrupación estructurada y sustentada de procedimientos que comprenden actividades, tareas, recursos y tiempo para llevar a cabo el mantenimiento. (Holguín, 2013).

Este plan de mantenimiento pretende mejorar el desempeño operacional de la nave, aumentando la vida útil de los bienes de producción y reducir en lo posible la cantidad de fallas.

La formulación de un plan de mantenimiento se debe realizar de tres maneras según García (2003).

1. Plan de mantenimiento en base a lo instruido por el fabricante del bien. Este tipo de mantenimiento es posible de llevar a cabo siguiendo los patrones u operaciones que muestran los manuales emitidos por el fabricante. De manera previa al recogimiento de información, se debe elaborar un listado del total de equipos que deben ser incluidos en el mantenimiento, para poder garantizar la obtención de sus respectivos manuales. El problema principal de este procedimiento es que no hay fabricante que proponga efectuar un mantenimiento predictivo a sus equipos.

2. Plan de mantenimiento en base a recomendaciones de los técnicos especializados en los equipos; es el plan sustentado en directivas y lineamientos genéricos, así como en la experiencia de los especialistas; es decir los equipos se agrupan de acuerdo a características comunes para establecer pautas de mantenimiento comunes, con independencia del fabricante.

3. Plan de mantenimiento con base a evaluación y desarrollo analítico de los fallos. Este tipo de plan es el que utiliza el Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.

Fases del Mantenimiento

Cada plan de mantenimiento se adecua a las necesidades del activo o bien de producción que se pretende evaluar, a través de pasos que conllevan a la práctica de la estrategia de mantenimiento que asegure el debido funcionamiento y la disponibilidad del bien.

Es por tal motivo que, pese a las características propias de cada equipo o sistema, se definen etapas conformantes de un plan de mantenimiento común; que como en el caso materia de estudio, las etapas son las siguientes:

1. Información: Se recaba el total de información relacionada a los equipos y sistemas para establecer las actividades de mantenimiento. Esta información se obtiene de acuerdo a instrucciones de trabajo con propósito de conservación, en

este caso de un buque, con el apoyo de conocimientos de las sociedades de clasificación, planos, consultas y absoluciones del fabricante de los activos, reglamentaciones, normas como el SOLAS, y experiencia del personal, y otros.

2. Planificación: Se refiere a las actividades organizadas de acuerdo a fechas o periodos de tiempo para su realización; según Rosales (2019) para esto se necesita formular las acciones de acuerdo al entorno, tales como:

- a. Análisis de planes estratégicos.
- b. Definición de objetivos y metas.
- c. Planificación y programación de actividades.
- d. Definición de recursos humanos, materiales, espacios y tiempo.

3. Asignación: Se designan tareas acordes a ciertas condiciones de espacio y tiempo, capacidades y experiencia práctica del personal para la realización de las actividades de mantenimiento. Se establecen prioridades de actividades a una fecha dada, dejando para actividades posteriores las que no tienen asignado una fecha; así como considerar en donde se debe dar el mantenimiento, si en el puerto, bajo el agua, o tareas de emergencia en la navegación.

4. Ejecución: Esta etapa se lleva a cabo por el personal asignado previamente al caso, con disposición del total de recursos para el desempeño de las acciones de mantenimiento.

5. Análisis de datos y archivo histórico: Con posterioridad a las actividades del plan de mantenimiento se debe recopilar información sobre las acciones realizadas y los resultados obtenidos, con finalidad de establecer una historia del bien materia de mantenimiento; que debe permitir identificar repeticiones de fallos y la adopción de acciones futuras.

Mantenimiento centrado en confiabilidad

El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM, es el proceso que tiene su origen entre los años de 1960 y 1970, en la industria aeronáutica civil, cuando la American Airlines de los Estados Unidos al implantó con la finalidad de asegurar

la fiabilidad de sus activos, mediante el estudio y análisis de los mismos, sus fallos, las causas, debido a los altos costos de la sustitución de piezas y/o repuestos, que venían afectando la sustentabilidad económica de la empresa aérea. De dicha manera se llevó a cabo con gran éxito la metodología; que posteriormente fue adoptado por otras compañías industriales.

Ventajas e Inconvenientes del proceso RCM.

Los beneficios de la aplicación del RCM, de acuerdo con Moubray (2017), se detallan:

1. Mejora de la seguridad y cuidado del medioambiente: en la aplicación del RCM se aseguran el cuidado de las condiciones de seguridad y el medioambiente en la reparación del fallo. El objetivo es minimizar el riesgo de daño medioambiental y la seguridad en bienes de producción.

2. Mayor funcionamiento operacional: En el RCM se define o establece la mejor estrategia a llevar a cabo el mantenimiento de acuerdo a las necesidades del tipo de activo procurando la mejora de la producción y el rendimiento en términos de calidad y servicio al cliente.

3. Mejor relación costo-efectividad: El proceso RCM lleva a cabo el análisis de los procesos y procedimientos de mantenimiento, dejando de lado aquellas innecesarias, esquivando costos económicos elevados.

4. Prolongación de la vida útil de los componentes o equipos de alto costo: El RCM tiene dicho objetivo de alargar la vida útil y el costo razonable.

5. Amplia base de datos: El RCM recoge y registra información relacionada de los bienes de producción para ayudar a un mejor conocimiento de aquellos, su funcionamiento, circunstancias y tecnología para un mejor mantenimiento.

6. Mejora del trabajo en equipo y la motivación individual: El proceso RCM mediante el seguimiento ordenado de las etapas de mantenimiento en las diferentes áreas y del compartir de la información sistematizada obtenida entre el personal de mantenimiento, favorece el trabajo en equipo y desarrollo individual.

Inconvenientes del proceso RCM

Sin embargo, el proceso RCM presenta ciertos inconvenientes, tales como.

El RCM no puede ser aplicado por cualquier técnico sino por personal capacitado y calificado con gran experiencia, siendo necesario dedicación y tiempo disponible, así como una inversión inicial más o menos considerable.

El entorno marítimo es un entorno que presenta desafíos desde el RCM, comparativamente con las instalaciones de tierra. Las operaciones en el mar presentan un entorno inestable diferente a la estabilidad de las acciones en tierra. (Mármol, 2016)

Otro de los inconvenientes de la aplicación de RCM a una nave o buque, es que sus resultados son difícilmente transferibles a otra embarcación, por los diferentes contextos que tiene cada buque, incluso aquellos del mismo tipo.

Definición de FMECA.

La metodología RCM, busca establecer las causas y los efectos de los fallos en un determinado activo, equipo o bien, para su evaluación y eliminación.

El análisis FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) se define como elemento principal del RCM, que comprende dos partes bien diferenciadas, tales como: los modos de fallo y análisis de efectos (FMEA), y el análisis de criticidad (CA).

El FMEA tiene como objetivo principal la identificación de posibles fallos, la manera de cómo se producen, y los efectos que generan en los activos, bienes de producción, o sistemas; mientras que el análisis de criticidad (CA), ordena y clasifica estos fallos de acuerdo al grado de severidad y ocurrencia en un periodo de tiempo, es decir se determine la tasa del fallo.

Es un método que debe implementarse en las primeras fases de diseño, y actualizarse en el periodo de funcionamiento operativo, con la finalidad de garantizar la seguridad, mantenimiento, detección de fallos y otros; en otras palabras, se constituye en una herramienta de mejora continua. (Madasse, 2019).

FMECA pretende establecer la máxima confiabilidad en los equipos y sistemas, en base al registro de características y parámetros para la identificación de puntos críticos y definición de prioridades para su intervención.

El FMECA consiste en las siguientes etapas: (Aguilar, et al, 2010)

1. Definición de la intención de diseño. Es el entendimiento de la operación de un sistema, subsistema o equipo, para transparentar los condicionamientos de trabajo, para posteriormente establecer los fallos.

2. Análisis funcional. Es el conocimiento del origen de los fallos y las funciones que se esperan de los sistemas, subsistemas o equipos.

3. Identificación de los modos de fallo. Se refiere al producto de la investigación de la manera de cómo se producen los fallos y los equipos pierden su capacidad de funcionamiento.

4. Efectos y consecuencias de los fallos. Es la forma de cómo se presenta un fallo y que es lo que genera, para posteriormente evitar que se produzca y se minimicen sus impactos.

5. Jerarquización del riesgo. Es la forma se clasifican los fallos de acuerdo a su criticidad, para ello se debe aplicar el Número de Prioridad de Riesgo, RPN, en correspondencia al tipo de producto, parámetros de severidad, frecuencia de ocurrencia y detectabilidad. En base a esto se podrá establecer los planes de mantenimiento.

Método de evaluación de riesgos

Con el estudio de FMECA se identifican el total de potenciales fallos, que pueden generarse en un equipo o sistema, y los posibles impactos en seguridad, entorno medioambiental, su calidad, costos y definir el tipo de mantenimiento. Para la valoración de estos fallos, el FMECA utiliza el denominado método de Número de Prioridad de Riesgo (NPR), con la finalidad de establecer el nivel del riesgo que pueden generar los fallos, en un rango del 1 al 10, en donde el 1 es valorado como una ausencia de efecto, y el 10 como una consecuencia grave. Para esto se emplean los parámetros siguientes:

- Gravedad o Severidad (S): señala la gravedad del fallo y el efecto que tiene sobre el equipo o sistema.
- Ocurrencia (O): señala la posibilidad que se produzca el fallo.
- Detectabilidad (D): Establece el nivel de dificultad de detección del fallo, es decir muestra la facilidad o dificultad de detección del fallo.

El Número de Prioridad de Riesgo, NPR, es obtenido en función del producto de los siguientes parámetros:

$$NPR = G \times O \times D$$

Este valor de NPR se utiliza para la identificación de los riesgos de mayor severidad con la finalidad de la aplicación de acciones correctivas o preventivas correspondientes, o acciones provenientes de recomendaciones. Es decir, los modos de fallo se ordenan de acuerdo a la valoración obtenida del NPR por su grado de criticidad, con el objetivo de eliminación o minimización del riesgo de modo de fallo.

Para la determinación del alcance de criticidad en los equipos y sistemas se hace una matriz de riesgo o de frecuencia/consecuencia de fallos. Esta matriz presenta un código de colores que distinguirán los niveles desde los más severos hasta los de menores riesgos de acuerdo a la criticidad de los fallos en los equipos y sistemas, tal y como se muestra en la siguiente Gráfica, “Matriz de Criticidad”: La intersección de la consecuencia y la frecuencia de falla ponderada dando como resultado una falla media crítica para el elemento.

Figura 1: Matriz de criticidad

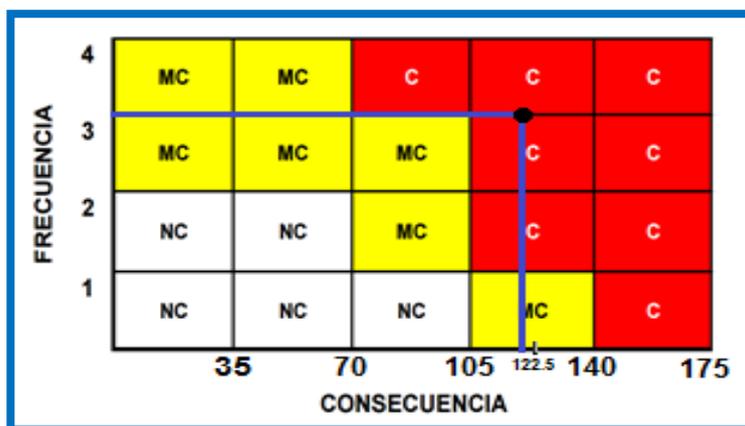


Figura - Intersección de la falla según la frecuencia y la consecuencia.
Fuente: Carlos Parra & Adolfo Márquez, 2018

Criticidad:

- B, Baja: Color verde; M, Media: Color amarillo; A, Alta: Color rojo

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: El presente estudio es aplicada porque se enfoca en dar solución al problema de mantenimiento de los equipos de pesca mediante RCM para la mejora de la disposición y fiabilidad de las máquinas; el estudio es de nivel descriptivo propositivo, debido a que la variable es caracterizada por el estudio y resultado de un diagnóstico y a partir de este se propone la metodología RCM. En concordancia a los que señalaba Hernández et al. (2014), que los estudios descriptivos a través de la observación y otras técnicas pretenden describir y caracterizar los fenómenos o variables de estudio, en categorías, clases y tipos.

Diseño de investigación:

El diseño de investigación es pre experimental debido a que se hacen proyecciones de las variables en un horizonte de tiempo establecido; y se concluye en valores proyectados. De acuerdo a Hernández et al. (2014) este tipo es la manera más simple de un diseño de investigación experimental y se basa en que un conjunto de personas o muestra, después de analizar los factores como causa efecto, se mantienen bajo observación.

El esquema de la investigación es el siguiente:



Donde M: es la muestra que se debe analizar, O: la observación que resulte del análisis y P: la propuesta para solución del problema observado como derivación de las teorías ya existentes.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente: Plan de Mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM

Es un enfoque de planificación para llevar a cabo actividades que forman parte del mantenimiento basado en el funcionamiento de un sistema o de un planeamiento, para detectar las fallas y elegir estrategias que deben permitir un mantenimiento permanente y confiable, que aseguren el funcionamiento y la durabilidad prolongada de los equipos y máquinas (Lundgren, et al., 2018)

Variable Dependiente: Mejora en los equipos de pesca para una empresa industrial.

Se refiere al tiempo de operación de un equipo o máquina destinada a las labores de pesca industrial en barco; este lapso está determinado por la disponibilidad y confiabilidad (Capa, 2019).

La Operacionalización de las Variables, se consignan en el Anexo 2 de la investigación.

3.3. Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

Está conformada por los equipos de barcos, que son utilizadas para llevar a cabo el proceso de pesca industrial, proveídos por la empresa Jorle Industrial S.A.C.

3.3.2 Muestra

La muestra de estudio está conformada por los equipos o máquinas que deben ser incluidas dentro del mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, que se detallan a continuación:

Tabla 1: *Equipos que conforman la muestra de investigación*

Equipos que conforman la muestra
Motor de embarcación
Motor compresor
Tanque de aire
Winche de pesca
Cinturón
Secador
Enfriador

Fuente: Elaboración propia

3.3.3 Muestreo:

La técnica de muestreo es la no probabilística, también denominada por juicio; que de acuerdo a Bernal (2010), es la técnica de muestreo en el que el investigador separa las muestras en base a un juicio subjetivo, a este tipo de selección se le denomina también como “intencional” o “por juicio”, en donde la selección está fundamentada en base a la experiencia del investigador.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica a utilizar es la observación directa en la cual se establece contacto con los equipos materia de estudio, para su observación y registro de información correspondiente; se utiliza también la técnica de análisis documental relacionado a cada equipo o máquina de la muestra, lo que ha permitido recoger información sobre las variables, para conocer su estado situacional y determinar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad para aplicarlo. El formato de registro de datos permitió calcular la productividad de la empresa, la confianza y la disposición de los bienes de producción. Para ello se debe recoger información del tiempo de operatividad de los bienes, tiempo que demora la reparación, cantidad de fallas y cantidad de intervenciones técnicas. Así también, se utilizó un formato de registro para la recolección de data relacionada con los modos y efectos de falla de los equipos y máquinas.

3.5. Procedimiento

Para realizar el diagnóstico de los equipos y máquinas que operan en el barco de la empresa de pesca, se llevó a cabo el análisis de las dos variables del estudio, y se recopiló la información correspondiente a la cantidad de fallos, tiempo de ocurrencia y de reparación, con el objeto de cuantificar los índices de mantenimiento (confiabilidad y disponibilidad) de los equipos y máquinas, cuya evaluación se llegó a complementar con la entrevista aplicada a la jefatura de mantenimiento de la empresa para llegar a conocer, cómo se viene ejecutando el mantenimiento actual de las naves. Se tomó la información de los registros para determinar el volumen de producción del barco, y las causas si es que se determinan problemas de producción, los indicadores de mantenimiento y productividad; y sus posibles soluciones.

Para la aplicación de las herramientas RCM que deben mejorar la operatividad de los equipos y máquinas, se utilizaron el análisis de criticidad, de los modos y efectos de fallas AMEF; para ello se llevó a cabo la propuesta de mantenimiento centrado en la confiabilidad, estableciendo las formas o técnicas de mantenimiento de importancia para eliminar las fallas de las maquinarias, con utilización de estrategias del RCM. Como paso final, se identificaron los costos de la propuesta de RCM y se analizó el índice de costo-beneficio, con el propósito de sustentar la factibilidad de la realización de la propuesta por la empresa.

3.6. Método de análisis de la información

La información recopilada mediante el empleo de los formatos para registro se utilizó para llevar a cabo el análisis cuantitativo, mediante su ordenamiento y proceso utilizando el utilitario de Microsoft Excel y mostrados mediante gráficas. Se llevó a cabo el análisis de los indicadores de mantenimiento, para lo cual se ha utilizado el registro de los fallos de equipos y máquinas en los últimos 3 meses antes de la aplicación del plan de mantenimiento; se procedió a calcular la disponibilidad, en base al tiempo de operación de los equipos y máquinas; así como del tiempo promedio de reparación. Posteriormente, se calculó la fiabilidad, mediante el registro del

tiempo promedio de reparación anterior y el cálculo del promedio de tiempo entre fallos de cada unidad. Así también, se llevó a cabo el análisis cualitativo de la información recabada mediante la entrevista, lo que ha permitido conocer el proceso de mantenimiento que se da a los equipos y máquinas.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación, ha tenido en cuenta el respeto a los derechos de autor, citando correctamente los estudios empleados en la tesis, siguiendo el reglamento de la Universidad César Vallejo; la información utilizada ha sido recolectada de las empresas que conformaron la investigación, con el debido respeto de la confidencialidad de estos datos, y el consentimiento informado para acceder a los mismos, y que han sido utilizados estrictamente para fines académicos.

IV. RESULTADOS

Se muestran los resultados con relación a la mejora del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, para aumentar la producción de una empresa pesquera. Para el esto se efectuó una evaluación del estado situacional de los equipos a fin de poder establecer deficiencias en su mantenimiento, lo que afecta la disponibilidad de las mismas; generando así paros de la producción:

4.1. Evaluar el estado actual de los equipos de la empresa pesquera.

Se procedió a verificar y evaluar las condiciones iniciales de los equipos de pesca, para ello se escogieron los siguientes:

Tabla 2: *Equipos sujetos a evaluación inicial*

Códigos	Equipos
0001	Motor de embarcación
0002	Motor compresor
0003	Tanque de aire
0004	Winche de pesca
0005	Cinturón
0006	Secador
0007	Enfriador

Fuente: Elaboración propia

Se ha realizado una evaluación en función a que fallas se vienen presentando en los activos fijos, registrados a manera de muestra:

Tabla 3: Fallas que se presentan en equipos de pesca

Ítem	Descripción de la falla	Equipo	Parte del equipo	Tipo de deficiencia
1.-	Desnivel de dirección	Motor de embarcación	Motor infra borda	Falla
2.-	Escape en filtro	Motor de embarcación	Bomba de extracción	Falla
3.-	Baja de presión	Motor compresor	Equipo	Falla
4.-	Deterioro	Tanque de aire	Sistema de aire comprimido	Picado
5.-	Falla mecánica	Winche de pesca	Equipo	Falla
6.-	Falla instrumentación	Cinturón	Equipo	Picado
7.-	Falla mecánica	Secador	Equipo	Picado
8.-	Falla mecánica	Enfriador	Equipo	Falla

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1. Herramientas RCM para analizar las fallas de los equipos de pesca.

Para analizar el actual Plan de Mantenimiento y para mejorar la disposición de operatividad de equipos críticos para barcos de pesca, se ha determinado la Disponibilidad Operacional Generalizada de los últimos seis meses del año pasado, basado en datos de mantenimiento registrados en dicho periodo de tiempo (Anexo 4), obteniendo la siguiente información:

Tabla 4: Disponibilidad Operacional Generalizada

MES	Tiempo Medio entre Mantenim. (MTBF)	Tiempo Medio de Mantenim. Activo (MTTR)	D.O. (%)	I.O. (%)
JULIO	90	63	58.82	41.18
AGOSTO	96.2	36.8	72.33	27.67
SEPTIEMBRE	156.32	48.68	76.25	23.75
OCTUBRE	202	63	76.23	23.77
NOVIEMBRE	98	46	68.06	31.94
DICIEMBRE	126	39	76.36	23.64
Resultados	768.52	296.48	71.34	28.66

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4 se muestran los resultados de la Disponibilidad Operacional Generalizada, que se ha centrado en la evaluación de dos variables: Tiempo medio

entre mantenimiento (MTBM) y el Tiempo medio entre mantenimiento activo (M); evidenciándose un alto grado de no disponibilidad de operación que tienen los equipos de pesca.

4.1.2. Grado de criticidad y evaluación de riesgo

De acuerdo a los índices de resultados establecidos en la Tabla de grado de criticidad y evaluación de riesgo (Anexo 6), se ha procedido a realizar las ponderaciones respectivas de los equipos evaluados, obteniendo los resultados siguientes (Detalle en Anexo 8):

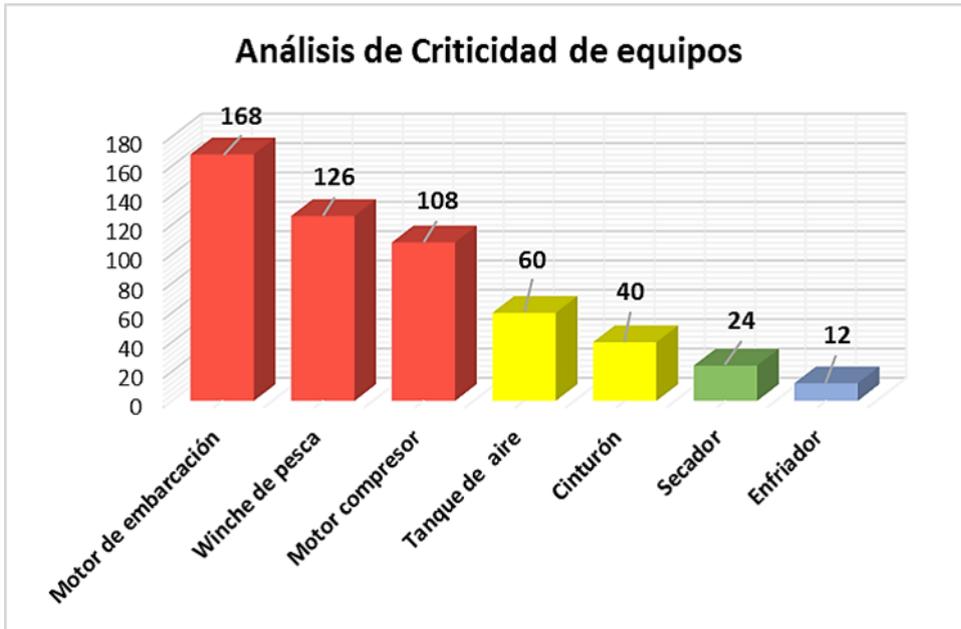
Tabla 5: *Grado de criticidad y evaluación del riesgo*

Sub sistema	Equipos	Resultados
Generación eléctrica	Motor de embarcación	168
Sistema hidráulico	Winche de pesca	126
Generación eléctrica	Motor compresor	108
Mecánico	Tanque de aire	60
Mecánico	Cinturón	40
Generación eléctrica	Secador	24
Generación de frío	Enfriador	12

Fuente: Elaboración propia

	Críticos
	Semi críticos
	No críticos

Figura 2: *Análisis de criticidad de equipos*



Fuente: Elaboración propia

El detalle de las ponderaciones a que se ha llegado en los análisis, se especifica en la tabla correspondiente del Anexo 5.

4.2. Determinar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y NPR:

Para esta evaluación se adoptarán como referencias a los equipos cuyo nivel crítico es considerado parte de la calificación de alta Criticidad; es decir, los 3 equipos: motor de embarcación, Winche de pesca, y motor compresor.

Se utilizará las hojas de información de los equipos críticos, determinados del análisis de criticidad, que describen la función, las fallas funcionales, el modo de falla y el efecto de las mismas, donde se procede a dar respuesta a las primeras 4 preguntas del método RCM, en las hojas AMEF, tal como se muestra en la tabla 6.

Tabla 6: Hoja de información RCM de los equipos de pesca

Hoja de información RCM	Equipos de pesca		Ingeniero supervisor:	Fecha:	Hoja: 1/1.
FUNCIÓN	FALLA FUNCIONAL	MODO DE FALLA	EFECTO DE FALLA		
Propulsión de la embarcación	El Motor pierde presión de manera constante, y los filtros se deterioran constantemente.	Como producto de la falla del Motor, la embarcación pierde velocidad, y ocasiona mayor gasto.	Las fallas detectadas generan disminución de la vida útil del equipo (Motor de embarcación), con la correspondiente pérdida económica para la empresa.		
El Winche de pesca sirve para recoger la red de arrastre.	Por acción de la erosión que provoca el salitre marino, se producen picaduras, con el fallo de pérdida de fuerza de recogimiento.	La falla provoca que el número de recogimientos de la red por día, disminuya la producción de pesca.	Estas fallas producen disminución de la vida útil del equipo de pesca, con la consecuente pérdida económica.		
El Motor compresor es el equipo que complementa al motor de embarcación, y mediante presión optimiza su funcionamiento.	Existe un problema de filtros que se deterioran constantemente, por lo que el equipo pierde presión.	La falla genera que el motor de embarcación pierda fuerza, y la embarcación pierda velocidad	El constante cambio de filtros del motor compresor genera la pérdida de vida útil del equipo, con la consecuente pérdida económica.		

Fuente: Elaboración propia

Número de Prioridad de Riesgos (NPR)

En la tabla 7, se da a conocer la selección crítica de las fallas correspondientes a los elementos componentes de los equipos de pesca evaluados. Para establecer los valores de NPR para cada falla visualizada en el análisis de criticidad y AMEF, se ha realizado la ponderación correspondiente, de acuerdo a la matriz NPR del Anexo 6, determinando su consideración como Inaceptable, reducible a deseable y aceptable:

Puntajes del NPR:

- NPR > 200 **Inaceptable (I)**
- 200 > NPR > 125 **Reducible a deseable (R)**
- 125 > NPR **Aceptable.**

Tabla 7: Análisis del N.P.R.

N° Falla	Descripción de la falla crítica	G	O	D	NPR
F1	Desnivel de dirección de motor de embarcación	10	7	5	350
F2	Escape en filtro de winche de pesca	9	6	5	270
F3	Baja de presión de motor de compresor	8	6	5	240
F4	Deterioro de tanque de aire	7	4	4	112
F5	Falla mecánica de cinturón	5	6	5	150
F6	Falla de instrumentación en secador	8	6	5	240
F7	Falla mecánica de enfriador	4	4	3	48

Fuente: Elaboración propia

Luego del NPR se ha podido determinar que 4 de las 7 fallas son indeseables, que corresponden al 57.14% del total; 1 falla es reducible a deseable y 2 son aceptables, ambas teniendo un valor de 42.86% del total.

4.3. Elaborar un Programa de mantenimiento basado en los resultados de AMEF y NPR del RCM

Como complemento a lo establecido en los resultados del AMEF y NPR, se han establecido diversas gamas, designadas mediante siglas QL que representan diferentes intervalos de tiempo planificados para efectuar varias acciones de mantenimiento. Las gamas comprenden los denominados escalones de mantenimiento. Cada escalón incluye un conjunto de tareas relacionados con los intervalos de tiempo, conformados por todas las acciones relacionadas con las gamas de mantenimiento que coincidan con dicho intervalo de tiempo.

Tabla 8: Gamas de mantenimiento

Gamas de Mantenimiento	Intervalo de tiempo
QL1	Periódicamente
QL2	1000 horas
QL3	6000 horas
QL4	12000 horas u Overhaul

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: *Escalas de mantenimiento*

Escalas de Mantenimiento	Intervalo de tiempo
Escala A	Periódicamente
Escala B	Cada 1000 horas
Escala C	Cada 6000 horas
Escala D	Cada 12000 horas u Overhaul

Fuente: Elaboración propia

Las 4 escalas de mantenimiento deben garantizar el funcionamiento de los bienes del sistema propulsor, esto se describe:

a. Escala A: Corroboraciones diarias. En este escalón se incluyen las operaciones destinadas a comprobar la operatividad de los equipos, subsistemas o sistemas, como calibración de sensores, comprobaciones de niveles de aceite, agua y combustible; para evitar los fallos antes de su presentación.

b. Escala B. Cada 1000 horas de funcionamiento. Este escalón de mantenimiento comprende las acciones necesarias para evitar fallos; donde se realizan cambios de filtros de aceite y combustible, lubricantes para los componentes, e inspecciones visuales del estado de equipos.

c. Escala C. Cada 6000 horas de funcionamiento. Este escalón comprende las acciones necesarias, sin llegar a comprometer el estado de los sistemas, se realizan inspecciones de los equipos; y acciones como desmontaje, limpieza, medición, comprobación y análisis por medio de pruebas de ensayos.

d. Escala D. Cada 12000 horas u overhaul. Comprende las acciones que se practican a los equipos o partes críticas del sistema, pueden ser desmontajes, limpieza, exámenes visuales, valoraciones, confirmaciones y ensayos.

A partir de las acciones del análisis FMECA, para un mejor seguimiento de acciones y procedimientos de mantenimiento, se formula el cronograma siguiente:

Tabla 10: Cronograma de Mantenimiento centrado en Confiabilidad RCM.

Equipos de pesca	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5			
	Sem.1	Sem.2	Sem.3	Sem.4																
1 Motor de embarcación	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	C	A	A	A
2 Winche de pesca	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	C	A	A	A
3 Motor compresor	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	B	C	A	A	A
4 Tanque de aire	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
5 Cinturón	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
6 Secador	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A
7 Enfriador	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A

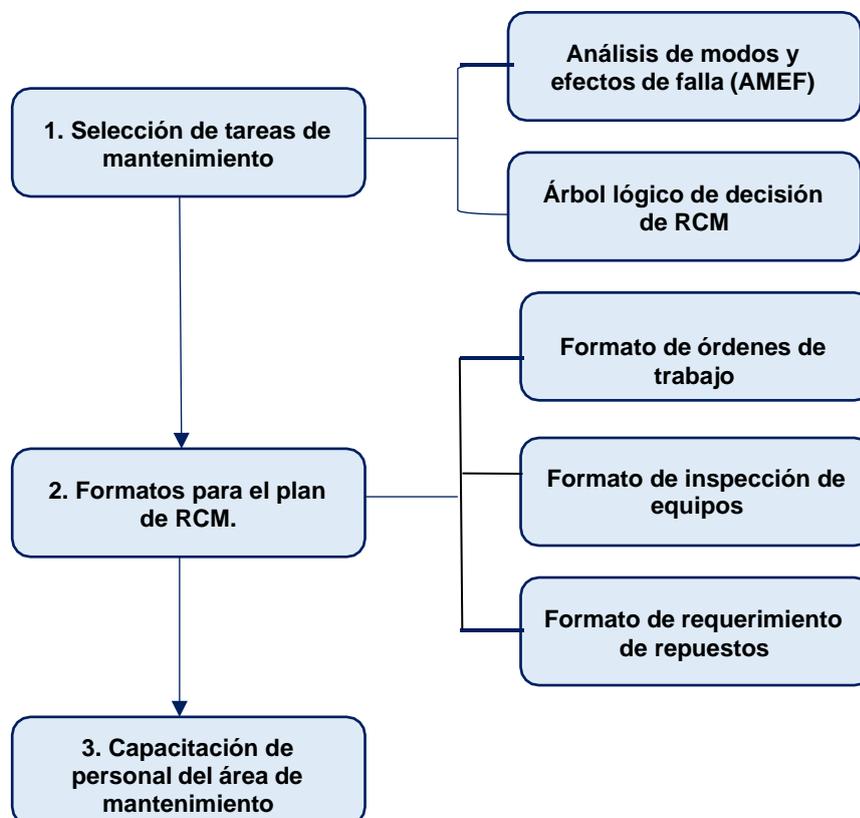
Fuente: Elaboración propia

A	Escala A, Comprobaciones diarias
B	Escala B, Cada 1, 000 horas de Func.
C	Escala C, Cada 6,000 horas de Func.

Las tareas se agrupan por cada gama, que se incluyen en las diferentes escalas de mantenimiento según corresponda; es por ello que se dispone de las tablas organizadas según las gamas de mantenimiento.

Resumen de tareas de mantenimiento centrado en confiabilidad

Figura 3. Actividades de propuesta RCM.



Con la información registrada en los formatos respectivos, cuya data se utiliza para proponer el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, las actividades a ser cumplidas, el cronograma de mantenimiento, de acuerdo a la escala basada en tiempo de funcionamiento y la correspondiente capacitación al personal encargado del área de mantenimiento de la empresa pesquera y la prestadora del servicio de mantenimiento, se ha realizado el esquema de durabilidad de equipos de pesca siguiente:

Durabilidad de equipos de pesca:

Tabla 11: *Durabilidad de equipos con o sin RCM*

N°	Equipo	Vida útil sin RCM	Vida útil con RCM
1.	Motor de embarcación	10 años	15 años o +
2.	Winche de pesca	15 años	20 años o +
3.	Motor compresor	10 años	15 años o +
4.	Tanque de aire	15 años	20 años o +
5.	Cinturón	20 años	25 años o +
6.	Secador	15 años	20 años o +
7.	Enfriador	15 años	20 años o +

Fuente: Elaboración propia

La proyección de durabilidad de equipos de pesca que conforman la muestra con mantenimiento centrado en confiabilidad es de aproximadamente 5 años más, con relación a los mismos equipos con mantenimientos correctivos sin un plan.

4.4. Determinar los nuevos indicadores de mejora obtenidos del Plan de Mantenimiento elaborado.

De acuerdo a lo obtenido en el análisis NPR, se resolverán el 57.14% de todas las fallas existentes de los equipos de pesca, existiendo aún el 42.86% de fallas entre deseables y aceptables. En consecuencia, esto redundará en proyectar los nuevos indicadores MTTR y MTBF que se traducirán en mejora de disponibilidad de los equipos de pesca, según el cuadro siguiente:

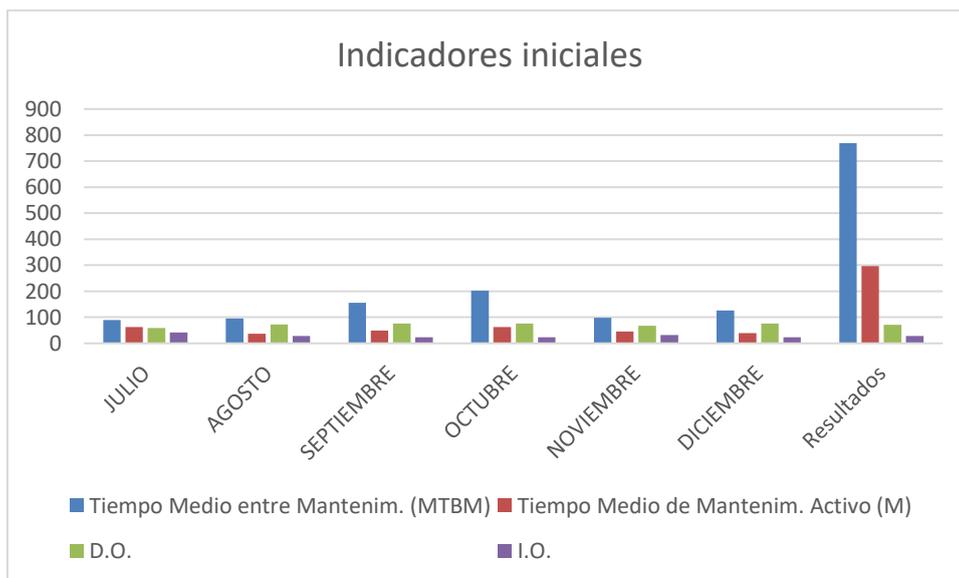
Tabla 12: Determinación de nuevos indicadores de mantenimiento

MES	Tiempo Medio entre Mantenim. (MTBM)	Tiempo Medio de Mantenim. Activo (M.T.T.R.)	D.O. (%)	I.O. (%)
1	126.00	27.00	82.35	17.65
2	117.23	15.77	88.14	11.86
3	184.14	20.86	89.82	10.18
4	238.00	27.00	89.81	10.19
5	124.28	19.72	86.31	13.69
6	148.28	16.72	89.87	10.13
Resultados	937.93	127.07	88.07	11.93

Fuente: Elaboración propia.

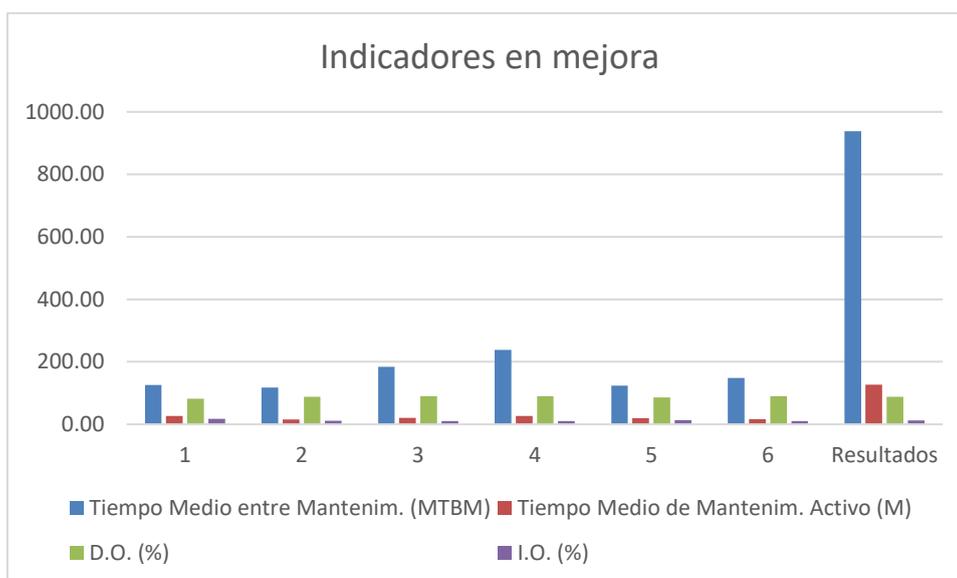
Interpretación: Para obtener el primer resultado, $MTTR = 63 * 0.4286 = 27.00$ horas/año; $MTBF = (63 - 27) + 90 = 126$ horas/año; que se traduce en esta forma: $MTTR \text{ proyectado} = MTTR \text{ inicial} * NPR \text{ de deseables} + \text{aceptables}$; $MTBF \text{ proyectado} = (MTTR \text{ inicial} - MTTR \text{ proyectado}) + MTBF \text{ inicial}$; luego se calcula la disponibilidad operacional en función a: $Do = \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)} * 100$

Figura 4: Indicadores de Mantenimiento: Antes del Plan RCM



Fuente: Elaboración propia

Figura 5: Indicadores de Mantenimiento: Después del Plan RCM



Fuente: Elaboración propia

4.5. Determinar el Costo beneficio del mantenimiento centrado en confiabilidad - RCM.

Los costos de mantenimiento correctivo y el preventivo en base a un plan de mantenimiento basado en RCM, se ha calculado en soles.

Costos de mantenimiento correctivo sin RCM:

Tabla 13: Costo de mano de obra por fallas con mantenimiento correctivo sin RCM

N°	Equipo	Núm. De fallas	Costo promedio por falla (S/.)	Costo total (S/.)
1.	Motor de embarcación	8	2,600.	20,800
2.	Winche de pesca	6	2,800.	16,800
3.	Motor compresor	5	860.	4,300
4.	Tanque de aire	5	650.	3,250
5.	Cinturón	4	900.	3,600
6.	Secador	4	360.	1,440
7.	Enfriador	4	360.	1,440
Total				51,630

Fuente: Elaboración propia

Los costos de mantenimiento de equipos deben incluir los repuestos, como es el caso de filtros y lubricantes del motor de embarcación, y el motor compresor, los cables, lubricantes y otros repuestos del Winche, los que se comercializan en dólares americanos, cuyo costo para fines didácticos se ha convertido a soles.

Tabla 14: Costo de repuestos por fallas con mantenimiento correctivo sin RCM

N°	Equipo	Núm. De fallas	Costo promedio por falla (S/.)	Costo total (S/.)
1.	Motor de embarcación	8	3,000.	24,000
2.	Winche de pesca	6	6,840.	41,040
3.	Motor compresor	5	1,330.	6,650
4.	Tanque de aire	5	950.	4,750
5.	Cinturón	4	1,520.	6,080
6.	Secador	4	874.	3,496
7.	Enfriador	4	760.	3,040
Total				89,056

Fuente: Elaboración propia

Las pérdidas económicas por la disminución de velocidad para el inicio y retorno de la faena, por la lentitud del trabajo del winche, y los demás equipos se ha estimado una pérdida de aproximadamente S/.108, 000 en los últimos 6 meses (a razón de 18,000 x mes). Por tanto, el gasto por mantenimiento por fallas y pérdidas de producción será:

Tabla 15: Costo y pérdidas con mantenimiento correctivo sin RCM

Item	Detalle	Costo (S/.)
1.	Costo de mantenimiento correctivo	140,686
1.1.	Mano de obra	51,630
1.2.	Costo de repuestos	89,056
2.	Pérdidas económicas	108,000
2.1	Valor de la producción perdida	108,000
Total		248,686

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 15, se observa que el costo total del mantenimiento correctivo sin RCM de los equipos de pesca asciende a un total de S/.248,686.00.

Por otro lado, se ha realizado la determinación de los costos del plan de mantenimiento de RCM, en base de 3 acciones importantes: la clasificación de procedimientos de mantenimiento, la formulación de formatos de sostenimiento, clasificada como costo interno de la compañía y la capacitación del personal del área de mantenimiento, obteniendo lo siguiente:

Tabla 16: Costo de mantenimiento propuesto de RCM.

Item	Detalle	Costo (S/.)
1.	Costo de tareas de mantenimiento propuestas	32,630
2.	Costos de formatos para mantenimiento	0
3.	Costo de capacitación	18,600
Total		51,230

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16 se muestran los costos determinados de la propuesta formulada para la empresa pesquera por un total de S/ 51,230, comprendiendo tareas de conservación aquellas que insumen mayores costos de puesta en práctica debido a que se requiere adquirir materiales, herramientas y repuestos; sobre todo para los equipos con nivel prioritario y riesgo alto.

Tabla 17: Costo de mantenimiento actual de RCM.

Item	Detalle	Costo (S/.)
Costo de mantenimiento actual	Sin RCM	248,686
Costo de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM)	Propuesta	51,230
Total		197,456

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 17, se aprecia que, los costos de implementación del mantenimiento RCM están por debajo de los costos de mantenimiento correctivo que aplica la compañía pesquera, representando un ahorro de S/.197, 456.

V. DISCUSIÓN

Los resultados de la investigación sobre mejora de plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, han demostrado que con esa metodología se logra la ampliación de la vida útil de los equipos de pesca hasta por 5 años o más, así como otros factores, que si contrastamos con otros estudios tenemos lo siguiente:

Con relación a Hernández (2021) que en su trabajo sobre “Programa de mantenimiento del sistema de propulsión de un barco pesquero polivalente aplicando metodología RCM”, cuyo objetivo estuvo enfocado a la puesta en práctica del método de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad o RCM, con herramientas como la técnica FMECA, para analizar y evaluar los modos de fallo y efectos en el sistema de propulsión de barco pesquero tuvo como resultado que, no obstante ser el RCM el método más utilizado en las diversas industrias. En el ámbito naviero se puede establecer como técnica de sostenimiento que posibilite el aumento de la vida útil de los equipos y sistemas instalados en la nave, mediante el análisis de fallos y evaluación de puntos críticos; se han identificado los fallos de función, modos de fallo, orígenes y consecuencias, sobresaliendo los de más severidad; llegando a conseguir que los equipos, subsistemas y sistemas que conforman el sistema propulsor del barco, se encuentren disponibles, mejorando la rentabilidad económica. Este resultado y conclusiones concuerdan con los obtenidos por la presente investigación que ha establecido una extensión de 5 años o más de su vida útil.

Con la investigación de Flores y Molina (2021) sobre “Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC-EP”, con el objetivo de implementar un plan de mantenimiento con base a RCM para la flota de vehículos de la Empresa Municipal Mancomunada del Pueblo Cañari, cuyo giro es el recogimiento de residuos sólidos orgánicos e inorgánicos de la mancomunidad. El estudio permitió identificar 49 elementos priorizados, para realizar el análisis de criticidad, permitiendo seleccionar 9 elementos automotrices para ser optimizados, como: embrague, hojas de resorte, motor, radiador, manguera hidráulica, cables, neumáticos, frenos y chasis, a los que se les debe dar un mantenimiento especializado, estos resultados que son de tipo general, contrastados con los

obtenidos en el presente estudio, éstos coinciden con el agregado que en el presente si se ha establecido la extensión de la vida útil de los equipos y el costo beneficio favorable para la empresa.

Con relación al estudio de Achahuanco (2020) sobre “Análisis del mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM, en la subestación San José, para la estabilidad del Sistema Interconectado Nacional SEIN, en base a la confiabilidad de sus equipos”; donde el propósito fue elaborar un RCM para la S.E. San José 500 KV, previo diagnóstico y mediante mantenimiento predictivo; se ha obtenido como resultado que el equipo con mayor criticidad de la subestación es el autotransformador de 600 MVA; así como también el sistema eléctrico el más depreciable por su lucro cesante a raíz del costo de su mantenimiento correctivo; concluyendo que un plan de mantenimiento anual de los equipos directamente e indirectamente comprendidos con el proceso de suministro de energía, va a permitir su adecuada operatividad, prolongación de su ciclo de vida y en especial de su fiabilidad requerida por el sistema e instalaciones de la empresa. Estos resultados coinciden en parte con los obtenidos en la presente investigación, sobre todo en la extensión del ciclo de vida de los equipos, y el adicional del costo beneficio para la empresa pesquera.

Con respecto a Abad (2022) su trabajo sobre “Aplicación de la metodología RCM para incrementar la disponibilidad operativa de camiones-volquetes de una empresa minera, 2021”; cuya finalidad fue establecer cómo la puesta en práctica de la metodología (RCM) mejora la disponibilidad operativa de estos vehículos utilizados en minería, luego de evaluar su contexto, fallas críticas, acciones correctivas y preventivas, se obtuvo como resultado que la utilización del AMEF, ha identificado un 80% de desperfectos, concluyendo que el novedoso sistema de conservación organizado y sistematizado posibilita la detección de fallos ocultos y prevención de las operacionales, obteniendo la mejora de la disponibilidad de 76.34% a 92.98%, el tiempo medio entre fallos (MTBF) de 13.66 a 37.96 horas y un tiempo medio de reparación (MTTR) de 4.2 a 2.3 horas; por otro lado, se ha demostrado la viabilidad económica de su implementación, lo que coincide con los obtenidos en la presente investigación, en especial lo que a tiempo disponible del activo se refiere.

Con relación al trabajo de Cotos y Mejía (2020) sobre “Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una planta de alimento balanceado en La Libertad Trujillo”, en donde el objetivo ha sido establecer un mantenimiento basado en RCM, para aumentar la disponibilidad de los activos; luego de los análisis de la condición situacional y la aplicación de las herramientas de RCM, así como formulado de un plan de mantenimiento se ha obtenido como resultado el aumento de la disposición de 10.17% y la fiabilidad en 0.44%, resultados que representan mejoras importantes de operación, y beneficios generando un ahorro de US\$ 58 201.84 por año, en horas perdidas y costos por mantenimiento preventivo y predictivo de US\$ 32,330, generando un beneficio de 25,871.84 US\$/año, además de una inversión inicial en equipamiento de US\$.18 900.00; es decir una recuperación operacional de la inversión (ROI) de 0.7305 años \approx 9 meses, positivo para la empresa. Estos resultados que permiten concluir que el mantenimiento centrado en confiabilidad es favorable coincide con los obtenidos en la presente investigación, que no obstante estar enunciado en soles, también se obtiene un ahorro de S/.197, 456 en unos seis meses aproximadamente.

Con respecto al trabajo de Acuña y Carbajal (2021) sobre “RCM y su impacto en los costos por paradas no programadas de camiones cisterna en una unidad minera de La libertad, 2018”; el objetivo fue conocer la medida en que el RCM influye en los costos por paros de funcionamiento no previstos, aplicó el análisis de criticidad a 28 elementos en 45 fallas presentadas durante el 2018 y determinó como prioridad a 6 componentes, para la aplicación del AMEF, en una hoja de decisión y evaluación NPR con cinco (5) modos de falla aceptables, doce (12) reducibles y cinco (5) inaceptables; y aplicación de un plan de sostenimiento acorde a las condiciones de operación de las unidades; se obtuvo como resultado que, el impacto de la implementación del RCM, en el año 2019, comparado con el 2018 ha generado un impacto positivo de US \$. 4,656.53, es decir un 5.22% de mejora; estos resultados contrastados con los obtenidos en la presente investigación que son favorables a la empresa que utiliza el RCM, con un ahorro de S/.197,456, que incluye el costo de mantenimiento correctivo y las pérdidas de producción superadas con el buen funcionamiento de los equipos de pesca.

VI. CONCLUSIONES

- 6.1. El proceso de mantenimiento actual de la empresa pesquera es el correctivo, que muestra deficiencias que incrementan las fallas de las maquinarias y reducen su disponibilidad y durabilidad, causando una disminución del nivel de productividad, determinando que los activos críticos son: (i) motor de embarcación, (ii) winche de pesca, y (iii) Motor compresor, el 42% de los activos analizados; adicionalmente se evaluaron otros cuatro equipos con un nivel de criticidad medio (28%) y bajo (30%).
- 6.2. Las principales herramientas de RCM, para la evaluación del funcionamiento de equipos, como el análisis de modos y efectos de fallas AMEF, el análisis de criticidad, y análisis de riesgos para aplicar el RCM, análisis de riesgos, van a coadyuvar a extender el ciclo de vida de los activos que conformaron la muestra de estudio.
- 6.3. La propuesta de programa de mantenimiento se ha basado en tres actividades: la selección de tareas de mantenimiento mediante AMEF y la elaboración de los formatos de mantenimiento y capacitaciones de recursos humanos. Asimismo, el AMEF, encontró tres equipos con riesgo alto y la hoja de información de RCM, ha identificado que los efectos de las fallas son de operación, debido a que disminuyen la velocidad de la embarcación y del proceso de pesca, afectando aparte de la producción y el tiempo de vida útil de los equipos por las constantes reparaciones. Este plan se basa en cuatro tipos de mantenimiento: comprobaciones diarias, cada 1,000, 6,000, 12,000 horas de funcionamiento u overhaul. Este mantenimiento en base a RCM extiende la vida útil de los equipos hasta por 5 años o más.
- 6.4. Se ha proyectado en base al NPR los nuevos indicadores MTBF, MTTR, Disponibilidad Operacional e Indisponibilidad del sistema, tomando como base 6 meses, tan igual como se realizó en la evaluación inicial. De acuerdo a esta proyección se ha podido establecer la mejora de disponibilidad global de un% a% y la indisponibilidad, de un%

al ... %; percibiéndose mayores tiempos de operación y menores tiempos de reparaciones.

- 6.5. Del análisis de costo-beneficio de la implementación del plan de mantenimiento centrado en confiabilidad, RCM, se ha establecido que la empresa pesquera en cuya embarcación funcionan los equipos materia de estudio, como efecto obtiene un ahorro de S/. 197,456. Es decir, de un gasto por mantenimiento correctivo de equipos aumentado por las pérdidas en la producción por fallas de los equipos de pesca de S/.248, 686, en los últimosseis meses de trabajo, comparado con la inversión de un plan de mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, por un total de S/.51, 230, se obtiene un ahorro de S/.197, 456, en dichos seis meses, en beneficio de la empresa pesquera.
- 6.6. Se ha demostrado que el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad va a mejorar el rendimiento efectivo de los equipos de pesca y la extensión de su vida útil por hasta 5 años o más de operación.

VII. RECOMENDACIONES

- 7.1. El área de personal de la empresa pesquera debe aplicar medidas de selección de los recursos humanos para el área de mantenimiento de sus equipos y brindar capacitación constante sobre RCM, para todo el personal clave incluidos en el mantenimiento de los equipos.
- 7.2. Implementar un sistema de supervisión de mantenimiento, para la verificación del cumplimiento de la programación del plan de RCM y aplicación de los correspondientes tipos de mantenimiento de acuerdo al tiempo de funcionamiento de los equipos, con la finalidad de mantener el rendimiento constante y prolongación de la vida útil de los equipos de pesca.
- 7.3. El personal de la empresa pesquera debe extender el análisis a todos los demás equipos de la embarcación pesquera, mediante las herramientas de RCM para determinar su criticidad y nivel de riesgo, con la finalidad de incluirlos en el plan de mantenimiento RCM y así extender su vida útil y su rendimiento operativo.
- 7.4. Mantener el control de los ingresos y gastos, así como de la rentabilidad de la empresa pesquera, para verificar que estos sean constantes y no presenten grandes altibajos en desmedro económico de la empresa.
- 7.5. Las empresas del mismo rubro y similares deben de implementar un sistema de mantenimiento centrado en confiabilidad para mantener operativos sus activos y no tener problemas de averías físicas de estos o pérdidas económicas.

REFERENCIAS

- Abad, R. (2022) *Aplicación de la metodología RCM para incrementar la disponibilidad operativa de camiones-volquetes de una empresa minera, 2021*. [Tesis de pregrado para Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte, Lima.
- Achahuanco, A. (2020) *Análisis del mantenimiento centrado en la confiabilidad - RCM, en la subestación San José, para la estabilidad del Sistema Interconectado Nacional SEIN, en base a la confiabilidad de sus equipos*. [Tesis de maestría en Ingeniería de mantenimiento, Universidad Católica Santa María]. Repositorio institucional de la Universidad Católica Santa María, Arequipa.
- Acuña, C. y Carbajal, J. (2021) *Mantenimiento centrado en confiabilidad y su impacto en costos por paradas no programadas de los camiones cisterna en una unidad minera de La libertad, 2018*. [Tesis de pregrado para Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte]. Repositorio Institucional de la Universidad Privada del Norte UPN, Trujillo.
- Aguilar, J., Torres, R., y Magaña, D. (2010) Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. *Tecnología, Ciencia, Educación*, 25,(1), 15-26.
- Asensio, F. (2019) *Implementación del Mantenimiento Centrado en la Fiabilidad (RCM) en los motores de las lanchas de instrucción*. [Trabajo de pregrado, Universidad de Vigo] Repositorio Institucional de la Universidad de Vigo. Centro Universitario de la Defensa Naval en la ENM. España.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación*. Tercera edición. Edición en español. Orlando Fernández Palma. Prentice Hall. 2010. Bogotá.
- Campos, O., Tolentino, G., Toledo, M., Tolentino, R. (2019) Metodología de

mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) considerando taxonomía de equipos, base de datos y criticidad de efectos. *Científica*, 23(1), 51-59. Instituto Politécnico Nacional. México.

Capa, Y. (2019) *Plan de mantenimiento del barco pesquero "Ciudad de Cartagena"*. [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena, España.

Cotos, J. y Mejía, L. (2020) *Plan de mantenimiento basado en RCM, para aumentarla disponibilidad de la línea 1 de peletizado en una planta de alimento balanceado en La Libertad Trujillo*. [Tesis de pregrado para Ingeniero Mecánico Electricista, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo.

Cox, F. (2013). *Sector pesquero y acuícola*. Chile: ODEPA. Obtenido de <https://luistapia26.files.wordpress.com/2014/12/1394541106sectorpesquero1.pdf>

Flores, D. y Molina, D. (2021) *Elaboración de un plan de mantenimiento basado en RCM para la flota vehicular de la empresa pública EMMAIPC- EP*. [Trabajo de pregrado, Universidad Politécnica Salesiana]. Repositorio de la Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca. Ecuador.

García, S. (2003) *Organización y gestión integral del mantenimiento: manual práctico para la implantación de sistemas de gestión avanzados de mantenimiento integral*. Díaz de Santos Ed. Madrid.

García, R. (2015) *Mantenimiento del buque. 1º Parte, Introducción al plan de Mantenimiento*. Ingeniero Marino, 1-23.

Geldres, R. (2018) *Mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en la industria peruana. Una revisión sistemática de literatura científica de los últimos 10 años*. [Trabajo de investigación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio institucional de la Universidad Privada del Norte. UPN. Trujillo.

- Gómez, S., Zapata, L., Medina, D., González, S., Caicedo, J., y Baos, R. (2015). *Guía de buenas prácticas pesqueras*. Santiago de Cali: WWF-Colombia. https://d2ouvy59p0dg6k.cloudfront.net/downloads/bpp_b19_c13_web.pdf
- Hernández, J. (2021) *Programa de mantenimiento del sistema de propulsión de un barco pesquero polivalente aplicando metodología RCM*. [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena. Cartagena España.
- Holguín, M. (2013) *Mantenimiento, Introducción, definiciones y principios*. Universidad Tecnológica de Pereira. <http://univirtual.utp.edu.co/pandora/recursos/1000/1041/1041.pdf>
- Karevan, A. y Vasili, M. (2018) *Sustainable Reliability Centered Maintenance Optimization considering risk attitude*. 3, Irán, s.n., Journal of applied Research on industrial, Vol. 5
- Lundgren, C., Skoogh, A., Bokrantz, J. (2018). Quantifying the Effects of Maintenance - a Literature Review of Maintenance Models. *Procedia CIRP*, 72, 1305-1310. https://research.chalmers.se/publication/507434/file/507434_Fulltext.pdf
- Madasse, A. (2019) *Aplicación de la Metodología RCM en motores de propulsión marina*. [Trabajo de posgrado, Universidad Politécnica de Cartagena]. Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena. España.
- Mármol, J. (2016) *Mantenimiento estructural y del casco de buques de carga*. [Trabajo de fin de grado, Universidad Politécnica de Cartagena] Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica de Cartagena. España.
- Medicina, J. (2014). Pesca artesanal en el Perú. *Revista Lima*: Universidad de Lima. https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/viewFil

e/ 115/122.

Moubray, J. (2017) *Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCMII. United States:North Carolina*. Editorial Panamerican, 2da Edición

Pinedo, L. (2018) *Aplicación del mantenimiento preventivo para disminuir los costos de mantenimiento de la empresa pesquera ICEF S.A.C. – Chimbote 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio institucional de la Universidad César Vallejo.

Rosales, M. (2019) *Influencia de un plan de mantenimiento preventivo en la productividad del proceso de hilado de la empresa HILURIN S.A.C.* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Sáenz, C. (2016). *Diagnóstico del estado de la función mantenimiento en el sector pesquero en el norte peruano. Piura*: Universidad de Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2654/IME_207.pdf?sequence=1

Santa Cruz, C. (2019) *El plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) y su influencia en la disponibilidad de las unidades de la flota vehicular Municipalidad de San Miguel - Callao 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Callao]. Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Callao – UNDAC.

ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TEMA:	MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) PARA LOS EQUIPOS DE PESCA EN UNA EMPRESA INDUSTRIAL			
PROBLEMAS	OBJETIVOS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>Problema General: ¿De qué manera se muestra la mejora del plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) en los equipos de pesca en una empresa industrial?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> ¿Cuál es la situación actual de los equipos de pesca en una empresa industrial? ¿Cuáles son las herramientas RCM para analizar las fallas de los equipos de pesca? ¿En qué consiste un programa de mantenimiento para el (RCM) en los equipos de pesca? ¿Cuáles son los valores de los indicadores en mejora luego del plan de mantenimiento? ¿Cuál es el costo beneficio del mantenimiento centrado en confiabilidad para equipos de pesca? 	<p>Objetivo General: Mejorar el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) en los equipos de pesca de una empresa industrial.</p> <p>Objetivos específicos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Evaluar el estado actual de los equipos de la empresa pesquera. 2. Determinar el Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y NPR. 3. Elaborar un programa de mantenimiento basado en los resultados del AMEF y NPR del RCM. 4. Determinar los nuevos indicadores de mejora obtenidos del Plan de Mantenimiento elaborado. 5. Determinar el costo beneficio del mantenimiento centrado en la confiabilidad – RCM. 	<p>V.I.: Plan de Mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM.</p> <p>V.D.: Mejora en los equipos de pesca para una empresa industrial</p>	<p>Tiempo medio entre fallas (MTBF)</p> <p>Tiempo medio de reparación (MTTR)</p> <p>Disponibilidad Confiabilidad Costos.</p>	<p>Tipo: Aplicada;</p> <p>Nivel: Descriptivo;</p> <p>Diseño: Pre experimental</p> <p>Población: equipos de barcos, que son utilizadas para llevar a cabo el proceso de pesca industrial, proveídos por la empresa.</p> <p>Muestra: Equipos de pesca para una empresa industrial</p> <p>Muestreo: No probabilístico.</p> <p>Instrumento: Formato de registro.</p>

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2:

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Mantenimiento centrado en confiabilidad RCM	Es el enfoque para la planificación de actividades de mantenimiento basado en funciones para detección de fallas y elección de estrategias para permitir un mantenimiento permanente y confiable. (Lundgren, et al. 2018)	Metodología de uso extendido para planes y estrategias de mantenimiento preventivo, predictivo, búsqueda de fallas y otros. (Cotos y Mejía, 2020)	Criticidad Frecuencia Consecuencia	Tiempo medioEscala Número de intervenciones Impacto operacional; Flexibilidad operacional; Costos de mantenimiento; Impacto a Seguridad, Ambiente e Higiene.	Razón
Mejora de equipos y máquinas para pesca.	Tiempo de duración y disponibilidad de un equipo o máquina destinada a laboresde pesca industrialen buque, determinado por varios factores. (Capa, 2019)	Duración de equipos y máquinas determinado por factores como productividad, tecnología, mecánica y mantenimiento. (Pinedo, 2018)	Productividad Tecnología Costos	Tiempo de funcionamiento. Tiempos de paralización. Disponibilidad; Confiabilidad Repuestos adecuados Mantenimiento. Mano de obra.	Razón Razón Porcentual Porcentual Razón Razón Razón

Nota: Elaboración propia

ANEXO 3:

**REPORTE DE INSPECCIONES
DE OPERADOR**

N° DE LÍNEA:	MANTENIMIENTO DE EQUIPOS DE EMBARCACIÓN						
ÍTEM	NOMBRE DE EQUIPO	FALLA DETECTADA	DESCRIPCIÓN DE LA FALLA	RESPONSABLE	OBSERVACIONES	HORA	FECHA

ANEXO 4:

REGISTRO DE EVENTOS DE FALLAS

LUGAR:		EMBARCACIÓN		REPORTE DE EVENTOS DE FALLAS						
DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN	EQUIPO	DENOMINACIÓN EQUIPO	FECHA	HORA INICIO	FECHA	HORA FIN	UNID.	DURACIÓN	PROBLEMA
		1	Motor de embarcación							
Embarcación	Filtros	1		10/08/2021	09:20:12	10/08/2021	12:20:00	Hora	3 horas	Mecánico
Embarcación	Filtros	1		18/08/2021	16:50:00	18/08/2021	19:10:00	Hora	1 hora	Mecánico
Embarcación	Filtros	1		20/08/2021	14:26:00	20/08/2021	18:24:00	Hora	4 horas	Mecánico
Embarcación	Encendido	1		18/10/2021	09:18:00	18/10/2021	14:20:00	Hora	5 Horas	Eléctrico
Embarcación	Encendido	1		29/10/2021	08:10:20	29/10/2021	15:20:00	Hora	7 Horas	Eléctrico
Embarcación	Aceite	1		10/11/2021	08:50:00	10/11/2021	14:29:00	Hora	6 Horas	Mecánico
Embarcación	Filtros	1		29/11/2021	10:10:00	29/11/2021	16:20:00	Hora	6 Horas	Mecánico
Embarcación	Encendido	1		12/12/2021	08:11:00	12/12/2021	14:22:00	Hora	6 Horas	Eléctrico
Embarcación		2	Winche de pesca					Hora		
Embarcación	Picado	2		09/08/2021	08:30:00	09/08/2021	12:20:00	Hora	4 Horas	Mecánico
Embarcación	Cable	2		20/08/2021	09:10:20	20/08/2021	12:10:00	Hora	3 Horas	Mecánico
Embarcación	Encendido	2		19/09/2021	10:12:00	19/09/2021	14:20:00	Hora	4 horas	Eléctrico
Embarcación	Encendido	2		10/10/2021	07:40:00	10/10/2021	10:20:00	Hora	3 horas	Eléctrico
Embarcación	Cable	2		20/11/2021	10:40:00	20/11/2021	12:20:00	Hora	2 Horas	Mecánico
Embarcación	Cable	2		18/12/2021	11:20:00	18/12/2021	15:42:00	Hora	4 horas	Mecánico
Embarcación		3	Motor compresor					Hora		
Embarcación	Encendido	3		15/08/2021	08:30:00	15/08/2021	11:20:00	Hora	3 horas	Eléctrico

Embarcación	Aire	3		29/08/2021	08:22:00	29/08/2021	12:20:00	Hora	4 horas	Mecánico
Embarcación	Aire	3		18/10/2021	10:11:00	18/10/2021	11:40:00	Hora	1 Hora	Mecánico
Embarcación	Filtros	3		10/11/2021	09:10:00	10/11/2021	12:10:00	Hora	4 horas	Mecánico
Embarcación	Filtros	3		12/12/2021	08:40:00	12/12/2021	12:20:00	Hora	4 horas	Mecánico

Embarcación		4	Tanque de aire					Hora		
Embarcación	Compresión	4		15/08/2021	09:20:00	15/08/2021	11:20:00	Hora	2 Horas	Eléctrico
Embarcación	Compresión	4		20/08/2021	10:23:00	20/08/2021	12:20:00	Hora	2 Horas	Eléctrico
Embarcación	Sellado	4		10/11/2021	08:20:00	10/11/2021	09:10:00	Hora	1 Hora	Mecánico
Embarcación	Sellado	4		20/11/2021	08:10:00	20/11/2021	09:20:00	Hora	1 hora	Mecánico
Embarcación	Llave	4		10/12/2021	08:22:00	10/12/2021	09:10:00	Hora	1 hora	Mecánico
Embarcación		5	Cinturón					Hora		
Embarcación	Picado	5		09/09/2021	09:10:00	09/09/2021	14:00:00	Hora	5 Horas	Mecánico
Embarcación	Picado	5		10/11/2021	08:10:00	10/11/2021	12:20:00	Hora	4 horas	Mecánico
Embarcación	Golpe	5		20/11/2021	12:30:00	20/11/2021	14:20:00	Hora	2 Horas	Mecánico
Embarcación	Golpe	5		23/12/2021	15:30:00	23/12/2021	16:20:00	Hora	1 hora	Mecánico
Embarcación		6	Secador					Hora		
Embarcación	Encendido	6		08/09/2021	08:20:00	08/09/2021	09:20:00	Hora	1 hora	Eléctrico
Embarcación	Encendido	6		20/09/2021	08:12:00	20/09/2021	09:30:00	Hora	1 hora	Eléctrico
Embarcación	Potencia	6		10/12/2021	12:20:00	10/12/2021	16:20:00	Hora	4 horas	Eléctrico
Embarcación	Potencia	6		22/12/2021	11:20:00	22/12/2021	12:40:00	Hora	1 hora	Eléctrico
Embarcación		7	Enfriador					Hora		
Embarcación	Encendido	7		02/08/2021	08:08:00	02/08/2021	11:20:00	Hora	3 horas	Eléctrico
Embarcación	Encendido	7		20/09/2021	07:10:00	20/09/2021	09:00:00	Hora	2 Horas	Eléctrico
Embarcación	Encendido	7		22/11/2021	07:20:00	22/11/2021	08:10:00	Hora	1 hora	Eléctrico
Embarcación	Encendido	7		28/12/2021	08:20:00	28/12/2021	10:10:00	Hora	2 Horas	Eléctrico

ANEXO 5:

ANÁLISIS DE CRITICIDAD, VALORES CRÍTICOS DE LAS FALLAS SEGÚN LOS ELEMENTOS O COMPONENTES

N° Falla	Sub sistema	Equipos	Falla	Frecuencia de falla	I.O.	F.O.	C.M.	I.S y M.A.	CONSECUENCIA IO*FO+CM*ISMA	CRITICIDAD	NIVEL DE CRITICIDAD
F1	Generación eléctrica	Motor de embarcación	Desnivel de dirección	3	10	4	2	8	56	168	C
F2	Sistema hidráulico	Winche de pesca	Escape en filtro	3	8	4	2	5	42	126	C
F3	Generación eléctrica	Motor compresor	Baja de presión	3	7	4	2	4	36	108	C
F4	Mecánico	Tanque de aire	Deterioro	2	6	3	2	6	30	60	MC
F5	Mecánico	Cinturón	Falla mecánica	2	4	2	2	6	20	40	MC
F6	Generación eléctrica	Secador	Falla instrumentación	1	6	3	2	3	24	24	NC
F7	Generación de frío	Enfriador	Falla mecánica	1	5	2	1	2	12	12	NC

Nivel de criticidad	Cantidad
Crítico	3
Medio crítico	2
No crítico	2

**ANEXO 6: CRITERIOS DE EVALUACIÓN DEL ANÁLISIS DE CRITICIDAD
(AMÉNDOLA, 2018)**

Frecuencia de fallas	
Elevado mayor a 40 fallas/año	4
Promedio 20-40 fallas/año	3
Buena 10-20 fallas/año	2
Excelente menos de 10 fallas/año	1

Impacto Operacional	
Parada total del equipo	10
Parada parcial del equipo y repercute a otro equipo o subsistema	7-9
Impacta a niveles de producción o calidad	5-6
Repercute en costos operacionales asociado a disponibilidad	2-4
No genera ningún efecto significativo	1

Flexibilidad Operacional	
No existe opción igual o equipo similar de repuesto	4
El equipo puede seguir funcionando	2-3
Existe otro igual o disponible fuera del sistema (stand by)	1

Costo de mantenimiento	
Mayor o igual a US\$ 400 (incluye repuestos)	2
Inferior a US\$ 400 (incluye repuestos)	1

Impacto a Seguridad Ambiente e Higiene	
Accidente catastrófico	8
Accidente mayor serio	6-7
Accidente menor e incidente menor	4-5
Cuasiaccidente o incidente menor	2-3
Desvío	1
No provoca ningún tipo de riesgo	0

ANEXO 7:

CRITERIOS PARA EVALUACIÓN DEL NPR (AMÉNDOLA, 2018)

Gravedad	
Descripción	Puntaje
Imperceptible	1
Escasa, falla menor	2-3
Baja, fallo inminente	4-5
Media, fallo pero no para el sistema	6-7
Elevada, falla crítica	8-9
Muy elevada, con problemas de seguridad, no conformidad	10

Ocurrencia	
Descripción	Puntaje
1 falla en más de 2 años	1
1 falla cada 2 años	2-3
1 falla cada 1 año	4-5
1 falla entre 6 meses y 1 año	6-7
1 falla entre 1 a 6 meses	8-9
1 falla al mes	10

Detección	
Descripción	Puntaje
Obvia	1
Escasa	2-3
Moderada	4-5
Frecuente	6-7
Elevada	8-9
Muy elevada	10

Las características de análisis del NPR (Número de Prioridad de Riesgo):

$NPR > 200$ Fallas Inaceptables (I).

$125 < NPR \leq 200$ Fallas reducibles deseables (R).

$NPR \leq 125$ Fallas Aceptables (A).

ANEXO 8:

DETERMINACIÓN DE NIVEL DE CRITICIDAD

N° Falla	Sub sistema	Equipos	Falla	Frecuencia de falla	I.O.	F.O.	C.M.	I.S y M.A.	CONSECUENCIA IO*FO+CM*ISMA	CRITICIDAD	NIVEL DE CRITICIDAD
F1	Generación eléctrica	Motor de embarcación	Desnivel de dirección	3	10	4	2	8	56	168	C
F2	Sistema hidráulico	Winche de pesca	Escape en filtro	3	8	4	2	5	42	126	C
F3	Generación eléctrica	Motor compresor	Baja de presión	3	7	4	2	4	36	108	C
F4	Mecánico	Tanque de aire	Deterioro	2	6	3	2	6	30	60	MC
F5	Mecánico	Cinturón	Falla mecánica	2	4	2	2	6	20	40	MC
F6	Generación eléctrica	Secador	Falla instrumentación	1	6	3	2	3	24	24	NC
F7	Generación de frío	Enfriador	Falla mecánica	1	5	2	1	2	12	12	NC

Nivel de criticidad	Cantidad
Crítico	3
Medio crítico	2
No crítico	2

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 9: INDICADORES INICIALES Y PROYECTADOS POST MEJORA.

MES	Tiempo Medio entre Mantenim. (MTBM)	Tiempo Medio de Mantenim. Activo (M)	D.O.	I.O.
JULIO	90	63	58.82	41.18
AGOSTO	96.2	36.8	72.33	27.67
SEPTIEMBRE	156.32	48.68	76.25	23.75
OCTUBRE	202	63	76.23	23.77
NOVIEMBRE	98	46	68.06	31.94
DICIEMBRE	126	39	76.36	23.64
Resultados	768.52	296.48	71.34	28.66

MES	Tiempo Medio entre Mantenim. (MTBM)	Tiempo Medio de Mantenim. Activo (M)	D.O. (%)	I.O. (%)
1	126.00	27.00	82.35	17.65
2	117.23	15.77	88.14	11.86
3	184.14	20.86	89.82	10.18
4	238.00	27.00	89.81	10.19
5	124.28	19.72	86.31	13.69
6	148.28	16.72	89.87	10.13
Resultados	937.93	127.07	88.07	11.93

ANEXO 10: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Figura 6: WINCHE DE PESCA MODELO ITALMECAN IT-25 (antes de su mantenimiento).



Figura 7: WINCHE DE PESCA MODELO ITALMECAN IT-25 (después de su mantenimiento).





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, SOVERO LAZO NELLY ROXANA, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "MEJORA DEL PLAN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) EN LOS EQUIPOS DE PESCA EN UNA EMPRESA INDUSTRIAL.", cuyo autor es TRELLES NEYRA LUIS FERNANDO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 23.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

TRUJILLO, 17 de Marzo del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
SOVERO LAZO NELLY ROXANA DNI: 20048561 ORCID: 0000-0001-5688-2258	Firmado electrónicamente por: NRSOVEROS el 21- 03-2023 15:00:44

Código documento Trilce: TRI - 0537346