



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA
ELÉCTRICA

Mantenimiento predictivo por método shock pulse para aumentar la
disponibilidad de equipos rotativos en una planta de harina de
pescado

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
MECÁNICO ELÉCTRICISTA

AUTOR:

Rosado Alvarado, Erik Saúl (0000-0003-0644-2478)

ASESOR:

Dr. Dávila Hurtado Freddy (0000-0001-8604-8811)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Sistemas y Planes de Mantenimiento

CHICLAYO – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Se lo dedico a mi madre, quien es la persona que me crío a pesar de las adversidades y me brindo la educación con la que hoy puedo cumplir mis sueños.

A Leslie, mi compañera de vida, que siempre me motiva a seguir adelante y me apoya con su gran amor.

A mi abuelo, a quien amo como a mi padre y que ahora me acompaña desde el cielo.

AGRADECIMIENTO

A Dios, sobre todo.

A mi familia , amistades y compañeros de trabajo que me apoyaron a culminar mi carrera universitaria.

A mi asesor el Dr. Freddy Dávila Hurtado por brindarme su tiempo para la revisión de este estudio y por sus consejos en el proceso de elaboración

A la universidad Cesar Vallejo por acogerme y darme la oportunidad de titularme en su institución.

Índice de contenidos

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
Índice de contenidos.....	iii
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
RESUMEN.....	7
Abstract	8
I INTRODUCCIÓN	9
II MARCO TEÓRICO	13
III METODOLOGÍA.....	23
3.1 Tipos y diseño de investigación	23
3.2 Variables y operacionalización	23
3.3 Población, muestra y muestreo	23
3.3.1 Población.....	23
3.3.2 Muestra.....	24
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
3.5 Procedimientos	24
3.6 Método de análisis de datos	25
3.7 Aspectos éticos.....	25
IV RESULTADOS	26
4.1 Descripción de la situación actual de la gestión de mantenimiento.	26
4.1.1 Datos generales.....	26
4.1.2 Reseña de la empresa.....	26
4.1.3 Gestión actual del mantenimiento.....	29

4.2	Determinar la criticidad de equipos rotativos	35
4.3	Programar las actividades de mantenimiento	38
4.3.1	Actividades de mantenimiento para Secador Rotatubo:	39
4.3.2	Actividades de mantenimiento para Separadora Ambiental:	43
4.3.3	Actividades de mantenimiento para Bombas:.....	46
4.3.4	Actividades de mantenimiento para Secador Aire Caliente:	49
4.3.5	Actividades de mantenimiento para Ventilador/Exhaustor:..	52
4.3.6	Actividades de mantenimiento para Molinos:	55
4.3.7	Actividades de mantenimiento para Prensa:	58
4.4	Evaluar la inversión para la implementación del programa de mantenimiento predictivo, usando los indicadores VAN y TIR.....	63
V	DISCUSIÓN.....	65
VI	CONCLUSIONES	69
VII	RECOMENDACIONES.....	70
	REFERENCIAS	71
	ANEXOS.....	73

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de Medición.....	18
Tabla 2. Criterios para evaluar criticidad de equipos	20
Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	24
Tabla 4. HeadCount del área de mantenimiento.....	31
Tabla 5. Cronología de aplicación de estrategias	33
Tabla 6. Listado de equipos rotativos	35
Tabla 7. Listado de equipos rotativos	36
Tabla 8. Listado de equipos rotativos en categoría crítica	38
Tabla 9. FOR-PDT-INS Formato de Inspección visual	40
Tabla 10. Formato de Inspección de vibraciones en Secador Rotatubo	42
Tabla 11. Formato de Inspección de vibraciones en Separadoras	45
Tabla 12. Formato de Inspección de vibraciones en Bombas centrífugas.....	48
Tabla 13. Formato de Inspección de vibraciones en Secador de Aire Caliente ...	51
Tabla 14. Formato de Inspección de vibraciones en Ventiladores/Exhaustores..	54
Tabla 15. Formato de Inspección de vibraciones en Molinos	57
Tabla 16. Formato de Inspección de vibraciones en Prensas.....	60
Tabla 17. Resumen de programación.....	61
Tabla 16. Egresos para implementación.....	63
Tabla 17. Cálculo VAN, TIR, PR	64

Índice de gráficos y figuras

Figura 1. <i>Desembarque de recursos hidrobiológicos</i>	9
Figura 2. <i>Mapa de pesca de anchoveta</i>	10
Figura 3. <i>Tipos de Mantenimiento</i>	15
Figura 4. Bearing Checker.....	16
Figura 5. Proceso de demodulación	17
Figura 6. Sonda de mano	17
Figura 7. <i>Resultado de medición</i>	18
Figura 8. Matriz de criticidad propuestas por CTR	21
Figura 9. <i>Tipos de disponibilidad</i>	22
Figura 10. Organigrama empresarial.....	27
Figura 11. Diagrama de flujo del proceso.....	28
Figura 12. Organigrama de Gerencia de Operaciones.....	29
Figura 13. Organigrama del área de mantenimiento de planta.....	30
Figura 14. Estrategias de mantenimiento de la empresa	32
Figura 15. Avisos correctivos del 2020 al 2021	32
Figura 16. Avisos preventivos del 2020 al 2021	33
Figura 17. Resultado de categorización de criticidad	37
Figura 18. Criticidad de Equipos por encuesta	37
Figura 19. Secador Rotatubo.....	39
Figura 20. Separadora Ambiental.....	43
Figura 21. Bomba de Emisor PAC.....	46
Figura 22. Secador de aire caliente.....	49
Figura 21. Ventilador de Combustión SAC	52
Figura 21. Molino Húmedo	55
Figura 25. Prensa	58

RESUMEN

CFG Investment SAC es una empresa de fabricación de harina y aceite de pescado con una planta en Chicama Norte que busca aumentar su 86.4% de disponibilidad de planta, por ello se investiga la implementación del mantenimiento predictivo por método de shock pulse seleccionando 14 equipos rotativos que han sido categorizados como críticos utilizando la metodología basada en el riesgo; un método semi cualitativo que evalúa la criticidad de los equipos y los categoriza como no crítico, semi crítico y crítico. Para los 14 equipos rotativos críticos se elabora un programa de mantenimiento describiendo el alcance, método e instrumento a usar, y las frecuencias de ejecución por personal propio y tercero. Los formatos indican el esquema de medición y los datos a ser recogidos por el operador y técnico de mantenimiento con una inspección visual y el uso del instrumento Bearing Checker. El resultado de las mediciones será ingresado a una hoja Excel y analizadas para predecir la falla del elemento rodante del equipo rotativo. La implementación genera un flujo de caja con indicadores financieros VAN= \$25,658, TIR= 23% con un interés de 2% mensual, confirmando que la investigación es viable.

Palabras clave: Predictivo, Método Shock Pulse, Rotativo, Bearing Checker, disponibilidad.

Abstract

CFG Investment SAC is a fishmeal and fish oil manufacturing company with a plant in Chicama Norte that seeks to increase its 86.4% plant availability, for this reason the implementation of predictive maintenance by shock pulse method is investigated, selecting 14 rotating equipment that have been categorized as critical using the risk-based methodology; a semi-qualitative method that evaluates the criticality of the equipment and categorizes them as non-critical, semi-critical and critical. For the 14 critical rotating equipment, a maintenance program is prepared describing the scope, method and instrument to be used, and the frequencies of execution by own and third party personnel. The formats indicate the measurement scheme and the data to be collected by the operator and maintenance technician with a visual inspection and the use of the Bearing Checker instrument. The result of the measurements will be entered into an Excel spreadsheet and analyzed to predict the failure of the rotating equipment rolling element. The implementation generates a cash flow with financial indicators NPV= \$25,658, IRR= 23% with an interest rate of 2% per month, confirming that the research is viable.

Keywords: Predictive, Shock Pulse Method, Rotary, Bearing Checker, availability.

I INTRODUCCIÓN

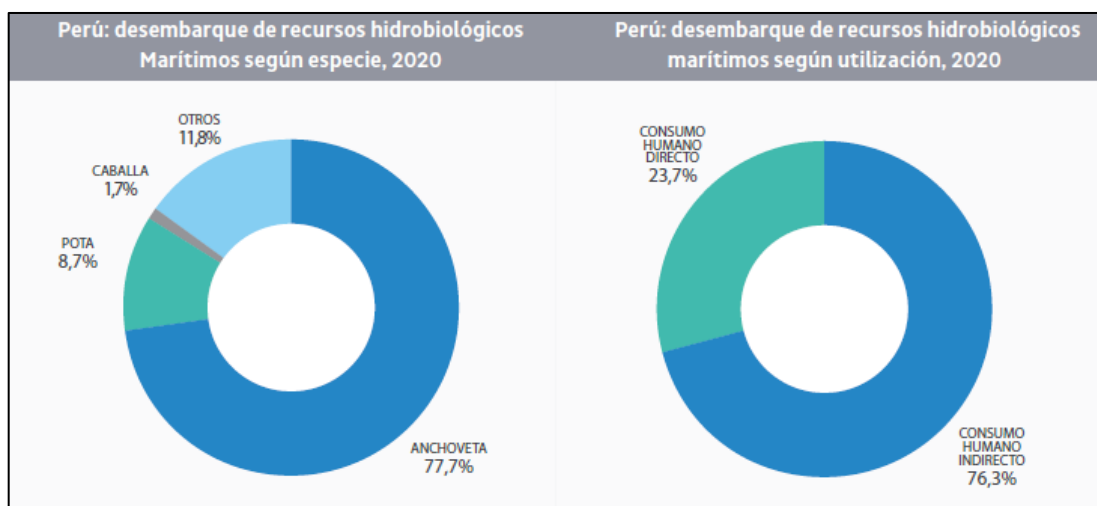
La nueva era de la industrialización ha enfatizado los alcances de la productividad que buscan la reducción de costos para mayores ganancias, esto ha incurrido en que las empresas tengan sus procesos disponibles y los equipos no presenten fallas en la producción.

El sector pesquero se está incluyendo a la nueva era de la industrialización debido a los estándares internacionales de calidad exigidos para comercializar la harina y aceite de pescado que hoy en día se ha vuelto materia prima para alimento de animales ganaderos y de acuicultura en países de Europa y Asia.

El Perú tiene aproximadamente tres mil kilómetros de costa (INEI,2010) donde se desarrollan especies marinas que son capturadas para el consumo humano directo (CHD) y consumo humano indirecto (CHI).

En el siguiente gráfico extraído del Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola del año 2020, se muestran los porcentajes de especies capturadas (izquierda) y el sector de consumo (derecha), ver figura 1.

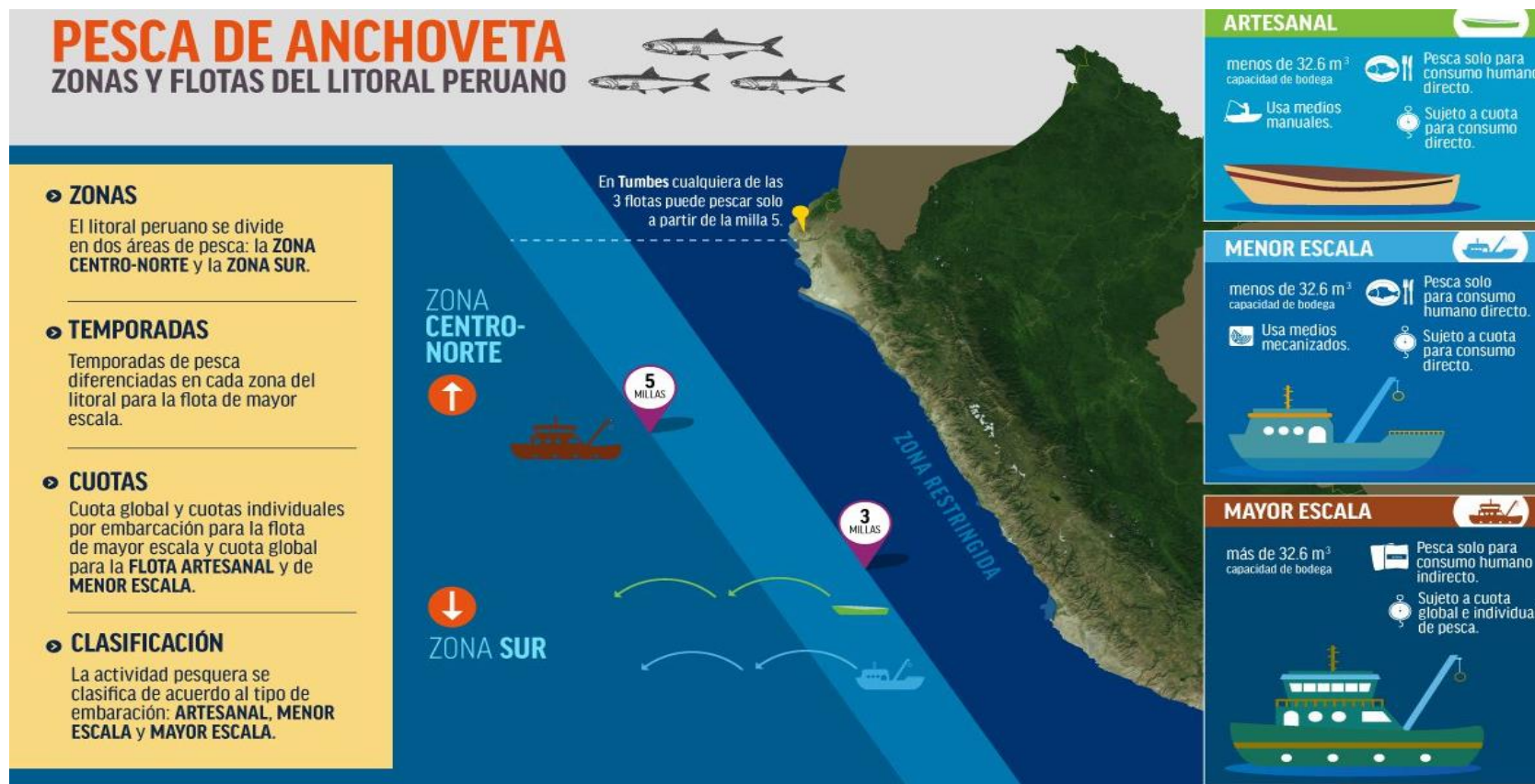
Figura 1. *Desembarque de recursos hidrobiológicos*



Fuente: Ministerio de la producción.

Entre las actividades de pesca más importantes del país destaca la pesca de anchoveta (*Engraulis ringens*).

Figura 2. Mapa de pesca de anchoveta



Fuente: <https://peru.oceana.org/blog/claves-para-entender-el-manejo-de-la-pesqueria-de-anchoveta>

CFG Investment es una empresa pesquera de elaboración de harina de pescado con anchoveta, que busca aminorar los costos de operaciones e incrementar en calidad su producto elaborado, para ello necesita mejorar la gestión del mantenimiento para que sus equipos no presenten fallas durante el proceso.

Actualmente CFG Investment ejecuta planes de mantenimiento adoptando estrategias preventivas y correctivas para tener la planta de Chicama Norte disponible. Cada año el gobierno peruano decreta las temporadas de producción de acuerdo a un estudio de biomasa en el mar peruano, durante esta temporada los equipos desarrollan actividades correctivas en un 95% y preventivas en 5% aproximadamente, y para la parada de planta; que precisamente se da a causa de la veda de captura de anchoveta; se desarrollan actividades preventivas con el fin de preparar los equipos para su mayor disponibilidad en la temporada de producción.

Es en la temporada de producción donde los gastos de mantenimiento son elevados por actividades correctivas, necesitando reducir las fallas y generar un historial de averías para prevenirlas y/o corregirlas; es decir que se debe reducir las actividades correctivas, incluir actividades predictivas y solucionar averías con actividades planificadas que no generen parada de planta.

De acuerdo a lo mencionado, el problema puede ser expresado con la siguiente pregunta de investigación:

“¿Cómo aumentar la disponibilidad de los equipos rotativos en una planta de harina de pescado mediante el mantenimiento predictivo con método Shock Pulse?”.

Enfocándonos en la temporada de producción, los equipos deben estar disponibles y se implementó el mantenimiento predictivo para monitorear el comportamiento de los rodamientos de equipos rotativos, utilizando la metodología Shock Pulse (llamado desde ahora SPM) y evaluando los datos recogidos en campo para aumentar la disponibilidad evitando fallas y paradas imprevistas.

La investigación propuesta beneficia con su aporte teórico de Mantenimiento Predictivo por SPM, y en la práctica se implementa con el objetivo de aumentar la disponibilidad de los equipos rotativos en una planta de harina de pescado.

Para abordar en la solución se plantea el siguiente objetivo general: Elaborar el plan de mantenimiento predictivo con SPM para incrementar la disponibilidad de los equipos rotativos en una planta de harina de pescado. Para los objetivos específicos se ha desgregado:

- Describir la situación actual de la gestión del mantenimiento de la empresa pesquera CFG Investment, identificando la disponibilidad alcanzada en el año 2021.
- Determinar la criticidad de equipos rotativos de la planta Chicama Norte con un modelo de análisis semicuantitativo.
- Programar las actividades de mantenimiento a equipos rotativos de categoría crítica, haciendo uso de formatos de reporte de control y utilizando instrumentos de medición de vibraciones con SPM.
- Evaluar la inversión para la implementación del programa de mantenimiento predictivo, usando los indicadores VAN y TIR.

De acuerdo a lo planteado y aplicándolo correctamente se tiene la siguiente hipótesis: El mantenimiento predictivo por método Shock Pulse incrementará la disponibilidad de los equipos rotativos en una planta de harina de pescado.

II MARCO TEÓRICO

Para el capítulo a continuación, se describe el marco teórico de la investigación con referencias a investigaciones previas de las variables y sus respectivas conceptualizaciones.

En el ámbito internacional encontramos un estudio de las señales de vibración obtenidas de un banco de pruebas de rodamientos con diferentes tipos de defectos, y que juntamente con el método shock pulse se automatice la localización y gravedad del defecto en el rodamiento (Rodríguez, 2009). Concluyendo que el método shock pulse detecta el defecto de los rodamientos y basta con ello para que sean sustituido inmediatamente particularmente donde sea localizado el defecto, puesto que automatizar ambos criterios de localización y gravedad tomaría un análisis muy profundo y con pocas probabilidades de acierto.

Otros autores en su investigación hacen uso de la técnica predictiva de análisis vibracional con resultados de desalineamiento y holguras de componentes a raíz de los malos montajes, excesiva vibración y operaciones continuas de los equipos (Hualpa Molina, y otros, 2010). Se concluye que con la aplicación del mantenimiento predictivo se mejora la gestión del mantenimiento al optimizar los recursos con programación, y detección temprana de las averías de los equipos para evitar las paradas innecesarias.

Para (Aristizabal Marín, y otros, 2009) en su investigación conceptualiza las variables como vibración, defectos de rodamientos, cavitación y temperatura, para luego evaluar sus máquinas y realiza un plan piloto con muestra de bombas de pulpa. Las mediciones con VIBROTIP en los primeros meses da resultados confiables con el análisis de las tendencias que permitió adelantarse a las fallas y programar paradas de equipos en coordinación con el área de producción. Además, logra extender la vida útil de los elementos reduciendo así los inventarios de repuestos.

En el ámbito nacional un estudio inicia con la evaluación de la criticidad de los equipos de acuerdo a una encuesta realizada a técnicos de mantenimiento y conocedores del proceso; para luego dar la priorización e implantar las estrategias de mantenimiento. Se adoptan indicadores KPI's para monitorear los resultados logrando aumentar la disponibilidad a 89% y disminuir el tiempo de parada de planta en un 33% (Espejo Olivares, 2014).

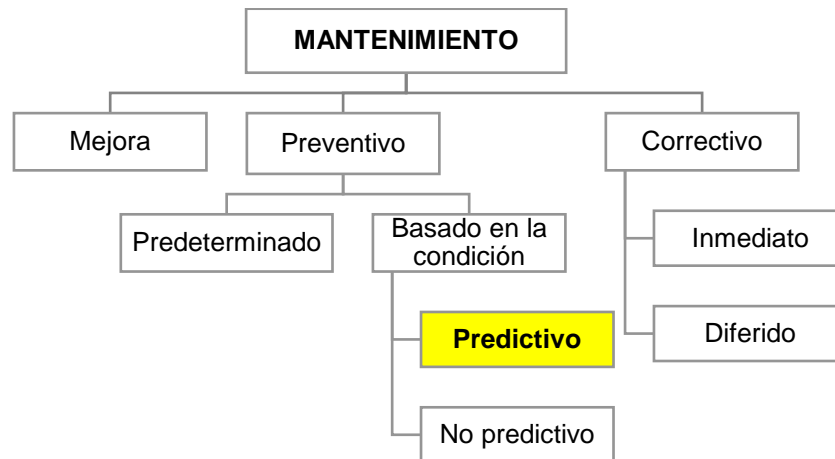
Mencionamos también la investigación donde hacen uso de instrumentos de medición como el vibrometro VIBER-A y el termómetro infrarrojo FLUKE para generar rutas de inspecciones y puedan identificar si los equipos rotativos tienen fallas que se puedan programar en coordinación con el área de producción. Entre sus logros está la disminución de paradas imprevistas generando un ahorro del 86% de horas de parada de planta; el incremento de la confiabilidad en 5% y la disponibilidad en 7%, alcanzando porcentajes históricos de 97% y 98% respectivamente; el tiempo medio entre fallas a 114 horas correspondiente al 65% de tiempo adicional en comparación de antes de aplicar el plan; y el tiempo medio de reparación mejora en 44.2% (Pasache Morales, 2017).

Entre las conceptualizaciones tenemos las siguientes teorías:

El **mantenimiento** es un conjunto de actividades realizadas para monitorear, conservar y recuperar la operatividad de un equipo y pueda realizar su función para lo cual fue adquirido.

La norma UNE-EN 13306 en su anexo A nos muestra los tipos de mantenimiento, incluyendo al mantenimiento predictivo como estrategia de gestión de mantenimiento (UNE, 2018), ver figura 3.

Figura 3. Tipos de Mantenimiento



Fuente: UNE:EN 13306.

Así mismo conceptualiza al mantenimiento predictivo como “una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento” (UNE, 2018).

También nos dice la norma ISO 14224, que el mantenimiento predictivo está basado en la predicción de una condición futura de un ítem valorado o calculado desde una serie definida de datos históricos y parámetros operacionales futuros conocidos (ISO, 2016).

Alberto Mora en su libro dice que el mantenimiento predictivo nos permite diagnosticar la posible aparición de una falla; midiendo las variables como presión, temperatura, corrosión, desgaste, etc.; con el fin de evitarla y alargar el ciclo de vida del equipo.

Los **equipos rotativos** se caracterizan por transmitir movimiento por medio de su eje principal que rota sobre su centro, el mismo que se encuentra soportado por un elemento llamado rodamiento.

La **Vibración** es el movimiento cíclico de un cuerpo en reposo hacia todas las direcciones. (Mora Gutiérrez, 2009). Se mide su desplazamiento, velocidad,

aceleración y frecuencia para comparar con los rangos máximos permitidos y definir su gravedad.

La medición por el **método de impulsos de choque (SPM)** se basa en el hecho de que cuando una bola o rodillo contacta con un área dañada se genera un impulso (Rodríguez, 2009)

Este método inventado inicialmente en 1969, con el transcurso de los años ha perfeccionado su metodología y desarrollado nuevas tecnologías de medición, que son:

- Método de pulso de choque de alta definición, SPM HD
- Método de pulso de choque dBm/dBc
- Método de pulso de choque LR/HR

El instrumento **Bearing Checker** es un equipo portátil ligero y de fácil uso que utiliza SPM, principalmente usado para verificar in situ el estado de todos los tipos de rodamientos de bolas y de rodillos que se encuentran montados en equipos rotativos, ver figura 4.

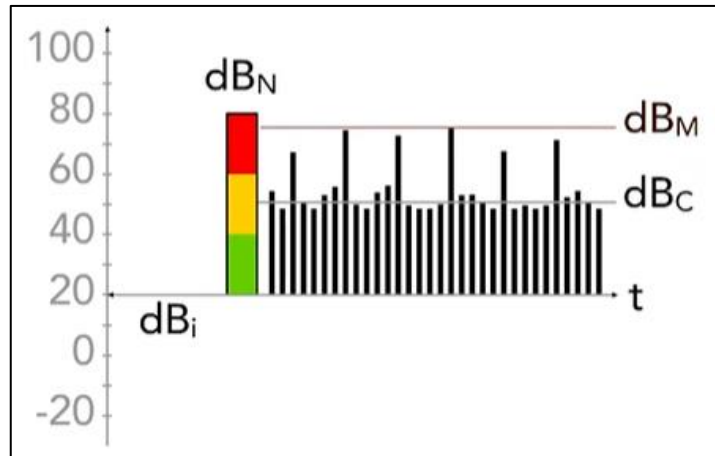
Figura 4. Bearing Checker



Fuente: (SPM Instrument)

En la figura 8 se observa el proceso de demodulación de la señal percibida por el transductor cuando las billas del rodamiento al girar generan pulsos de choque con sus pistas y son recogidos por el transductor para convertirlas en señales eléctricas que se procesan para brindar un valor de alfombra (dBc) y un valor máximo (dBm); donde el valor dB_i se establece con las RPM y el diámetro del rodamiento.

Figura 5. Proceso de demodulación



Fuente: (SPM Instrument)

Con el Bearing Checker medimos los pulsos de choque por una sonda integrada (ver figura 4) o con un sensor externo (ver figura 6) colocando la punta directamente en la carcasa del rodamiento.

Figura 6. Sonda de mano



Fuente: (SPM Instrument)

Luego el instrumento arrojará el resultado en la pantalla con un círculo de color rojo, amarillo o verde y un número del 1 al 5, ver figura 5.

Figura 7. Resultado de medición



Fuente: Elaboración propia

En tabla 1 se detallan los valores para cada resultado en instrumento:

Tabla 1. Resultados de Medición

COLOR	NÚMERO	SIGNIFICADO
VERDE	1	Rodamiento en buen estado
ROJO	2	Rodamiento con deterioro mecánico
AMARILLO	3	Rodamiento con problema de lubricación
AMARILLO	4	Rozamiento en el eje, acoples o carcasa
VERDE	5	La señal es muy débil

Elaboración Propia

Fuente: <https://www.spminstrument.com>

El **modelo de criticidad** semicuantitativo denominado Criticidad total por riesgo, está sustentado en la teoría del riesgo a consecuencia del producto de frecuencia y severidad del mismo. Es un método es muy utilizado por consultoras y empresas como Woodhouse Partnership Ltd y está compuesta por la siguiente fórmula general:

$$\text{CTR} = \text{FF} \times \text{C}$$

A continuación, se desarrollan los términos:

CTR = Criticidad total por Riesgo

FF = Número de fallos al año

C = Consecuencia, que a su vez se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{C} = (\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA}$$

Donde:

IO = Impacto Operacional

FO = Flexibilidad operacional

CM = Costos de mantenimiento

SHA = Seguridad Humana y Ambiental

En la tabla 2 se detallan los criterios y ponderaciones para cuantificar las consecuencias.

Tabla 2. Criterios para evaluar criticidad de equipos

CRITERIO	DESCRIPCIÓN	PTOS
Frecuencia de Fallo (FF)	Excelente: Ocurrencia de falla menor de 0,5 eventos al año.	1
	Bueno: Ocurrencia de falla entre 0.5 y 1 evento al año.	2
	Promedio: Ocurrencia de falla entre 1 y 2 eventos al año.	3
	Frecuente: Ocurrencia de falla mayor a 2 eventos al año.	4
Impacto Operacional (IO)	Pérdidas de producción menores al 10%.	1
	Pérdidas de producción entre el 10% y el 24%.	3
	Pérdidas de producción entre el 25% y el 49%.	5
	Pérdidas de producción entre el 50% y el 74%.	7
	Pérdidas de producción superiores al 75%.	10
Impacto por Flexibilidad Operacional (FO)	Se cuenta con unidades de reserva en línea, tiempos de reparación y logística pequeños	1
	Se cuenta con unidades de reserva que logran cubrir de forma parcial el impacto de producción, tiempos de reparación y logística intermedios.	2
	No se cuenta con unidades de reserva para cubrir la producción, tiempos de reparación y logística muy grandes.	4
Impacto en Costes de Mantenimiento (CM)	Costes de reparación, materiales y mano de obra inferiores a 2000 dólares.	1
	Costes de reparación, materiales y mano de obra superiores a 2000 dólares.	2
Impacto en Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)	No existe ningún riesgo de pérdida de vida, ni afección a la salud, ni daños ambientales.	1
	Riesgo mínimo de pérdida de vida y afección a la salud (recuperable en el corto plazo) y/o incidente ambiental menor (controlable), derrames fáciles de contener y fugas repetitivas.	3
	Riesgo medio de pérdida de vida, daños importantes a la salud, y/o incidente ambiental de difícil restauración.	6
	Riesgo alto de pérdida de vida, daños graves a la salud del personal y/o incidente ambiental mayor (catastrófico) que exceda los límites permitidos.	8

Fuente: (Parra Marquéz, y otros, 2012)

La fórmula final se expresa de la siguiente forma:

$$\text{CTR} = \text{FF} \times ((\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA})$$

El resultado se compara con la matriz del método para el valor de FF se ubica en eje vertical y el valor de consecuencia en eje horizontal, el punto de intersección en la matriz determina la criticidad en: No crítico (NC), Media criticidad (MC), Crítico (C), ver figura 8.

FRECUENCIA	4	MC	MC	C	C	C
	3	MC	MC	MC	C	C
	2	NC	NC	MC	C	C
	1	NC	NC	NC	MC	C
		10	20	30	40	50
		CONSECUENCIA				

Figura 8. Matriz de criticidad propuestas por CTR

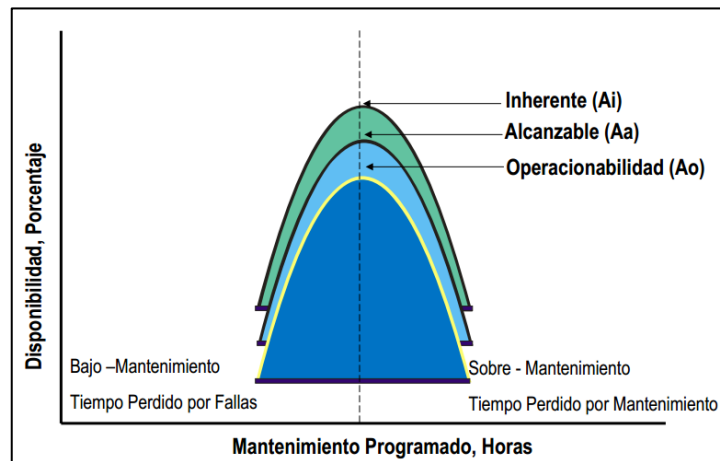
Fuente: (Parra Marquéz, y otros, 2012)

La otra variable de nuestro estudio es la disponibilidad y según ISO 14224 nos dice que la **Disponibilidad** es la capacidad de estar en un estado para funcionar según lo requerido (ISO, 2016). Es una característica que resume cuantitativamente el perfil de funcionalidad de un elemento (Knezevic, 1996).

Podríamos decir que también es el porcentaje en que el equipo pueda realizar la función requerida, y los tipos son:

- Disponibilidad Inherente (Ai)
- Disponibilidad Alcanzable (Aa)
- Disponibilidad Operacional (Ao)

Figura 9. Tipos de disponibilidad



Fuente: <https://mantenimientoenlaindustria.wordpress.com>

III METODOLOGÍA

3.1 Tipos y diseño de investigación

De acuerdo al estudio realizado, la investigación es de tipo Descriptiva, porque analiza las variables identificadas; y Causal explicativa, porque se propone un método de solución que relaciona las variables identificadas.

El diseño es No experimental, porque las variables no se manipulan; y transeccional porque la recolección de datos de campo es en determinado tiempo.

3.2 Variables y operacionalización

Las variables identificadas para la investigación son las siguientes:

- Variable independiente: Mantenimiento Predictivo con método Shock Pulse
- Variable dependiente: Disponibilidad

Se detalla la Matriz de operacionalización de variables en el anexo 1.

3.3 Población, muestra y muestreo

3.3.1 Población

La investigación se desarrolla en la planta de Chicama Norte y la población comprende a los equipos rotativos que operan en el proceso de harina de pescado.

3.3.2 Muestra

Se analizan los equipos rotativos en categoría crítica de acuerdo al análisis de criticidad desarrollado en la investigación.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para obtener la información necesaria para la investigación, se utilizaron las siguientes técnicas de recolección de datos:

Tabla 3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

TÉCNICA	USO	INSTRUMENTO
OBSERVACIÓN DE CAMPO	Registrar las características de los equipos rotativos.	Ficha de observación de campo. Anexo 2.
REVISIÓN DOCUMENTAL	Conocer los procedimientos actuales para comparar con la realidad.	Ficha de Revisión documentaria. Anexo 3.
ENCUESTA	Recabar la realidad del área de mantenimiento en procedimientos y organización.	Encuesta a personal de mantenimiento de planta. Anexo 4

Elaboración: Propia

3.5 Procedimientos

El procedimiento de la investigación inició con la descripción de la situación actual de la gestión del mantenimiento de la empresa pesquera CFG Investment identificando la disponibilidad alcanzada en el año 2021. Luego listar los equipos rotativos para determinar la criticidad y definir la muestra de estudio.

Se continúa con la implementación de las actividades predictivas planificando los recursos y programando las inspecciones de vibraciones con método shock pulse para generar gráficos de tendencias a la falla en hoja de cálculo MS Excel.

El análisis de las vibraciones concluirá con medidas correctivas y programadas para evitar la falla y con ello aumentará la disponibilidad de los equipos evitando paradas imprevistas.

3.6 Método de análisis de datos

En este estudio se realizó monitoreo a los equipos rotativos programando inspecciones periódicas de análisis vibracional por SPM y se analizaron los resultados graficando tendencias a la falla en hoja de cálculo de MS Excel; para evitar paradas imprevistas y aumentar la disponibilidad.

3.7 Aspectos éticos

En la presente investigación no se inventaron datos con el fin de completar el análisis y mucho menos se alteraron para obtener los resultados favorables. Además, se enfatiza el resguardo de los datos de la empresa e identidad de los participantes en el desarrollo de la investigación.

IV RESULTADOS

4.1 Descripción de la situación actual de la gestión de mantenimiento.

Iniciaremos con los datos generales de la empresa, que fueron consultados desde la página web de la SUNAT.

4.1.1 Datos generales

Razón Social: CFG INVESTMENT SAC

RUC: 20512868046

Dirección fiscal: Av. Manuel Olguin Nro. 325 Int. 1501, Surco, Lima

Dirección de sede de estudio: Av. Playa Lado Norte S/N Lote A Mz. VI Zona industrial de Puerto Malabrigo, Razuri – Ascope – La Libertad

4.1.2 Reseña de la empresa

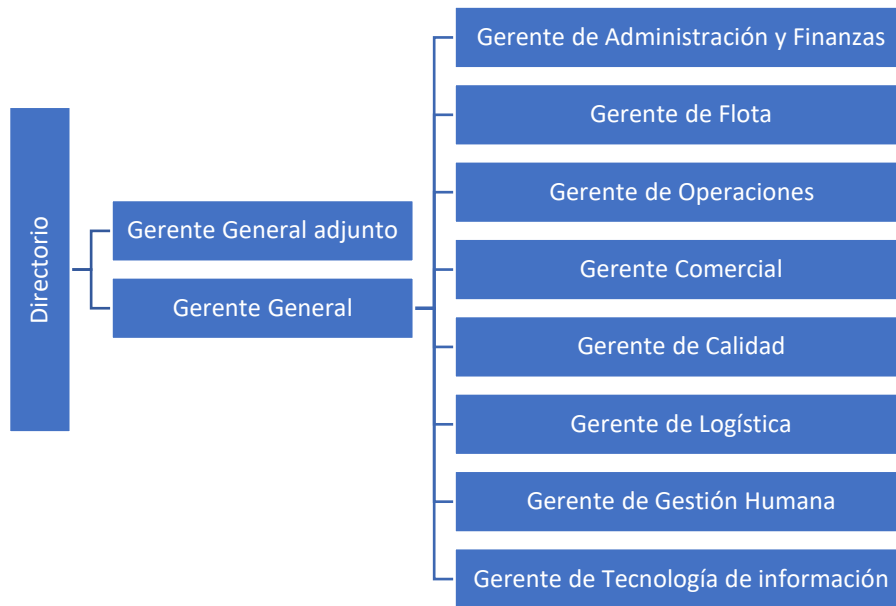
La siguiente reseña ha sido recopilada de la página web de la empresa, publicaciones y marcos teóricos de diversas investigaciones. Se detalla cronológicamente:

En 1986 se fundó el grupo Pacific Andes por el Sr. Ng Swee en Hong Kong, inician con la pesca y comercialización de productos marinos frescos y congelados; para el año 2004 adquiere China Fishery Group Limited y luego en el 2006 inician en Perú con la empresa China Fishery Group (CFG) a producir harina y aceite de anchoveta para distribución mundial.

A partir de aquí, CFG se hace acreedor de diversas empresas pesqueras peruanas logrando alcanzar; con la compra de Copeinca en 2013; una cuota de 16.9% de participación nacional. Para el año 2021, luego de declararse en bancarota y con un proceso de subasta, la empresa es comprada por un conjunto de acreedores americanos.

En la actualidad la empresa está conformada por el siguiente organigrama:

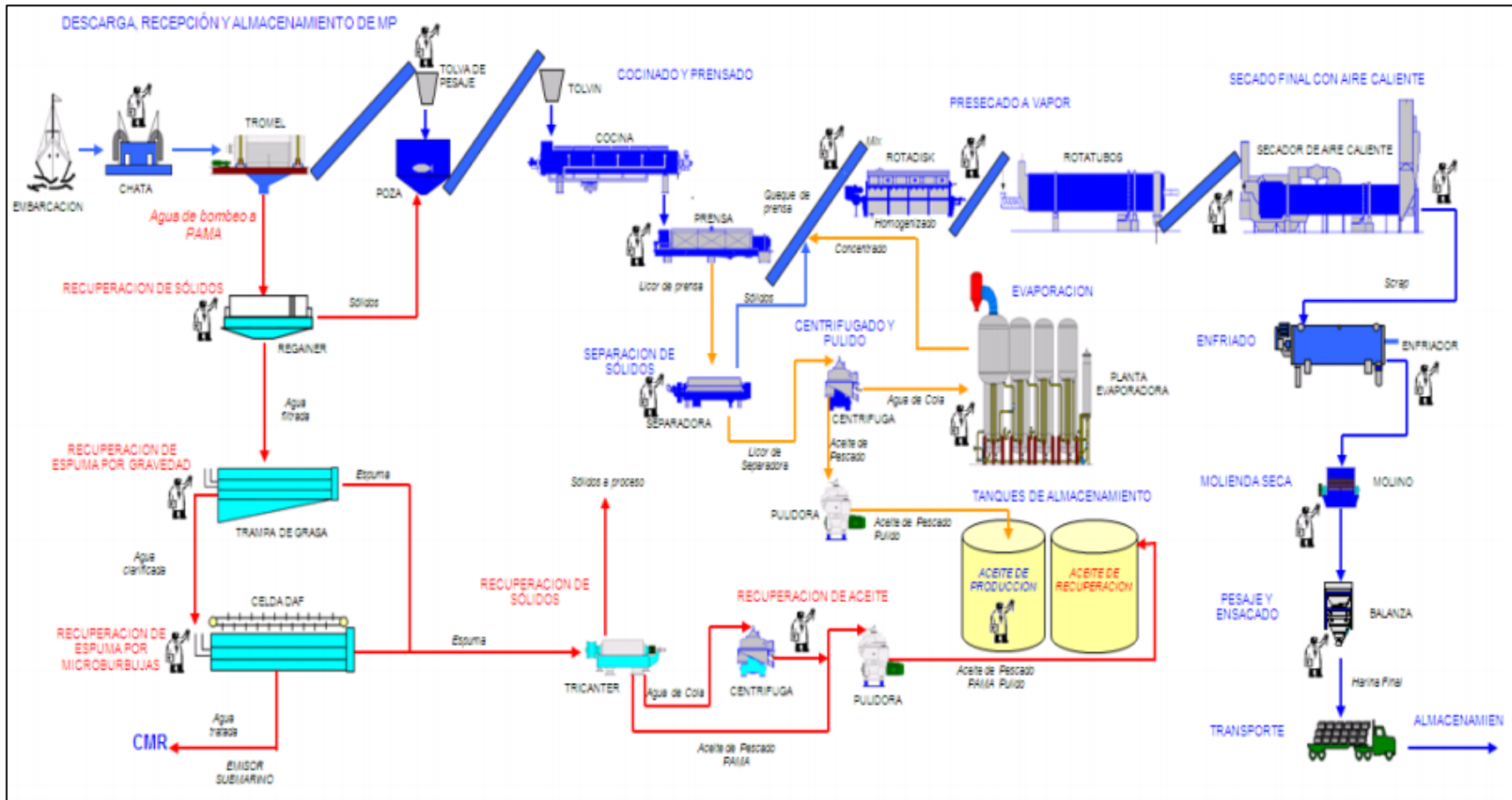
Figura 10. Organigrama empresarial



Fuente: (Copeinca)

En la siguiente figura se ilustra el proceso productivo de harina y aceite de pescado:

Figura 11. Diagrama de flujo del proceso

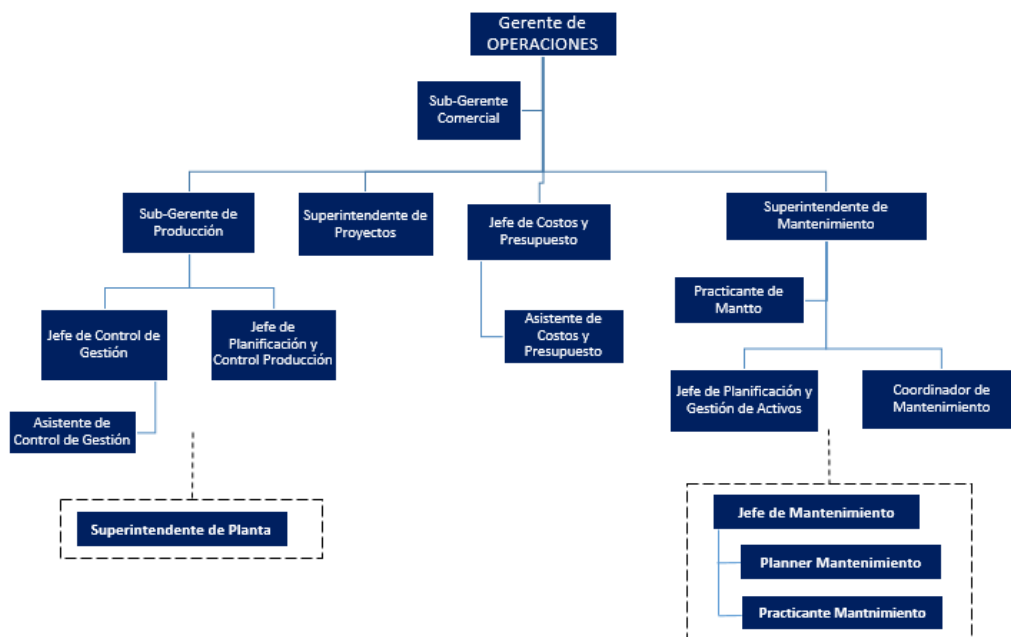


Fuente: Manual de operaciones CFG Investment SAC

4.1.3 Gestión actual del mantenimiento

La empresa está conformada por diversas gerencias como se ve en el organigrama empresarial, una de ellas es la gerencia de operaciones y de acuerdo al documento MAN-PRO-041 del Anexo 3, se constituye de la siguiente manera, ver figura 12.

Figura 12. Organigrama de Gerencia de Operaciones

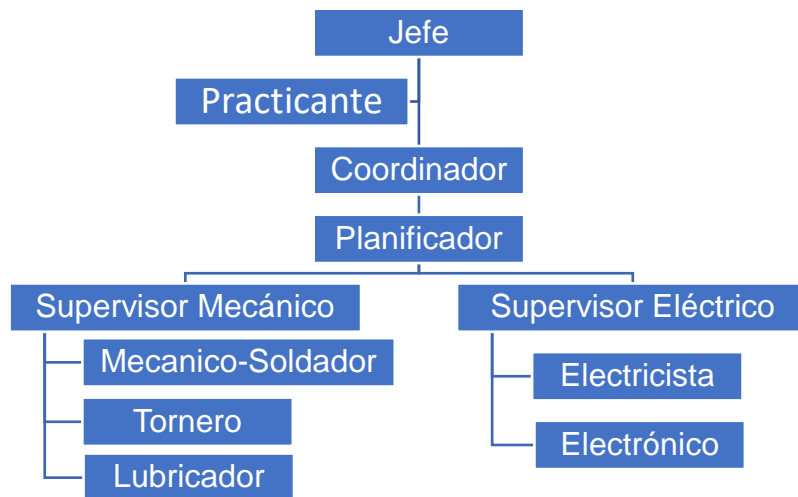


Fuente: MAN-PRO-041

El área de mantenimiento de la planta está conformada por empleados y obreros, que se encargan fundamentalmente de brindar disponibilidad a los equipos para la producción de harina y aceite de pescado.

Se ha recurrido al instrumento de revisión documentaria del Anexo 3, con el documento de descripción de puesto entregado por gestión humana, para graficar el organigrama del área de mantenimiento planta, ver figura 13.

Figura 13. Organigrama del área de mantenimiento de planta



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a entrevista realizada al personal del área de mantenimiento y basándome en las funciones indicadas del documento de descripción de puesto, brevemente se define:

-Jefatura de mantenimiento: Líder encargado de dirigir al área, con amplio conocimiento de las funciones de los equipos y su mantenibilidad. Capaz de ofrecer soluciones inmediatas y recomendar mejorar para reducir los costos y aumentar la calidad del servicio. Se cuenta con 01 persona ocupando el puesto.

-Coordinador de mantenimiento: Personal encargado de ser el enlace entre las jefaturas y el personal obrero, con amplia capacidad de comunicación y colaboración para mejorar el desempeño de las subáreas de mantenimiento. Se cuenta con 01 persona ocupando el puesto.

-Planificador de mantenimiento: Encargado de recibir las necesidades de mantenimiento de los equipos para planificarlas y programarlas brindando los recursos que las actividades ameriten para su ejecución. Se cuenta con 01 persona ocupando el puesto.

-Supervisor de mantenimiento: Capataz general del personal obrero, vigilante a que las actividades sean correctamente ejecutadas y con un alto estándar de calidad. Se desempeñan para la especialidad eléctrica y para la mecánica. Se cuenta con 01 persona ocupando el puesto para cada especialidad.

-Mecánico-Soldador: Técnico especializado que brinda su experiencia y conocimiento para el mantenimiento de los equipos de planta. Se cuenta con 04 personas ocupando el puesto.

-Tornero: Personal especializado en la manipulación de máquinas herramientas para la fabricación de piezas o componentes de equipos en mantenimiento. Se cuenta con 02 personas ocupando el puesto.

-Lubricador: Técnico encargado de suministrar lubricante a los equipos de acuerdo a un procedimiento, y primeros en detectar algunas averías que presenten los equipos. Se cuenta con 02 personas ocupando el puesto

-Electricista: Brinda soporte técnico a los sistemas eléctricos de planta. Se cuenta con 04 personas ocupando el puesto.

-Electrónico: Brinda soporte técnico a los sistemas electrónicos de planta.

En la tabla 4 se enlista el HeadCount del área de mantenimiento.

Tabla 4. HeadCount del área de mantenimiento

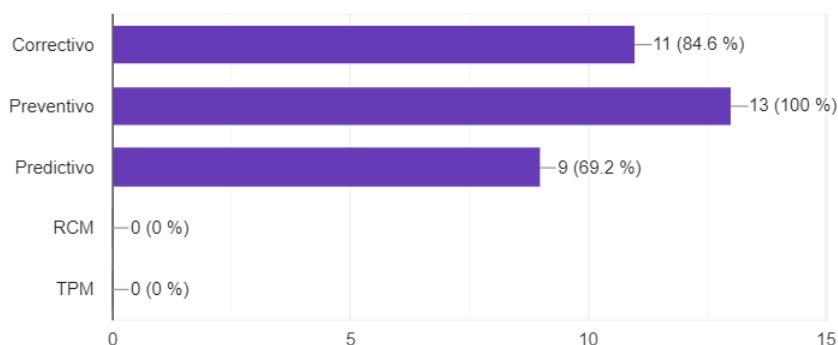
PUESTO	# PERSONAS
JEFE	1
PRACTICANTE	1
COORDINADOR	1
PLANIFICADOR	1
SUPERVISOR ELÉCTRICO	1
SUPERVISOR MECÁNICO	1
MECÁNICO-SOLDADOR	4
TORNERO	2
LUBRICADOR	1
ELECTRICISTA	4
ELECTRÓNICO	0

Elaboración: Propia

4.1.3.1 Estrategia de mantenimiento

De acuerdo con la encuesta del Anexo 4 realizada al personal del área de mantenimiento, las estrategias utilizadas por la empresa son: Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Preventivo y Mantenimiento Predictivo, ver figura 14.

Figura 14. Estrategias de mantenimiento de la empresa

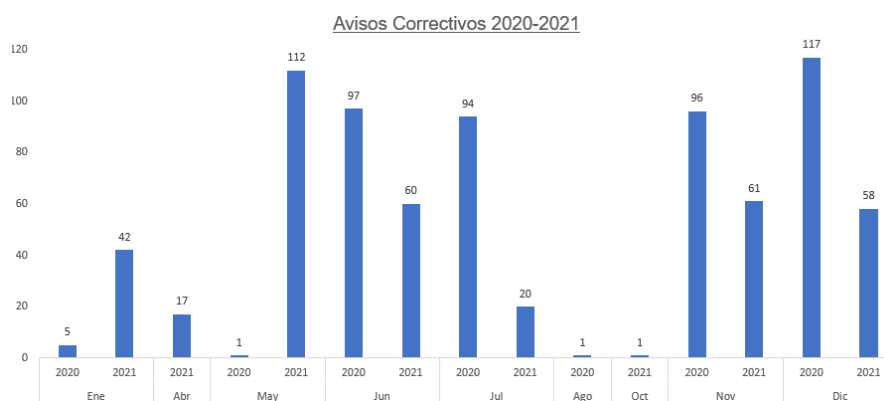


Fuente: (Rosado Alvarado)

Con el reporte de actividades de mantenimiento generados en el año 2020 a 2022, facilitado por un colaborador del área de mantenimiento que lo exporto del sistema ERP SAP y que se puede apreciar en anexo 5, se analiza lo siguiente:

- Los avisos correctivos de mantenimiento generados por fallas o averías entre el año 2020 al 2021 ocurrieron en su mayoría en junio a julio y en noviembre a diciembre, tal como se muestra en la figura 15.

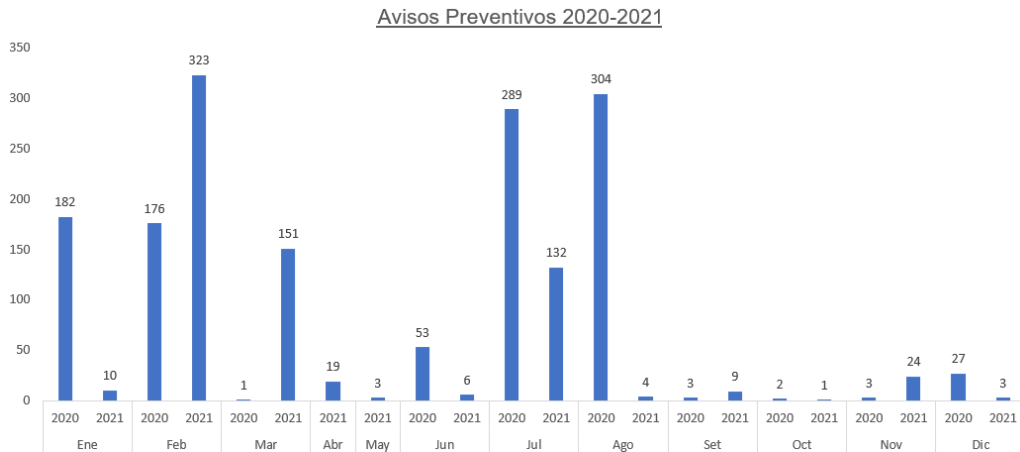
Figura 15. Avisos correctivos del 2020 al 2021



Fuente: ERP SAP de la empresa

- Los avisos preventivos de mantenimiento generados entre el año 2020 al 2021 fueron generados en su mayoría en enero a mayo y en julio a agosto, ver figura 16.

Figura 16. Avisos preventivos del 2020 al 2021



Fuente: ERP SAP de la empresa

En base a lo analizado se puede concluir que las estrategias han sido aplicadas desde el año 2020 de la siguiente manera, ver tabla 5.

Tabla 5. Cronología de aplicación de estrategias

ESTRATEGÍA	ENE-ABR	MAY-JUL	AGO-OCT	NOV-DIC
Mantenimiento preventivo	X		X	
Mantenimiento correctivo		X		X

Elaboración: Propia

También mencionar que para el mantenimiento predictivo se han utilizado la técnica de análisis de aceite en cumplimiento a un procedimiento empresarial con código MAN-PRO-040, que exige realizar muestras de aceite cada 250 horas y sean evaluadas en un laboratorio externo para su posterior informe de recomendaciones.

4.1.3.2 Cálculo de disponibilidad actual

El cálculo de la disponibilidad se realizó con datos de las averías que se generaron durante el año 2021, por ello se solicitó al área de mantenimiento que extraiga de su sistema ERP SAP el reporte de averías, ver anexo 6.

Con el reporte de averías se extraen los siguientes datos:

$$\sum N^{\circ} \text{ de averías} = 48$$

$$\sum \text{ de Tiempos para reparar (TR)} = 194 \text{ horas}$$

Además, se ha conseguido el tiempo total de operación con el área de producción.

$$\sum \text{ de Tiempo de operación (TO)} = 1555 \text{ horas}$$

Paso siguiente es reemplazar los valores para las siguientes fórmulas:

- Tiempo medio entre fallas: $MTBF = \frac{\text{Total de horas del periodo}}{\text{Total de averías}} = 32.4 \text{ horas}$
- Tiempo medio de reparar: $MTTR = \frac{\text{Total de horas parada}}{\text{Total de averías}} = 4.4 \text{ horas}$
- Disponibilidad: $D = \frac{(MTBF - MTTR)}{MTBF} 100\% = 86.4\%$

Se ha calculado una disponibilidad actual de 86.4%.

4.2 Determinar la criticidad de equipos rotativos

Iniciaremos el desarrollo con la selección de los equipos rotativos instalados en planta Chicama Norte.

De acuerdo al diagrama de proceso productivo de harina y aceite de pescado de la figura 11, se ha realizado la observación de campo del anexo 2 para identificar las características de un equipo rotativo.

De acuerdo a la observación de campo se obtuvieron como resultado los siguientes equipos rotativos, ver tabla 6.

Tabla 6. Listado de equipos rotativos

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	SUB-PROCESO	TIPO EQUIPO
Desaguador n°1	Recepción de MP	Filtro rotativo
Desaguador n°1	Recepción de ;P	Filtro rotativo
Cocina n°1	Cocinado	Cocinador
Cocina n°2	Cocinado	Cocinador
Prestrainer n°1	Drenado	Filtro
Prestrainer n°2	Drenado	Filtro
Prestrainer n°3	Drenado	Filtro
Prensa n°1	Prensado	Prensa
Prensa n°2	Prensado	Prensa
Prensa n°3	Prensado	Prensa
Secador rotadiscos n°1	Pre-secado	Secador
Secador rotadiscos n°2	Pre-secado	Secador
Secador rotadiscos n°3	Pre-secado	Secador
Secador rotadiscos n°4	Pre-secado	Secador
Secador rotatubo	Pre-secado	Secador
Secador aire caliente	Secado final	Secador
Molino húmedo	Molienda	Molino
Molino seco n°1	Molienda	Molino
Molino seco n°2	Molienda	Molino
Exhaustor Sec. Rotatubo	Pre-secado	Ventilador
Ventilador aire combustión hlt	Secado final	Ventilador
Ventilador aire recircula hlt	Secado final	Ventilador
Ventilador aire secado hlt	Secado final	Ventilador
Exhaustor de PAC	Evaporización	Ventilador
Separadora de sólidos n°1	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°2	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°3	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°4	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°5	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°6	Separación de sólidos	Separadora
Separadora de sólidos n°7	Separación de sólidos	Separadora
Separadora ambiental	Separación de sólidos	Separadora
Bomba de emisor PAC	Evaporización	Bomba
Bomba de emisor n°1	Emisor submarino	Bomba

Bomba de emisor n°2	Emisor submarino	Bomba
Bomba de agua de mar n°1	Evaporización	Bomba
Trommel n°1	Recuperación sólidos	Filtro rotativo
Trommel n°2	Recuperación sólidos	Filtro rotativo
Trommel n°3	Recuperación sólidos	Filtro rotativo
Trommel n°4	Recuperación sólidos	Filtro rotativo
Bomba presurización DAF N°1	Recuperación espuma	Bomba
Bomba presurización DAF N°2	Recuperación espuma	Bomba
Bomba presurización DAF N°3	Recuperación espuma	Bomba

Elaboración: Propia

Con la selección de los equipos rotativos se procedió a categorizar la criticidad de cada uno, utilizando el modelo de Criticidad Total por Riesgo (CTR) empleando la siguiente fórmula:

$$\text{CTR} = \text{FF} \times ((\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA})$$

Con el método de lluvia de ideas se debate las ponderaciones para cada criterio de la tabla N°2 y se realiza el cálculo de criticidad para el Secador Rotatubo, con los siguientes datos, ver tabla 7.

Tabla 7. Listado de equipos rotativos

CRITERIO	PTO	JUSTIFICACIÓN
Frecuencia de Fallo (FF)	4	Acumula 3 fallas en el 2021
Impacto Operacional (IO)	10	Su consecuencia de falla paralizara el proceso generando pérdida del 100%.
Flexibilidad Operacional (FO)	4	
Costos de Mantenimiento (CM)	2	Costo alto de reparación.
Seguridad, Higiene y Ambiente (SHA)	1	Sin consecuencia.

Fuente: (Parra Marquéz, y otros, 2012)

Realizando el reemplazo en fórmula, se calcula:

$$\text{CTR} = \text{FF} \times ((\text{IO} \times \text{FO}) + \text{CM} + \text{SHA})$$

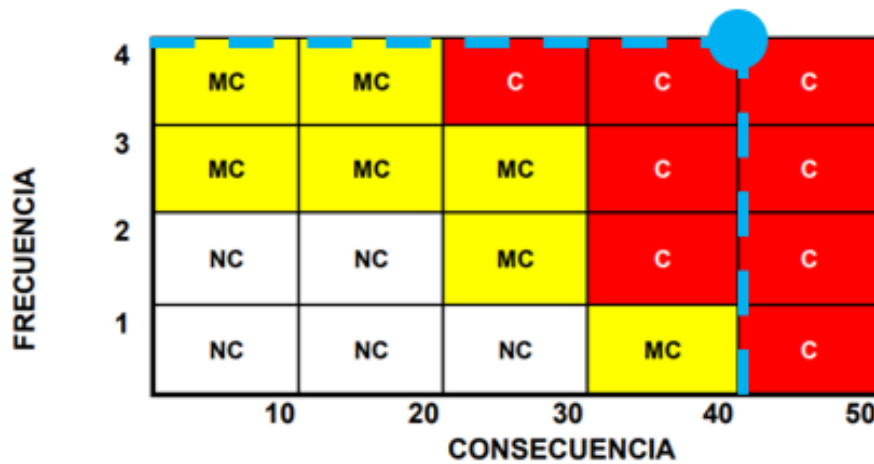
$$\text{CTR} = (4) \times ((10 \times 4) + 2 + 1)$$

$$CTR = (4) \times (43)$$

$$CRT = 172$$

Llevando el resultado a la matriz, se realizó para el eje vertical una línea en 4 y para el eje horizontal una línea el 43, obtenemos que la intersección está en el color rojo de denominación "C" que significa crítico, ver figura 17.

Figura 17. Resultado de categorización de criticidad

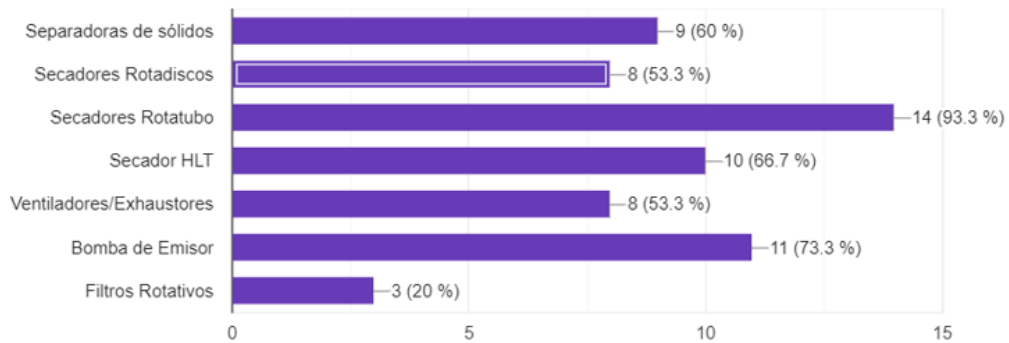


Fuente: (Parra Marquéz, y otros, 2012)

El resultado obtenido concuerda con las respuestas a pregunta N°5 donde el personal del área de mantenimiento encuestado ha categorizado el secador rotatubo como el más crítico, ver figura 18.

Figura 18. Criticidad de Equipos por encuesta

¿Consideras críticos los siguientes equipos rotativos?. Puedes marcar mas de 2 alternativas.



Fuente: (Rosado Alvarado)

Se repitió el proceso de categorización de criticidad en equipos rotativos de tabla N°6 y se seleccionaron aquellos que tiene valor CTR \geq 43 de denominación críticos, ver tabla 8.

Tabla 8. Listado de equipos rotativos en categoría crítica

DESCRIPCIÓN DE EQUIPO	CTR	CATEGORIA	TIPO EQUIPO
Secador Rotatubo	172	Crítico	Secador
Separadora Ambiental	100	Crítico	Separadora
Bomba de emisor PAC	100	Crítico	Bomba
Secador Aire Caliente	86	Crítico	Secador
Ventilador aire combustión HLT	86	Crítico	Ventilador
Ventilador aire secado HLT	86	Crítico	Ventilador
Bomba presurización DAF N°1	76	Crítico	Bomba
Prensa N°1	62	Crítico	Prensa
Bomba de agua de mar N°1	62	Crítico	Bomba
Bomba presurización DAF N°3	50	Crítico	Bomba
Molino Húmedo	43	Crítico	Molino
Exhaustor sec. Rotatubo	43	Crítico	Ventilador
Ventilador aire recircula HLT	43	Crítico	Ventilador
Exhaustor de PAC	43	Crítico	Ventilador

Elaboración: Propia

4.3 Programar las actividades de mantenimiento

Una vez identificado los equipos rotativos en categoría crítica, se procedió a recabar información de experiencia de operadores y mantenedores, revisión de manuales y recomendaciones generales para mantenimiento de acuerdo al tipo de función que realizan.

Paso siguiente es seleccionar el tipo de instrumento a utilizar, a pesar de que existen una infinidad de marcas y modelos de instrumentos de medición de vibraciones, se ha optado por utilizar Bearing Checker un equipo adquirido en el año 2021 para uso en campo y de fácil manipulación.

De acuerdo a la encuesta N°1, el 80% del personal de mantenimiento ha usado el instrumento Bearing Checker, pero también el 46.7% desconoce el método shock pulse. Es por ello que se realizó una capacitación para reforzar la definición,

ventajas y bondades de este método; que emplea el instrumento Bearing Checker para diagnosticar el estado de los rodamientos.

Se generó un programa de mantenimiento predictivo basado en el análisis de vibraciones con el método shock pulse, para ello se realizó una reunión con operadores, técnicos de mantenimiento y jefaturas usando la técnica de lluvia de ideas para determinar los alcances, frecuencias, personal, y formatos que se desarrollaran para los siguientes equipos:

4.3.1 Actividades de mantenimiento para Secador Rotatubo:

El secador rotatubo (ver figura 19) está categorizado como el más crítico, por ello se debe realizar un monitoreo constante para evitar la falla de sus componentes rotativos que son los polines que soportan al cilindro y brindan el movimiento del mismo por medio de un sistema de transmisión a cadena.

Figura 19. Secador Rotatubo




Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

Tabla 9. FOR-PDT-INS Formato de Inspección visual

	INSPECCIÓN VISUAL	Código	FOR-PDT-INS	
		Sede	CCN	
		Página	1 DE 1	
CRITERIOS A EVALUAR			SI	NO
1.El equipo se encuentra limpio.				
2.El equipo cumple la función requerida.				
3.El equipo se encuentra fijado a su base, sin pernos flojos.				
4.Se aprecia lubricante en componentes de transmisión.				
5.Se observa/escucha alguna anomalía de funcionamiento.				
6.Se aprecia fugas en el equipo.				
Observaciones:				
Inspección realizada por:			Fecha:	

Elaboración: Propia

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- **Formato de Inspección de vibraciones en Secador Rotatubo (FOR-PDT-RTB):** Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con instrumento Bearing Checker, ver tabla 10.

Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

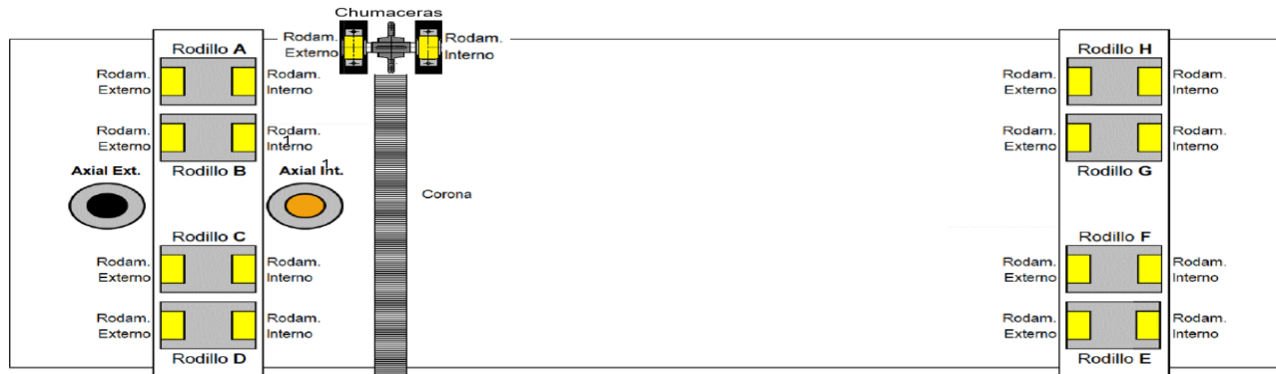
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 10. Formato de Inspección de vibraciones en Secador Rotatubo

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN SECADOR ROTATUBO	Código	FOR-PDT-RTB
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

PARTE	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
RODILLO A	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO B	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO C	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO D	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO E	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO F	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO G	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
RODILLO H	Rodamiento Externo	22226 E					
	Rodamiento Interno	22226 E					
AXIAL	Rodamiento Externo	32021 X					
	Rodamiento Interno	32021 X					
CHUMACERAS	Rodamiento Externo	22228 CCK/W33					
	Rodamiento Interno	22228 CCK/W33					

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.2 Actividades de mantenimiento para Separadora Ambiental:

La separadora ambiental (ver figura 20) es un equipo crítico por consecuencias ambientales, por ello se debe realizar un monitoreo constante para evitar la falla de sus componentes rotativos que son los rodamientos montados a los extremos del equipo.

Figura 20. Separadora Ambiental



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Separadoras de Sólidos (FOR-PDT-SEP): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 11.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla.

Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

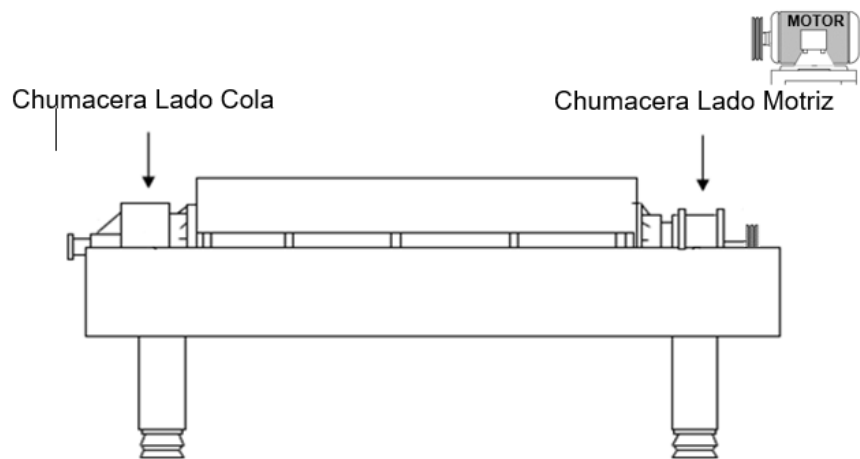
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 11. Formato de Inspección de vibraciones en Separadoras

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN SEPARADORAS	Código	FOR-PDT-SEP
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

EQUIPO	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
SEPARADORA AMBIENTAL	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°1	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°2	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°3	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°4	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°5	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°6	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						
SEPARADORA DE SÓLIDOS N°7	Chumacera Lado Cola						
	Chumacera Lado Motriz						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.3 Actividades de mantenimiento para Bombas:

De acuerdo a la evaluación de criticidad, 03 bombas han sido categorizadas como críticas, al ser equipo de un mismo tipo las actividades son iguales.

Figura 21. Bomba de Emisor PAC



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Bombas Centrífugas (FOR-PDT-BBA): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 12.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla

Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

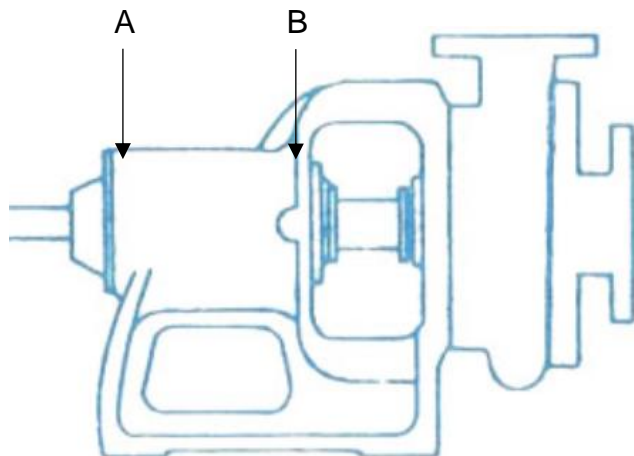
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 12. Formato de Inspección de vibraciones en Bombas centrífugas

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN BOMBAS CENTRÍFUGAS	Código	FOR-PDT-BBA
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

EQUIPO	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
BOMBA EMISOR PAC	Rodamiento A						
	Rodamiento B						
BOMBA PRESURIZACIÓN DAF N°1	Rodamiento A						
	Rodamiento B						
BOMBA PRESURIZACIÓN DAF N°2	Rodamiento A						
	Rodamiento B						
BOMBA PRESURIZACIÓN DAF N°3	Rodamiento A						
	Rodamiento B						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.4 Actividades de mantenimiento para Secador Aire Caliente:

El secador de aire caliente (ver figura 22) está categorizado como crítico, por ello se debe realizar un monitoreo constante para evitar la falla de sus componentes rotativos que son los polines que soportan al cilindro y brindan el movimiento del mismo por medio de un sistema de transmisión a cadena.

Figura 22. Secador de aire caliente



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Secador de aire caliente (FOR-PDT-SAC): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 13.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla

Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

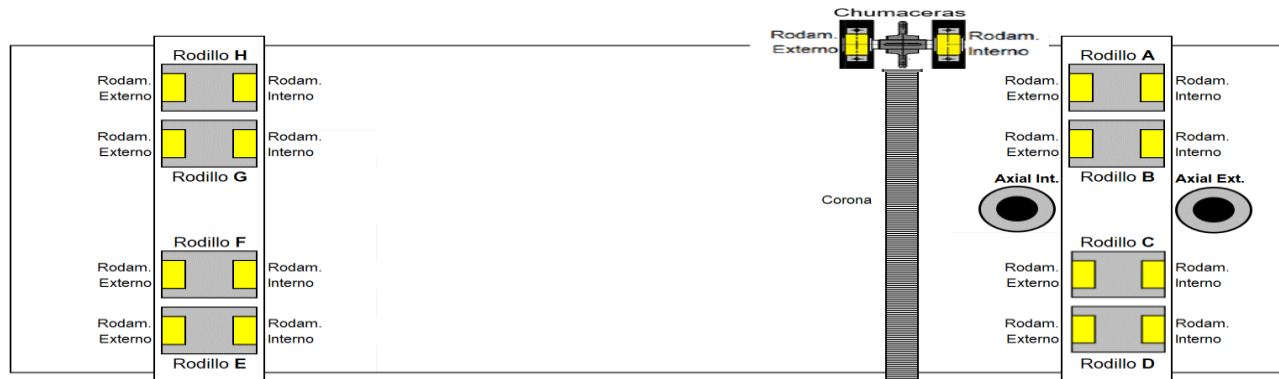
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 13. Formato de Inspección de vibraciones en Secador de Aire Caliente

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN SECADOR AIRE CALIENTE	Código	FOR-PDT-SAC
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

PARTE	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
RODILLO A	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO B	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO C	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO D	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO E	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO F	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO G	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
RODILLO H	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
AXIAL	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						
CHUMACERAS	Rodamiento Externo						
	Rodamiento Interno						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.5 Actividades de mantenimiento para Ventilador/Exhaustor:

De acuerdo a la evaluación de criticidad, 05 ventiladores han sido categorizadas como críticas, al ser equipo de un mismo tipo las actividades son iguales.

Figura 23. Ventilador de Combustión SAC



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Ventilador/Exhaustor (FOR-PDT-VEN): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 14.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla

Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

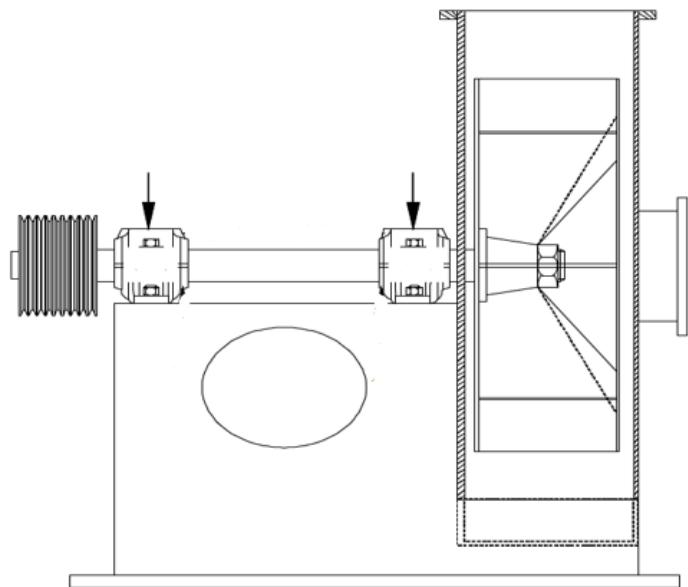
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 14. Formato de Inspección de vibraciones en Ventilador/Exhaustor

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN VENTILADORES/EXHAUSTORES	Código	FOR-PDT-VEN
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

EQUIPO	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
VENTILADOR AIRE COMBUSTIÓN HLT	Chumacera Lado Ventilador						
	Chumacera Lado Motriz						
VENTILADOR AIRE SECADO HLT	Chumacera Lado Ventilador						
	Chumacera Lado Motriz						
VENTILADOR AIRE RECIRCULA HLT	Chumacera Lado Ventilador						
	Chumacera Lado Motriz						
EXHAUSTOR SEC. ROTATUBO	Chumacera Lado Ventilador						
	Chumacera Lado Motriz						
EXHAUSTOR DE PAC	Chumacera Lado Ventilador						
	Chumacera Lado Motriz						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.6 Actividades de mantenimiento para Molinos:

De acuerdo a la evaluación de criticidad, 01 ventilador ha sido categorizadas como críticas, al ser equipo de un mismo tipo las actividades son iguales.

Figura 24. Molino Húmedo



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Molinos (FOR-PDT-MOL): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 15.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla


Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

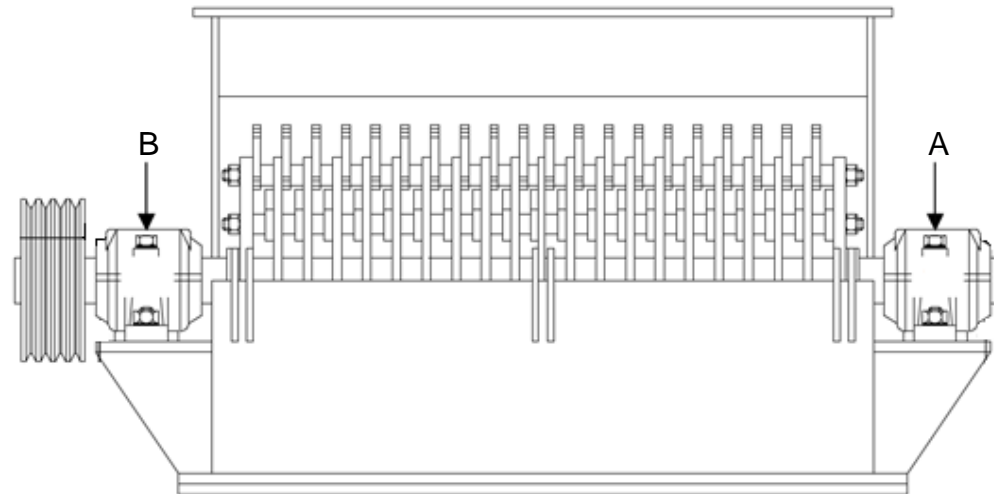
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 15. Formato de Inspección de vibraciones en Molinos

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN MOLINOS	Código	FOR-PDT-MOL
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

EQUIPO	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
MOLINO HÚMEDO	Chumacera Lado Cola (A)						
	Chumacera Lado Motriz (B)						
MOLINO SECO N°1	Chumacera Lado Cola (A)						
	Chumacera Lado Motriz (B)						
MOLINO SECO N°2	Chumacera Lado Cola (A)						
	Chumacera Lado Motriz (B)						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

4.3.7 Actividades de mantenimiento para Prensa:

De acuerdo a la evaluación de criticidad, 01 prensa ha sido categorizadas como crítica, los formatos se han creado para tipo de equipo.

Figura 25. Prensa



Fuente: Elaboración propia

Se han diseñado los siguientes formatos de reporte de control:

- **Formato de Inspección visual (FOR-PDT-INS):** Se generó en formato A5 para recopilar a primera vista el estado del equipo rotativo, de forma rápida y sencilla para uso del operador 1 vez por turno de 12 horas, ver tabla 9.

La finalidad de este formato es que el operador pueda realizar a modo de check-list una revisión rápida de su equipo y de tener alguna desviación informar inmediatamente para su revisión por los técnicos de mantenimiento.

Además, al utilizar un formato se llevará una evidencia de hallazgo de averías y con ello iniciará el proceso de reparación para culminar con el análisis de causa raíz.

- Formato de Inspección de vibraciones en Molinos (FOR-PDT-MOL): Se generó en formato A4 con el objetivo de brindar información previa para realizar la inspección de vibraciones y anotar los resultados de medición con equipo Bearing Checker, ver tabla 16.

La finalidad de este formato es que se deje en evidencia las mediciones y sean procesadas en una hoja Excel para evaluar la tendencia de falla


Los datos de medición son:

Color: El instrumento brinda un esquema de colores rojo, amarillo y verde. Este resultado nos muestra rápidamente el estado del rodamiento, siendo rojo = estado grave para cambio, verde = buen estado, sin acciones, amarillo = estado regular para revisión.

Número (#): El número indicado dentro del color validará el patrón del resultado.

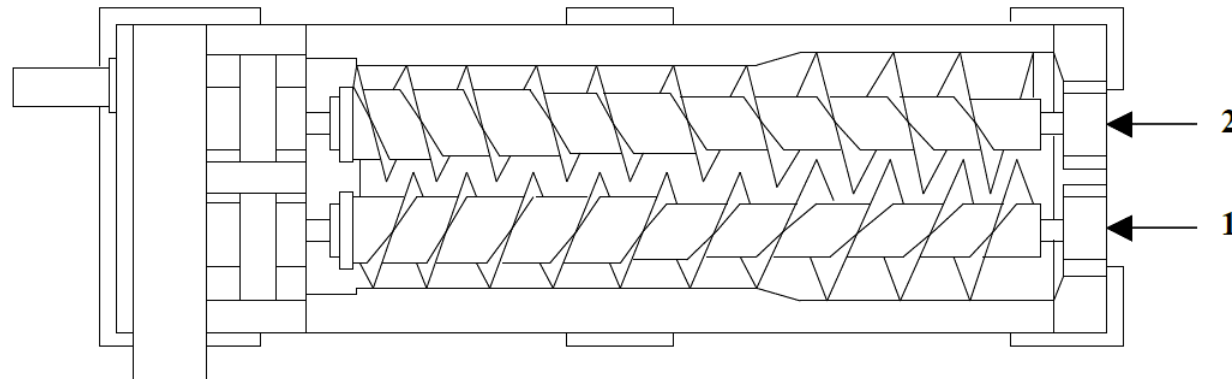
Dmc: El valor DmC será utilizado para llevar una estadística en Excel de tendencia a la falla.

Tabla 16. Formato de Inspección de vibraciones en Prensas

	INSPECCIÓN DE VIBRACIONES EN PRENSAS	Código	FOR-PDT-PRE
		Sede	CCN
		Página	1 DE 1

EQUIPO	ELEMENTO	CODIGO	RPM	COLOR	#	DmC	RESULTADO
PRENSA N°1	Chumacera Lado Cola 1						
	Chumacera Lado Cola 2						
PRENSA N°2	Chumacera Lado Cola 1						
	Chumacera Lado Cola 2						
PRENSA N°3	Chumacera Lado Cola 1						
	Chumacera Lado Cola 2						

LEYENDA	
#	RESULTADO
1	Rodamiento en buen estado
2	Rodamiento con deterioro mecánico
3	Rodamiento con problema de lubricación
4	Rozamiento en el eje, acoples o cadenas
5	Golpes e Impactos externos
6	La señal es muy débil



Inspección realizada por:	Fecha:
---------------------------	--------

Elaboración: Propia

En la siguiente tabla se resumen los formatos para cada equipo rotativo crítico.

Tabla 17. Resumen de programación

EQUIPO	INSTRUMENTO	MÉTODO	ALCANCE	FRECUENCIA	PERSONAL	FORMATO
Secador Rotatubo	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Secador Rotatubo	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-RTB
Secador Rotatubo	Leonova Diamond	SPM HD + ISO 10816	Realizar un análisis especializado de vibraciones	Anual	Tercero	Informe de servicio
Separadora Ambiental	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Separadora Ambiental	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-SEP
Bomba Emisor PAC	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Bomba Emisor PAC	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-BBA
Secador Aire Caliente	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Secador Aire Caliente	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-HLT
Secador Aire Caliente	Leonova Diamond	SPM HD + ISO 10816	Realizar un análisis especializado de vibraciones	Anual	Tercero	Informe de servicio
Ventilador Aire Combustión	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Ventilador Aire Combustión	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-VEN
Ventilador Aire Secado HLT	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Ventilador Aire Secado HLT	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Mecánico	FOR-PDT-VEN
Bomba Presurización DAF N°1	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Bomba Presurización DAF N°1	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-BBA
Prensa N°1	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Prensa N°1	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-PRS

Prensa N°1	Leonova Diamond	SPM HD + ISO 10816	Realizar un análisis especializado de vibraciones	Anual	Tercero	Informe de servicio
Bomba De Agua de Mar N°1	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Bomba De Agua de Mar N°1	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-BBA
Bomba Presurización DAF N°3	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Bomba Presurización DAF N°3	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-BBA
Molino Húmedo	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Molino Húmedo	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-MOL
Exhaustor Sec. Rotatubo	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Exhaustor Sec. Rotatubo	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-VEN
Ventilador Aire Recircula HLT	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Ventilador Aire Recircula HLT	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-VEN
Exhaustor PAC	Observación	INSPECCIÓN	Realizar una inspección visual al equipo crítico.	12 horas	Operador	FOR-PDT-INS
Exhaustor PAC	Bearing Checker	SPM	Realizar monitoreo de vibración a equipo crítico.	50 horas	Propio	FOR-PDT-VEN

Elaboración: Propia

4.4 Evaluar la inversión para la implementación del programa de mantenimiento predictivo, usando los indicadores VAN y TIR.

Para esta parte se han tomado todos los gastos que incurriría la implementación del programa de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibración con método shock pulse. En la tabla 14 se enlistan los egresos.

Tabla 18. Egresos para implementación

DESCRIPCIÓN	CANT.	VALOR UNI.	VALOR TOT
Analista Predictivo	1 PERSONA	\$ 4000.00	\$ 4000.00
Bearing checker	1 UNI	\$ 1995.00	\$ 1995.00
Adaptadores/conectores	50 UNI	\$ 6.00	\$ 300.00
Capacitación externa	1 GBL	\$ 450.00	\$ 450.00
Entrenamiento interno	1 GBL	\$ 250.00	\$ 250.00
Servicio anual especializado	1 SERV.	\$3600.00	\$3600.00
Útiles de oficina	1 GBL	\$200.00	\$200.00
TOTAL			\$ 10795.00

Elaboración: Propia

Para el sector pesquero la disponibilidad de los equipos es fundamental para procesar de manera inmediata la materia prima (pescado anchoveta) y producir harina en calidad SÚPER PRIME que principalmente se obtiene cuando el pescado está fresco. Entonces si la materia prima queda almacenada por unas horas, la calidad a obtener va bajando de escala y repercute en el valor de venta de la harina.

En conjunto con el área de producción, calidad y comercial se ha establecido un ratio de pérdida por parada de planta; tomando en cuenta los gastos operativos (pérdida de petróleo, pérdida de agua, etc.), los gastos por pérdida de calidad de harina y los gastos generales (planilla, horas extras, movilidad, transporte de sacos, etc.). El valor calculado es \$210 toneladas de harina por hora de parada.

Con el dato de \sum de Tiempos para reparar (TR) = 194 horas, según anexo 6, se puede calcular que para el 2021 se ha tenido una pérdida de \$40,740.00 por paradas de planta.

Se utilizó este valor de \$40,740.00 para usarlo como ahorro en el 2022 al implementar el mantenimiento predictivo basado en análisis de vibración con método shock pulse.

Entonces tenemos el siguiente cálculo:

Tabla 19. Cálculo VAN, TIR, PR

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Flujo de Caja	\$-10,795	\$-	\$-	\$-	\$-	\$10,000	\$10,000					\$10,740	\$10,740
SALDO ACTUALIZADO AL 2% Mensual	\$-10,795	\$-	\$-	\$-	\$-	\$9,057	\$8,880	\$-	\$-	\$-	\$-	\$8,638	\$8,468
SALDO ACTUALIZADO ACUMULADO	\$-10,795	\$-10,795	\$-10,795	\$-10,795	\$-10,795	\$-1,738	\$7,142	\$7,142	\$7,142	\$7,142	\$7,142	\$15,780	\$24,248

TASA	2%
VAN	\$ 25,658
TIR	23%
PR	5.19

V DISCUSIÓN

Se inició la investigación con la descripción de la situación actual de la gestión del mantenimiento de la empresa pesquera CFG Investment, y se analiza los reportes de averías para calcular la disponibilidad actual con el resultado de 86.4%, para ello se utiliza la fórmula definida por ISO 14224 (ISO, 2016). Al igual que (Aguila Huamán, 2018) y (Espejo Olivares, 2014) que también utilizan la fórmula en sus respectivos estudios.

Así mismo con la revisión documentaria, se revisan las descripciones de puesto y se describe brevemente la organización del área de mantenimiento, y funciones de los trabajadores para conocer el alcance de sus actividades. Las especialidades se dividen en 2 subáreas: Eléctrica y Mecánica, para las cuales se cuenta con personal calificado a cargo de 1 supervisor y todos ellos al mando de 01 Jefe. Al igual que (Hualpa Molina, y otros, 2010) en su estudio describe a sus equipos, recursos y software utilizado para realizar la gestión del mantenimiento en sus grupos de bombeo.

Con la revisión documentaria, se analizan los reportes de fallas de los años 2020 al 2021 y se identifica que el área de mantenimiento realiza actividades correctivas, preventivas y predictivas solo con el análisis de aceite. (Aguila Huamán, 2018) también identifica en su empresa que no realizan actividades predictivas y por ello en su estudio aplica las técnicas de predicción para alcanzar mayor disponibilidad de sus equipos.

Paso siguiente es identificar los equipos rotativos que de acuerdo a su constitución por partes rotativas y con el resultado de la observación de campo se seleccionaron mas de 50 equipos rotativos que intervienen en el proceso directo de producción de harina y aceite de pescado. Actualmente la planta de Chicama Norte tiene 960 equipos entre rotativos y estáticos, y que intervienen directa e indirectamente en el proceso.

Luego se determinó la criticidad de los equipos con calculando el producto CTR de la multiplicación de la frecuencia de falla por su consecuencia, que se ponderan de acuerdo diversos criterios y comparan con una matriz de riesgo basados en el método de evaluación de riesgo usado por diversas consultorías como Woodhouse Partnership Ltd. Tal como lo indica (Parra Marquéz, y otros, 2012) en su estudio de modelos de criticidad. Por otro lado (Aguila Huamán, 2018) realiza una sumatoria de la frecuencia de falla y sus consecuencias ponderando los criterios en base a la experiencia de sus trabajadores y aplica un nivel de criticidad de tres categorías: Crítico, semi crítico y no crítico.

El autor (Espejo Olivares, 2014) utiliza la metodología de evaluación de riesgo y encuesta al personal para determinar la criticidad de los equipos de planta, estáticos y rotativos. A diferencia de este autor la encuesta N°1 realizada tiene 7 equipos rotativos definidos para que el personal de mantenimiento los califique según su criticidad, y que con el estudio presentado se ha confirmado que 6 de estos son críticos para la empresa.

Tanto (Espejo Olivares, 2014) como (Aguila Huamán, 2018) y el presente estudio utilizan similares criterios como son: Impacto económico, riesgo a la salud y seguridad ambiental, impacto operacional, flexibilidad operacional para determinar el rango de consecuencia en el análisis de criticidad. También se categorizan los equipos como críticos, semi críticos y no críticos.

El resultado de la categorización selecciona a 14 equipos críticos a los cuales se continúa con la elaboración de actividades de mantenimiento predictivo para cada equipos rotativo, basado en el análisis de vibraciones con método shock pulse utilizando el instrumento Bearing Checker, al igual (Aristizabal Marín, y otros, 2009) seleccionan el instrumento Vibrotip para realizar las mediciones en sus equipos rotativos y con los formatos recopilan los datos de campo para luego analizarlos en un software de la marca. Para nuestro estudio no contamos con un software, pero si se estará analizando la tendencia a la falla mediante el uso de MS Excel.

El instrumento Bearing Checker diagnostica el estado de los rodamientos de un equipos rotativo, utiliza la metodología de shock pulse, es de fácil uso en campo y de entendimiento de resultados con 3 colores: Rojo significa diagnostico crítico que requiere cambio de elemento, amarillo significa diagnostico medio crítico con solución por lubricación o ajustes, y verde significa elemento en buen estado.

Las actividades programadas establecen los alcances, frecuencias y personal que realiza las inspecciones con formatos de reportes de control; en base a experiencias de operadores y mantenedores, recomendaciones de manuales de proveedores y conceptos generales de mantenimiento de equipos rotativos. Así como (Aguila Huamán, 2018) en su investigación apoyado del software ERP SAP programa actividades con instrucciones y frecuencias para realizar el monitoreo mediante inspecciones, todo desde el punto de inicio de la experiencia de sus trabajadores y recomendaciones de los especialistas en el área.

Se ha considerado dos formas de medición: la anualizada, que se refiere a un análisis mas complejo y ejecutado por una empresa contratista especializada en mantenimiento predictivo; Y la de frecuencia por horas de trabajo que se ejecuta con operadores de los equipos y técnicos del área de mantenimiento. En ambas mediciones se utilizan formatos de control.

Los formatos de control generados, están dirigidos para cada tipo de equipo rotativo, así es como el personal asignado a realizar la medición podrá guiarse con los puntos de lectura de acuerdo al gráfico ubicado en el pie de la hoja para continuar con la anotación de los resultados que se generen en el instrumento Bearing Checker, y marcar una tendencia a la falla para diagnosticar el estado de los rodamientos y poder actuar antes que ocurra la avería en el equipo rotativo. Así como (Pasache Morales, 2017) al aplicar su estudio ha detectado fallas en uno de sus rodamientos del extractor lavador de gases 2.

La frecuencia de mediciones de vibraciones con el método shock pulse a equipos rotativos críticos se han establecido de acuerdo a las recomendaciones de los operadores, técnicos mantenedores y el indicador MTBF. Con el análisis de la

tendencia a la falla se ira reduciendo o ampliando la frecuencia de acuerdo a los resultados de las mediciones del Dmc.

Los ahorros generados al no tener la planta parada, al utilizar los repuestos adecuados y cambiarlos al momento de su desgaste evitando el sobre stock, y programando las intervenciones de los equipos; son criterios que se evaluaron con el equipo de operaciones de plancha Chicama Norte para el flujo de caja de la inversión del presente estudio.

Finalmente se evalúa la inversión de la implementación de la investigación realizando un mantenimiento predictivo basado en el análisis vibracional con método shock pulse, con el mejor escenario de que con la implementación los equipos críticos no fallen y se alcance una disponibilidad de 98%, el 2% restante sería por la indisponibilidad de equipos no críticos que intervienen en el proceso de fabricación de harina y aceite de pescado. El resultado VAN = \$25,658; TIR = 23% indicando que la implementación es viable y que la recuperación del capital será en 5.19 meses. Estos valores son favorables debido a que la pérdida por hora de parada es extremadamente alta, por trabajar con una materia prima que pierde calidad al permanecer almacenada y que se puede capturar en un lapso de tiempo y en un lugar variable del inmenso mar peruano.

VI CONCLUSIONES

- La planta de Chicama Norte actualmente emplea estrategias de mantenimiento correctivo durante la producción, mantenimiento preventivo en la parada de planta y actividades predictivas solamente con el análisis de aceite de equipos críticos. Y para el año 2021 ha alcanzado un 86.4% de disponibilidad en base a los cálculos realizados utilizando la fórmula de la ISO 14224.
- De los 960 equipos instalados en planta Chicama Norte se han seleccionado los equipos rotativo con una observación de campo y se realizó el análisis de criticidad basada en el riesgo hallando 14 equipos rotativos en condición crítico por superar el valor CTR de 43, y categorizando al secador Rotatubo como el equipo rotativo más crítico en la planta en concordancia a lo indicado en encuesta N°1 realizada al personal de mantenimiento.
- Se elaboró un programa de actividades de mantenimiento predictivo basado en análisis de vibración con método shock pulse para los 14 equipos rotativos en categoría crítica, indicando frecuencias, instrumentos, alcances, persona y formatos de reporte de control se recopilan las mediciones de vibración para posterior análisis de tendencia de falla.
- Con los indicadores financieros VAN = \$25,658, TIR = 23% con un interés de 2% mensual, la implementación es viable.

VII RECOMENDACIONES

- Realizar anualmente la evaluación de criticidad para incluir nuevos equipos rotativos que durante el periodo de tiempo han aumentado su frecuencia de falla.
- Calibrar anualmente el instrumento Bearing Checker por una institución especializada.
- Implementar accesorios al instrumento Bearing Checker, con la compra de la sonda para una mejor medición a largo alcance, y auriculares para detectar ruidos a baja frecuencia.
- Utilizar un software predictivo basado en análisis de vibración para mejorar la lectura de las predicción de falla.

REFERENCIAS

Aguila Huamán, Adaell Antonio. 2018. *Efecto de técnicas de mantenimiento predictivo en la detección temprana de fallas en los equipos rotativos de la Empresa AMBEV PERU SAC.* Trujillo : Universidad Nacional de Trujillo, 2018.

Aristizabal Marín, Julio y Gómez Betancur, Carlos. 2009. *Fundamentación e implementación del mantenimiento predictivo en los molinos de la industria papelera con la aplicación del equipo VIBROTIP.* Medellín : Universidad EAFIT, 2009.

CFG INVESTMENT. 2022. *Manual de Operaciones de planta de harina de pescado.* Lima : s.n., 2022.

Copeinca. [En línea] <https://www.copeinca.com/la-compania/organigrama.html>.

Espejo Olivares, Victor Abel. 2014. *Propuesta de mejora del plan de mantenimiento predictivo de los equipos críticos del proceso productivo para reducir la criticidad en la empresa COPEINCA S.A.C.* Trujillo : Universidad Privada del Norte, 2014.

FIMA. 2011. *Manual de operación, mantenimiento e instalación Cocinador CF-50.* LIMA : FIMA, 2011.

Hualpa Molina, Johana Renata y Quezasa López, Ramiro Bolívar. 2010. *Mantenimiento Predictivo en los Grupos de Bombeo de la estación Faisantes del poliducto: Esmeralda - Santo Domingo - Quito - Pascuales - perteneciente a Petrocomercial filial de PetroEcuador.* Riobama : Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2010.

ISO. 2016. *ISO 14224, Petroleum, petrochemical and natural gas industries - Collection and exchange of reliability and maintenance data for equipment.* 2016.

Knezevic, Jezdimir. 1996. *Mantenimiento.* 1996.

Mora Gutiérrez, Luis Alberto. 2009. *Mantenimiento, Planeacion, ejecución y control.* Mexico : Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., 2009.

Parra Marquéz, Carlos y Crespo Marquéz, Adolfo. 2012. *Métodos de Análisis de Criticidad y Jerarquización de Activos.* Sevilla : s.n., 2012.

Pasache Morales, José Gabriel. 2017. *Plan de Mantenimiento Predictivo por análisis de vibración para mejorar la confiabilidad de los equipos rotativos del*

área de galvanizado en una empresa metalmecánica, Lima 2017. Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

Rodríguez, Jaime Gonzáles. 2009. *Aplicación del método shock pulse para detección de defectos en rodamientos.* Madrid : Universidad CARlos III de Madrid, 2009.

Rosado Alvarado, Erik Saul. Encuesta N°1. [En línea] <https://docs.google.com/forms/d/1A4Xj15QlrPkejRGo-H7j36jGHEyuQxylnUjV0sif2U/edit#responses>.

SPM Instrument. [En línea] <https://www.spminstrument.com>.

UNE. 2018. *Terminología del Mantenimiento.* Madrid : UNE, 2018.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE INDICADORES
Mantenimiento Predictivo por método Shock Pulse	Mantenimiento basado en la predicción de una condición futura de un ítem valorado o calculado desde una serie definida de datos históricos y parámetros operacionales futuros conocidos (ISO, 2016).	El mantenimiento Predictivo por SPM requiere de la implementación de las estrategias de análisis de vibraciones para continuar con el entrenamiento y ejecución de monitoreo a los equipos seleccionados en muestra para finalmente evaluar los resultados y tomar decisiones que evitan las fallas en los equipos.	Implementación	$\% \text{ Implementación} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de equipos con MPed}}{\text{Total de muestra}} 100$	Razón
			Entrenamiento	$\% \text{ Entrenamiento} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de personal entrenado}}{\text{Total de personas a entrenar}} 100$	Razón
			Monitoreo	$\% \text{ Monitoreo} = \frac{\text{N}^\circ \text{ de equipos monitoreados}}{\text{Total de muestra}} 100$	Razón
			Evaluación	Eficiencia será $> 0 = a 98\%$	Razón

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	ESCALA DE INDICADORES
Disponibilidad	De acuerdo a (ISO, 2016) la Disponibilidad es la capacidad de estar en un estado para funcionar según lo requerido	La variable Disponibilidad puede ser operacionalizada con la relación de MTBF y MTTR.	Disponibilidad	$D = \frac{(MTBF - MTTR)}{MTBF} 100$ <p>Donde: MTBF: Tiempo medio entre fallos. MTTR: Tiempo medio de reparación.</p>	Razón
			Tiempo medio entre fallas	$MTBF = \frac{\text{Total de horas del periodo}}{\text{Total de averías}}$	Razón
			Tiempo medio de reparación	$MTTR = \frac{\text{Nº de horas parada por avería}}{\text{Nº total de averías}}$	Razón

Anexo 2: Ficha de observación de campo

FICHA DE OBSERVACIÓN DE CAMPO			
EQUIPO		FECHA	
UBICACIÓN		TIPO OBJETO	
IT	ASPECTO A EVALUAR DEL EQUIPO	SI	NO
1	El equipo se encuentra identificado por un código de barras.		
2	El equipo se encuentra instalado en línea de producción		
3	El equipo cuenta con un eje giratorio.		
4	El equipo cuenta con chumaceras y/o caja de rodamientos		
5	El equipo cuenta con puntos de lubricación accesibles		

Anexo 3: Ficha de Revisión documentaria

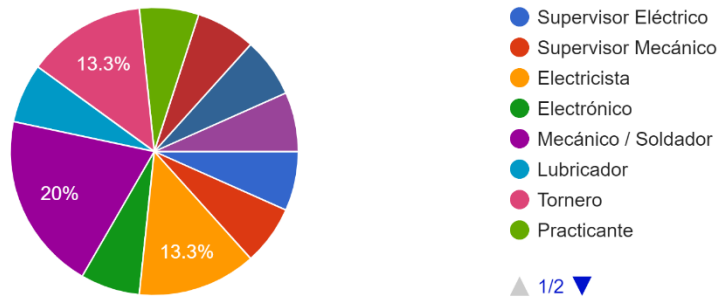
FICHA DE REVISIÓN DOCUMENTARIA			
IT	NOMBRE DEL DOCUMENTO	AUTOR	CÓDIGO
1	Descripción de Puesto para jefatura de mantenimiento	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
2	Descripción de puesto para coordinador de mantenimiento	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
3	Descripción de puesto para planificador de mantenimiento	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
4	Descripción de puesto para supervisor mecánico	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
5	Descripción de puesto para supervisor eléctrico	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
6	Descripción de puesto para mecánico-soldador	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
7	Descripción de puesto para tornero	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
8	Descripción de puesto para lubricador	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
9	Descripción de puesto para electricista	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
10	Descripción de puesto para electrónico	CFG INVESTMENT SAC	PES-FOR-102
11	Plan y presupuesto anual de mantenimiento	CFG INVESTMENT SAC	MAN-PRO-041
12	Procedimiento de Gestión de Análisis de Aceite	CFG INVESTMENT SAC	MAN-PRO-040

Anexo 4: Encuesta N°1

Se formuló 10 preguntas para ser respondidas por el personal de mantenimiento, de acuerdo a sus respuestas se realizará el análisis para justificar los resultados de la presente investigación. Las preguntas fueron:

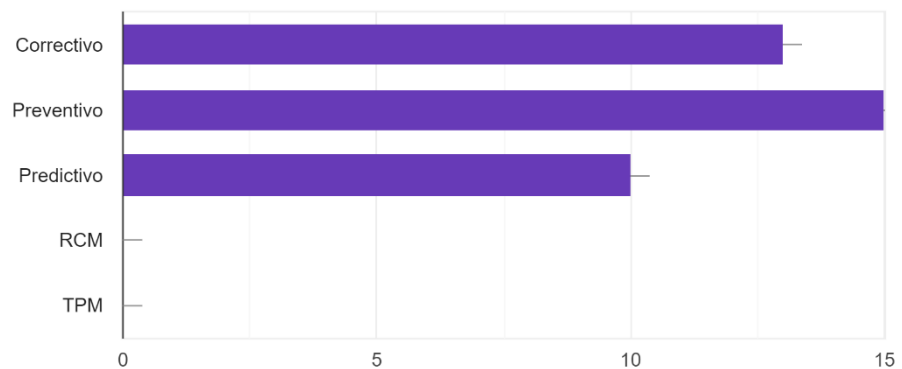
1. ¿Cuál es tu puesto de trabajo?

15 respuestas



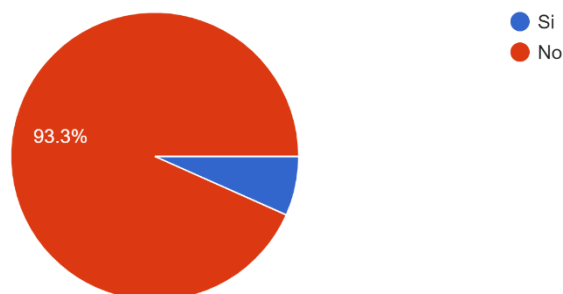
2. ¿Que estrategia de mantenimiento se realiza en planta?. Puedes marcar más de 2 alternativas.

15 respuestas

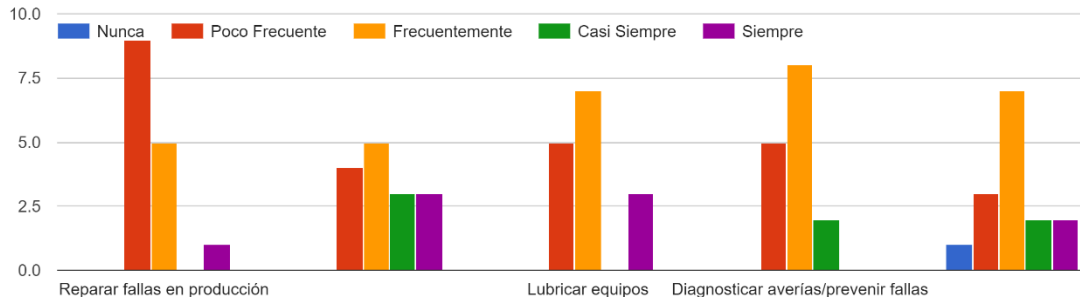


3. ¿Crees que con la estrategia actual se asegura la reducción de fallas a cero (0)?

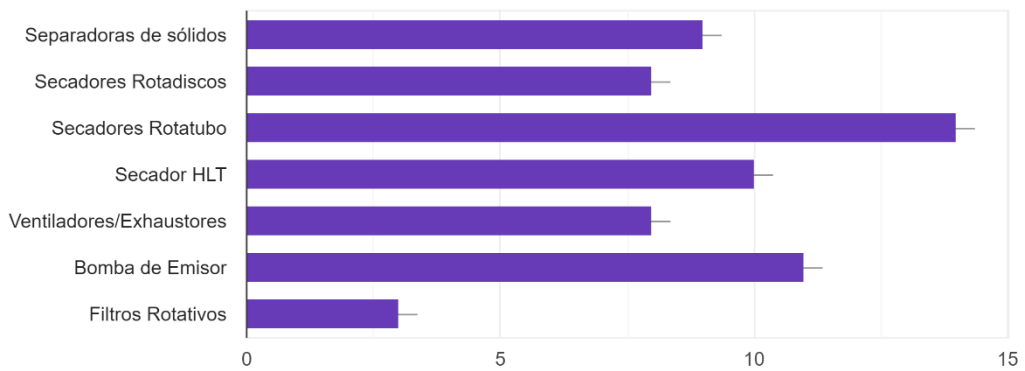
15 respuestas



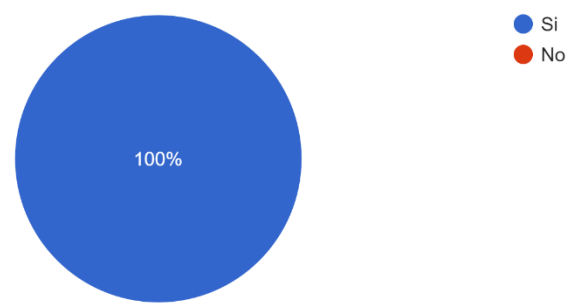
4. Indicar la cantidad de veces que se realizan las siguientes actividades:



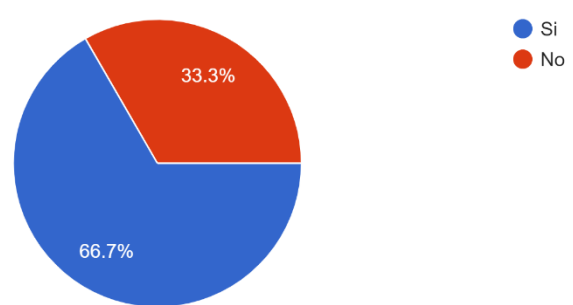
5. ¿Consideras críticos los siguientes equipos rotativos?. Puedes marcar mas de 2 alternativas.
15 respuestas



7. ¿Crees que es importante el monitoreo de vibraciones en equipos rotativos?
15 respuestas

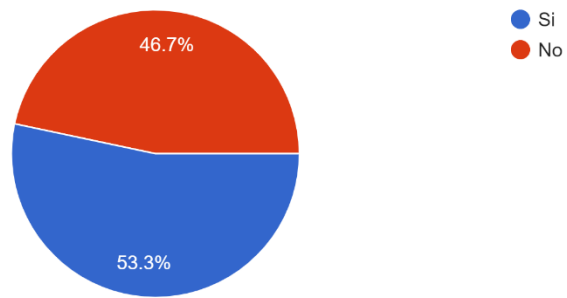


8. ¿Estás capacitado para realizar monitoreo de vibraciones en equipos rotativos?
15 respuestas



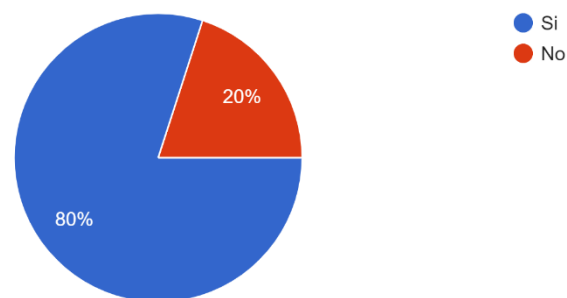
9. ¿Conoces del análisis de vibraciones por método shock pulse (SPM)?

15 respuestas



10. ¿Has usado el instrumento Bearing Checker (comprobador de rodamientos)?

15 respuestas



Anexo 5:Reporte de actividades del año 2020 al 2021

Clase de aviso	Años	Fecha de aviso	Cuenta de Clase de aviso
A1	2020		94
A1	2021		96
A2	2020		1040
A2	2021		685
A2	2022		2
A3	2020		317
A3	2021		275
A3	2022		2



Anexo 6: Reporte de avisos por averías

CL	Aviso	Descripción	Denominación	IniAvería	HoraPara Equipo	HoraPara Planta
A1	5100010584	FALLA SIST. AUTOMATICO TOLVIN COCINAS	TOLVIN ALIMENTADOR A COCINAS	26/04/2021		0.3
A1	5100010588	FALLA X ROTURA DE TUB. CONDENSADO SEC RT	SECADOR ROTATUBO	26/04/2021		4.3
A1	5100010587	FALLA MOTORRED. T.H. COLECTOR FINOS N°2	MOTORRED T.H. COLECTOR FINOS N°2	26/04/2021	2.8	0.0
A1	5100010586	FALLA MOTORRED. T.H. ALIM. A ROTATUBO	MOTORRED T.H. ALIMENTADOR A ROTATUBO	26/04/2021		0.5
A1	5100010585	SINIESTRO MOTOR ELECTRICO CENT. #3-413	MOTOR ELECT CENTRIFUGA N°3 - NUEVO	26/04/2021	0.0	0.0
A1	5100010603	FALLA X SOLTURA DE CADENA TRANS. TH. P-4	T.H. EXTRACTOR POZA N°4	27/04/2021	0.3	0.0
A1	5100010637	FALLA EN FLUJOMETO DE SEPARADORA AMBIENT	SEPARADORA AMBIENTAL Flottweg Z73-4	30/04/2021	3.0	0.0
A1	5100010634	FALLA X SOBRECARGA SECADOR ADD N°2	SECADOR ROTADISC N°2	30/04/2021	7.2	0.0
A1	5100010633	FALLA X ROTURA FLEXIBLE CONDENSAD ADD 4	SECADOR ROTADISC N°4	30/04/2021	1.2	0.0
A1	5100010636	FALLA X RODAMIENTOS CENTRIFUGA N°6 213	CENTRIFUGA N°6	30/04/2021	21.5	0.0
A1	5100010656	FALLA X DESGASTE PIÑONES TH. ELEC ROTADI	T.H. ELEVADOR N°1 A DISTRIB DE ROTADISC	1/05/2021	2.0	0.0
A1	5100010758	FALLA X RUIDO DE MOTOR ELECT. PRENSA 3	MOTOR ELECT DE PRENSA N°3	6/05/2021	7.2	0.0
A1	5100010751	FALLA POR ACOPLAMIENTO CON DESGASTE	REDUCTOR DE ROTADISC N°2	6/05/2021	0.2	0.0
A1	5100010791	FALLA X SOLTURA DE DESCANSO	T.H. DISTRIBUIDOR DE SECADORES ROTADISC	7/05/2021		0.8
A1	5100010768	FALLA X ALTA TEMPERATURA TAPA SUPERIO C5	CALDERA PIROTUBULAR 3P N°5 (1000 BHP)	7/05/2021	0.0	0.0
A1	5100010790	FALLA X ALTO AMPERAJE M.E DE PULIDORA	MOTOR ELECT PULIDORA N°1	7/05/2021	0.0	0.0
A1	5100010796	FALLA X SOLTURA DE CHAVETA	MOTOR ELECT DE PRENSA N°3	8/05/2021	1.3	0.0
A1	5100010795	FALLA X SOLTURA IMPULSOR BBA RECIR DAF 1	BOMBA TK PRESURIZACION CELDA DAF N°1	8/05/2021	10.8	0.0
A1	5100010813	FALLA X CALENTAMIENTO DE BOBINAS	MOTOR ELECT BOMBA ALIMENT PETROLEO HLT	10/05/2021	0.2	0.0
A1	5100010827	EQUIPO PRESENTA ALTA VIBRACION	SEPARADORA Sharples P3400 - N°1	11/05/2021	24.2	0.0
A1	5100010852	FALLA X ROTURA DE PLATINA DE CANGILON	TRANSPORTADOR DE CANGILONES	13/05/2021		0.5
A1	5100010856	FALLA X CORTOCIRCUITO MOTOR ELEC. 150HP	MOTOR ELECT BOMBA AGUA DE MAR N°1	13/05/2021	0.3	0.0

A1	5100010894	FALLA X RODAMIENTOS AGARROTADO BBA		16/05/2021	0.1	0.0
A1	5100010924	FALLA X ROTURA DE CADENA SECADOR ADD N°1	SECADOR ROTADISC N°1	20/05/2021	1.8	0.0
A1	5100010988	FALLA X EMPAQUETADURA QUEMADO	VENTILADOR SOPLADOR AIRE SECADO HLT	27/05/2021	0.0	0.0
A1	5100011012	FALLA X RODAMIENTOS CAJA DIFERENCIAL SEP	SEPARADORA Sharples P3400 - N°1	29/05/2021	0.0	0.0
A1	5100011139	FALLA X FUGA AGUA PRENSA ESTOPA BBA	BOMBA EMISOR PAC	14/06/2021	0.6	0.0
A1	5100011177	FALLA X ROTURA DE SELLO/RODAMIENTO	BOMBA N°02 ALIMENT TK ECUAL. 200M3	17/06/2021	0.0	0.0
A1	5100011222	FALLA X DESGASTE DE ACOPLAMIENTO ME-RED	SECADOR ROTADISC N°2	22/06/2021	0.2	0.0
A1	5100011474	FALLA X ROTURA DE EJE MOTRIZ P/ROTOR BBA	BOMBA DOSIF POLIMEROS A FLOCULADOR N°2	17/11/2021	7.5	0.0
A1	5100011507	FALLA X ROTURA TUBO EVACUA CONDENSADO	SECADOR ROTATUBO	19/11/2021		2.0
A1	5100011508	FALLA X ROTURA TUBO EVACUA CONDENSADO	SECADOR ROTATUBO	19/11/2021	1.5	0.0
A1	5100011534	FALLA X ROTURA CADENA SEC. ROTADISCK N°4	SECADOR ROTADISC N°4	20/11/2021	0.3	0.0
A1	5100011566	FALLA X SOBRECARGA SEP. AMBIENTAL	SEPARADORA AMBIENTAL Flottweg Z73-4	22/11/2021	0.3	0.0
A1	5100011576	FALLA X FUGA DE VAPOR EN JUNTA ROTATIVA	SECADOR ROTADISC N°2	22/11/2021	17.2	0.0
A1	5100011585	FALLA X ROTURA TRANSM. CADENA TH ELEV.	T.H. ELEVADOR N°1 A DISTRIBUIDOR DE SAC	22/11/2021		3.5
A1	5100011673	FALLA MOTOR ELECT VENTILADOR CALDERA N°2	MOTOR ELECT DE VENTILADOR CALDERA N°2	29/11/2021	0.0	0.0
A1	5100011713	FALLA CONTACTOR MOTOR VENTILADOR CALD. 6	TABLERO CONTROL CALDERA N°6	30/11/2021	1.1	0.0
A1	5100011734	FALLA DE BBA DE AGUA CALDERO N°3	BOMBA DE AGUA CALDERA N°1	3/12/2021	0.4	0.0
A1	5100011767	FALLA X FUGA VAPOR X JUNTA ROTATIVA	SECADOR ROTADISC N°2	4/12/2021	14.4	0.0
A1	5100011775	FALLA X DESBALANCEO VENTILADOR CAMARA HL	VENTILADOR SOPLADOR AIRE COMBUSTION HLT	6/12/2021	0.8	0.0
A1	5100011777	FALLA X ROTURA DE CADENA SEC RTD N°4	SECADOR ROTADISC N°4	6/12/2021	3.8	0.0
A1	5100011788	FALLA X FUGA DE LICOR DE PRENSA EN TK	TK COLECTOR LICOR DE PRENSA	7/12/2021		1.1
A1	5100011854	FALLA BBA DOSIF FERRIX SEP AMBIENTAL	ELECTROBOMBA DOSIF FERIX SEP FLOTTWEG	14/12/2021	0.1	0.0
A1	5100011848	FALLA X SIST. FUERZA MOTOR ELECTRICO BBA	MOTOR ELECTRICO	14/12/2021	0.0	0.0
A1	5100011885	FALLA X ROTURA DE JUNTAS TEFLON BOWL	CENTRIFUGA N°5	20/12/2021	0.0	0.0
A1	5100011883	FALLA X ROTURA DE TUBO PRESTRAINER 3A	PRESTRAINER N°3	20/12/2021	1.1	0.0
A1	5100011887	FALLA MOTOR DE BOMBA N°1 ALIM. TK ECU.	MOTOR ELECT BOMBA N°1 ALIM. TK ECUAL	21/12/2021	48.0	0.0

Anexo 7: Cotización de Equipo Bearing Checker

Calle Bernardo Alcedo, Mz. N Lt. 34, Urb. Sta. Patricia, 3ra Etapa, La Molina, Lima, Perú
 Cta Cte BCP en USD: 193-2312042-1-69 / CCI: 002 193 002312042169 10
 Cta Cte BCP en PEN: 193-2308140-0-45 / CCI: 002 193 002308140045 11
 Cta Detracción: 00101237672
 www.cosac.com.pe



Soluciones Integrales en Mantenimiento Proactivo & Predictivo

Somos **Distribuidores EXCLUSIVOS** en Perú de:



Somos **Socios** de Entrenamiento de:



Nuestros Servicios Predictivos están **HOMOLOGADOS** por:



Cotización N°: 2021-2-011

Fecha: 28/01/2021

CLIENTE:	Razón Social: CFG INVESTMENT SAC	COSAC:
	RUC: 20512868046	Cód. Proveedor:
	Domicilio Fiscal: Cal. Francisco Graña Nro. 155, La victoria.	103761
	Contacto: Jhon Ramos	Asesor(a):
	E-mail: jramosm@copeinca.com.pe	Fiorella Beltrán
Teléfonos: 998 387 972	E-mail: f.beltran@cosac.com.pe	955 947 039

ESTIMADO CLIENTE:

Agradecemos su interés en nuestros productos, servicios & capacitaciones; y con mucho gusto presentamos nuestra oferta:

Item	Nro. Pedido	Descripción	Cant.	Und.	V. Unit.	Monto total
1	KIT-BC200	BearingChecker BC200, con sensor incorporado.	1.00	KIT	2,350.60	2,350.60



Características:

- Diagnóstico inmediato de rodamientos.
- Diagnóstico de la condición mecánica y de lubricación.
- Diagnóstico con ayuda de LEDs **verde-amarillo-rojo**.
- Sensor SPM incorporado.
- Usa el original método SPM patentado por SPM Instrument AB (Suecia).
- Función estetoscopio.

Incluye :

- Cargador y cable.
- Maletín de transporte



Total:	USD	2,350.60
Descuento exclusivo para CFG	USD	-355.60
Valor Total:	USD	1,995.00

CONDICIONES COMERCIALES:

Moneda:	Dólares Americanos.
Impuestos:	Agregar el 18% de IGV.
Forma pago:	Factura a 30 días
Validez oferta:	30 días.
Lugar de entrega:	Almacenes Lima.
Tiempo de entrega:	04 a 06 semanas una vez recibida la OC.
Acerca de la garantía:	01 año para el equipo contra defectos de fabricación. La garantía no cubre a los accesorios. Para las atenciones por Garantía, El Cliente cubre todos los gastos de envío y retorno (y administrativos).

Adjunto: Ficha técnica.
 Importante: (*)El descuento es por el valor total de la cotización y hasta el mes de abril.

Los productos SPM solo pueden ser reparados y calibrados en los centros autorizados por SPM Instrument.

Tiempo de reparación y/o calibración: **02 días hábiles.**