

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO
FACULTAD DE INGENIERIA MECÁNICA Y DE ENERGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA**



**“IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN
CONFIABILIDAD PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DE
LAS BOMBAS DE MOLIENDA EN UNA PLANTA MINERA”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO**

AUTOR:

CESAR CRISTOFER GALVAN MENDOZA

ASESOR:

DR. ABEL TAPIA DIAZ

LINEA DE INVESTIGACION:

INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO









Callao, 2024

PERÚ

Document Information

Analyzed document	INFORME FINAL DE TESIS- GALVAN CESAR.docx (D182720120)
Submitted	2023-12-28 01:34:00 UTC+01:00
Submitted by	
Submitter email	investigacion.fime@unac.pe
Similarity	15%
Analysis address	investigacion.fime.unac@analysis.arkund.com

Sources included in the report

SA	Universidad Nacional del Callao / 19. INFORME DE TESIS FIMAL DE INVESTIGACION MIGUEL CUEVA rev 4.pdf Document 19. INFORME DE TESIS FIMAL DE INVESTIGACION MIGUEL CUEVA rev 4.pdf (D174124393) Submitted by: fime.posgrado@unac.edu.pe Receiver: fime.posgrado.unac@analysis.arkund.com	 3
SA	Universidad Nacional del Callao / 1.Informe de Tesis (2) ACUÑA y VARGAS.docx Document 1.Informe de Tesis (2) ACUÑA y VARGAS.docx (D52996812) Submitted by: posgrado.fime@unac.pe Receiver: posgrado.fime.unac@analysis.arkund.com	 7
SA	MPC JEANPIERRE BERNAL 23 SEP 2021.docx Document MPC JEANPIERRE BERNAL 23 SEP 2021.docx (D114930570)	 2
SA	Trabajo de titulación - José Peñafiel 10072022.pdf Document Trabajo de titulación - José Peñafiel 10072022.pdf (D142020583)	 4
SA	tesis urkum.pdf Document tesis urkum.pdf (D142433730)	 3
SA	Wellington Chuqui - Jhonny Casa.docx Document Wellington Chuqui - Jhonny Casa.docx (D107970856)	 3
SA	addf5c4927e6497ddf391cb5fda0340cc5bfa673.html Document addf5c4927e6497ddf391cb5fda0340cc5bfa673.html (D110973686)	 1
SA	TRABAJO DE SUFICIENCIA - RONQUILLO BANDA.pdf Document TRABAJO DE SUFICIENCIA - RONQUILLO BANDA.pdf (D113699974)	 10

INFORMACION BASICA

FACULTAD:

Ingeniería Mecánica y de Energía.

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN:

Facultad de Ingeniería Mecánica y de Energía.

TÍTULO:

“Implementación de Mantenimiento centrado en confiabilidad para reducir costos de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera”.

AUTOR: Cesar Cristofer Galván Mendoza / 0009-0004-1961-0930 / 46525927

ASESOR: Abel Tapia Díaz / 0000-0003-3367-3490 / 43129152

LUGAR DE EJECUCION: Trujillo – Perú

UNIDAD DE ANALISIS: Bombas de Molienda

TIPO: Aplicada

ENFOQUE: Cuantitativo

DISEÑO DE INVESTIGACION: Pre experimental

TEMA OCDE: 2.03.01Ingenieria Mecánica

HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN

Miembros del jurado:

Mg. Ing. Alfonso Santiago Caldas Basauri Presidente

Mg. Ing. José Martín Casado Márquez Secretario

Mg. Econ. Guillermo Alonso Gallarday Morales Vocal

Asesor: Dr. Abel Tapia Díaz

N° de libro: 001

N° de folio: 167

N° de acta: 167 - 2024

Fecha de aprobación de tesis: 13 de enero de 2024

Resolución de Jurado Evaluador: N° 302-2023-CF-FIME 10 de noviembre de 2023

**ACTA N°167 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**

**LIBRO 001, FOLIO N°193, ACTA N°167 DE SUSTENTACIÓN DE TESIS CON CICLO TALLER DE
TESIS PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO.**

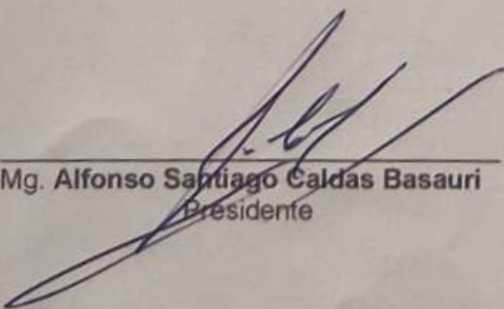
A los 13 días del mes de enero del año 2024, siendo las 09:51 horas, se reunieron en el Auditorio "Ausberto Rojas Saldaña" sito Av. Juan Pablo II N° 306 Bellavista – Callao, los miembros del **Jurado Evaluador de Sustentación del II Ciclo Taller de Tesis 2023**, designado con Resolución de Consejo de Facultad N° 302-2023-CF-FIME – Callao, 10 de noviembre de 2023, para la obtención de los **TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO MECÁNICO**, conformado por los siguientes docentes ordinarios de la Universidad Nacional del Callao:


- Mg. ALFONSO SANTIAGO CALDAS BASAURI : Presidente
- Mg. JOSÉ MARTÍN CASADO MÁRQUEZ : Secretario
- Mg. GUILLERMO ALONSO GALLARDAY MORALES : Vocal

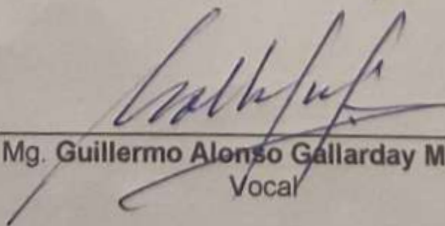
Se dio inicio al acto de sustentación de la tesis del Bachiller **CESAR CRISTOFER GALVÁN MENDOZA**, quien habiendo cumplido con los requisitos para optar el Título Profesional de **INGENIERO MECÁNICO**, sustenta la tesis **"IMPLEMENTACIÓN DE MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD PARA REDUCIR COSTOS DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE MOLIENDA EN UNA PLANTA MINERA"**, cumpliendo con la sustentación en acto público de acuerdo al artículo 56° de la Resolución de Consejo Universitario N° 150 -2023-CU.- CALLAO, 15 de junio del 2023.

Con el quórum reglamentario, se dio inicio a la exposición de conformidad con lo establecido por el Reglamento de Grados y Títulos vigente. Luego de la exposición y la absolución de las preguntas formuladas por el jurado, y efectuada la deliberación pertinente, acordó por unanimidad: Dar por **APROBADO** en la escala de calificación cualitativa **BUENO**, y con calificación cuantitativa de **15 (QUINCE)**, conforme a lo dispuesto en el Artículo 24° del Reglamento de Grados y Títulos de la UNAC, aprobado por Resolución de Consejo Universitario N° 150-2023-CU- CALLAO, 15 de junio de 2023.

Se dio por cerrada la Sesión a las 10.12 horas del día 13 de enero de 2024.


Mg. Alfonso Santiago Caldas Basauri
Presidente


Mg. José Martín Casado Márquez
Secretario


Mg. Guillermo Alonso Gallarday Morales
Vocal

DEDICATORIA

A mis padres por todo el apoyo y dedicación que han realizado para ayudarme y guiarme, así como los valores inculcados que me han permitido terminar esta hermosa carrera profesional. También a mi esposa Flor por todo el apoyo y comprensión para la elaboración de la presente tesis.

INDICE

INDICE DE FIGURAS	5
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE ABREVIACIONES	8
RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	12
1.1. Realidad Problemática	12
1.2. Formulación del problema	14
1.3. Objetivos de la investigación	15
1.4. Justificación	15
1.4.1. Justificación teórica	15
1.4.2. Justificación tecnológica	15
1.4.3. Justificación económica	16
1.4.4. Justificación metodológica	16
1.5. Delimitantes de la investigación	16
1.5.1. Teórica	16
1.5.2. Temporal	16
1.5.3. Espacial	16
II. MARCO TEORICO	18
2.1. Antecedentes	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales	20
2.2. Bases teóricas	22

2.2.1. Metodología del RCM	22
2.2.2. Beneficios de la metodología del RCM	25
2.2.3. Objetivos del mantenimiento	26
2.2.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:	28
2.2.5. Metodología del RCM	28
2.2.6. Desarrollo de las siete preguntas	31
2.2.7. Diagrama de decisión del RCM	46
2.2.8. Hoja de decisión de RCM	47
2.2.9. Diagrama de decisión RCM	47
2.2.10. Estrategias de mantenimiento	48
2.2.11. Costos de mantenimiento	51
2.2.12. SAP ERP	52
2.3. Marco Conceptual	57
2.3.1. Gestión de mantenimiento	57
2.3.2. Hoja de registro de equipo	57
2.3.3. Catalogación de repuesto	58
2.3.4. Planes de mantenimiento en SAP	59
2.3.5. Medición de indicadores	66
III. HIPOTESIS Y VARIABLES	69
3.1 Hipótesis	69
3.2 Operacionalización de variable	70
IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO	71
4.1 Diseño metodológico.	71
4.2 Método de investigación.	71
4.3 Población y muestra.	71

4.4 Lugar de estudio y periodo del desarrollo.	71
4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.	72
4.5.1 Técnica	72
4.5.2 Instrumento	72
4.6 Análisis y procedimiento de datos.	72
4.7 Aspectos éticos en la investigación.	73
V. RESULTADOS	74
5.1 Resultados descriptivos	74
5.2 Resultados Inferencial	78
5.3 Otros resultados estadísticos	83
VI. DISCUSION DE RESULTADOS	84
6.1 Contrastación y demostración de la hipótesis con los resultados.	84
6.2 Contrastación de los resultados con otros estudios similares	84
6.3 Responsabilidad ética	85
VII. CONCLUSIONES	86
VIII. RECOMENDACIONES	88
IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89
ANEXOS	92
• Matriz de consistencia	92
• Operacionalización de variables.....	93
• Diagrama de Ishikawa	94
• Carta de acuerdo de resultados de la implementación	95
• Listado de equipos críticos, 201 equipos	96
• Base de datos para el cálculo de los costos de mantenimiento	98
• Hoja de registro de la bomba Molienda	102

- Diagrama físico de entrada y salida 105
- Hoja de información de RCM, AMEF 106
- Hoja de decisión de RCM..... 108
- Recomendaciones para fallas evidentes 109
- Planes de mantenimiento 110
- Diagrama de flujo de la planta molienda 111
- Hoja de datos de la bomba de molienda 112
- Diagrama de la bomba de molienda..... 114
- Diagrama del motor de la bomba molienda..... 114
- Características del sistema bombeo de la bomba molienda 115
- Lista de repuesto de la bomba de molienda..... 124
- Cotización de la bomba SHURCO 125
- Modos de falla de la bomba de molienda, según fabricante 126
- Noma SAE JA1011, español..... 127

INDICE DE FIGURAS

Fig 2.1.	Un típico grupo de revisión de RCM	30
Fig 2.2.	Diagrama físico del contexto operacional	36
Fig 2.3.	Fallas relacionadas con la edad	41
Fig 2.4.	Fallas que no están relacionadas con la edad	43
Fig 2.5.	Hoja de decisión RCM	47
Fig 2.6.	Diagrama de decisión	48
Fig 2.7.	Estrategias de mantenimiento	49
Fig 2.8.	Hoja de registro de equipos	58
Fig 2.9.	Diagrama de proceso de gestión de compras	58
Fig 2.10.	Listado de repuestos de la bomba de molienda	59
Fig 2.11.	Diagrama de proceso gestión de mantenimiento	59
Fig 2.12.	Listado de puesto de trabajo en SAP	60
Fig 2.13.	Ubicación técnica en SAP	61
Fig 2.14.	Listado de equipo en SAP	61
Fig 2.15.	Tabla de estrategias de mantenimiento en SAP	62
Fig 2.16.	Unidad de medida para planes de ciclo individual SAP	62
Fig 2.17.	Cabecera informativa de las hojas de ruta SAP	63
Fig 2.18.	Asignación del personal para tareas de mantenimiento SAP	63
Fig 2.19.	Asignación de materiales para las tarea de mantenimiento SAP..	64
Fig 2.20.	Clases de órdenes de mantenimiento SAP	64
Fig 2.21.	Formato para los planes de mantenimiento	65
Fig 2.22.	Planes de mantenimiento SAP	66
Fig 2.23.	Circuito plantas de molienda	67
Fig 2.24.	Listado de equipos de molienda	68

Fig 5.1.	Curva Normal Costo total mantenimiento con RCM	77
Fig 5.2.	Curva Normal Costo total mantenimiento sin RCM	77
Fig 5.3.	Curva Normal Costo correctivo de mantenimiento con RCM.....	78
Fig 5.4.	Curva Normal Costo correctivo de mantenimiento sin RCM	78
Fig 5.5.	Grafico para determinar la normalidad Costo total de mantenimiento con RCM	80
Fig 5.6.	Grafico para determinar la normalidad Costo total de mantenimiento sin RCM	80
Fig 5.7.	Grafico para determinar la normalidad Costo correctivo de mantenimiento con RCM	81
Fig 5.8.	Grafico para determinar la normalidad Costo correctivo de mantenimiento sin RCM	81

INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1	Matriz de riesgo de Norzok	.....	27
Tabla 2.2	Identificación de entradas, procesos y salidas	.....	37
Tabla 2.3	Descripción de la ubicación técnica en SAP	.....	60
Tabla 3.1.	Operacionalización de variables	.....	70
Tabla 5.1.	Tabla Costos del equipo nuevo	.....	74
Tabla 5.2.	Resumen costos de mantenimiento utilizando RCM	.....	74
Tabla 5.3.	Costo de mantenimiento correctivo usando RCM	.....	74
Tabla 5.4.	Costo de mantenimiento preventivo usando RCM	.....	75
Tabla 5.5.	Costo de mantenimiento predictivo usando RCM	.....	75
Tabla 5.6.	Estimación de costo de mantenimiento sin RCM	.....	76
Tabla 5.7.	Análisis descriptivo de las variables costo de mantenimiento total y costo de mantenimiento correctivo	.....	76
Tabla 5.8.	Prueba de normalidad del costo de mantenimiento total	.....	78
Tabla 5.9.	Prueba de normalidad del costo de mantenimiento correctivo	.....	79
Tabla 5.10.	Prueba Wilcoxon para el costo de mantenimiento total y mantenimiento correctivo	.....	82

INDICE DE ABREVIACIONES

AMEF	Failure Modes and Effects Analysis (Análisis de Modo y Efectos de Falla)	Pag 11
RCM	Reliability-Centred Maintenance (Mantenimiento Centrado en la confiabilidad)	Pag 11
LCC	Life Cycle Cost (Costo del ciclo de vida)	Pag 12
SAP PM	Plant Maintenance (Software Mantenimiento de Planta)	Pag 16
SAE	Evaluation Criteria for RCM Processes (Criterios de	Pag 17
JA1011	Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)	
SAE	Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM)	Pag 17
JA1012	Standard (Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad)	
SAP	Sistemas, Aplicaciones y Productos en procesamiento de datos	Pag 39
BOM's	La lista de materiales	Pag 41
CMOP	Proyecto de Optimización de Material Carbono	Pag 43

RESUMEN

El presente trabajo de investigación “Implementación de mantenimiento centrado en confiabilidad para reducir costos de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera” permite elaborar un plan de mantenimiento utilizando la metodología RCM en planta minera donde no contemos con historial de mantenimiento y además queramos asegurara un arranque exitoso en plantas mineras.

Se ha utilizado la metodología RCM para identificar los modos de falla de una bomba de molienda marca SHURCO 12S250, asimismo sus componentes que lo integran, Variador, motor y sistema de tuberías y válvulas automáticas.

La metodología de la investigación es de tipo aplicada, en razón que se utilizan conocimientos sobre gestión de mantenimiento a fin de aplicarlas en el mantenimiento de bombas. Es un estudio con enfoque cuantitativo dado que se utilizan herramientas matemáticas y estadísticas para probar los resultados. Cuenta con un nivel explicativo y pre-experimental dado que contralamos las pruebas en un contexto operativo.

También se hace una explicación sencilla sobre los elementos que se requieren para poder administrar los planes de mantenimiento desde el software ERP SAP

La investigación finaliza comprobando que los de mantenimiento son menores con el proyectado sin utilizar el RCM, esto fue realizado durante los meses de Agosto a Diciembre del 2023.

Palabras clave: RCM, implementación, planes de mantenimiento, costos de mantenimiento, costo de mantenimiento correctivo, costo de mantenimiento preventivo, bombas de molienda, SAP.

ABSTRACT

The present research work “Implementation of maintenance focused on reliability to reduce maintenance costs of grinding pumps in a mining plant” allows the development of a maintenance plan using the RCM methodology in a mining plant where we do not have a maintenance history and we also want will ensure a successful start-up in mining plants.

The RCM methodology has been used to identify the failure modes of a SHURCO 12S250 grinding pump, as well as its components, Variator, motor and system of pipes and automatic valves.

The research methodology is applied, because knowledge about maintenance management is used in order to apply it to pump maintenance. It is a study with a quantitative approach since mathematical and statistical tools are used to test the results. It has an explanatory and pre-experimental level since we control the evidence in an operational context.

There is also a simple explanation of the elements required to manage maintenance plans from the SAP ERP software.

The investigation ends by verifying that maintenance costs are lower than projected without using the RCM, this was carried out during the months of August to December 2023.

Keywords: RCM, implementation, maintenance plans, maintenance costs, corrective maintenance cost, preventive maintenance cost, grinding pumps, SAP.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación “Implementación de RCM para reducir costos de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera”, plantea una metodología para la puesta en marcha de los equipos críticos con el objetivo de alcanzar la producción de diseño en una planta minera, en este caso particular las bombas de molienda, debemos poder encontrar tareas de mantenimiento para eliminar, reducir y/o establecer controles para minimizar el impacto de las posibles fallas de la bomba de molienda.

Para asegurar el funcionamiento del equipo, se utilizará la metodología RCM. En un proceso sistemático nos lleva a desarrollar una herramienta de confiabilidad denominada AMEF (análisis de modo y efectos de falla). Posteriormente podremos desarrollar actividades de mantenimiento que podremos usar para elaborar un plan de mantenimiento, cartillas de equipo y catalogación de repuestos.

Durante un arranque de una planta minera los ingenieros de mantenimiento nos enfrentamos a una diversidad de equipos nuevos de tecnologías innovadoras, para lo cual requerimos elaborar una estrategia para poder lograr la puesta en marcha hasta alcanzar la producción de diseño, para lo cual nos centramos en los equipos críticos y así elaborar los presupuestos centrándonos en planificar todas las actividades de mantenimiento necesarias por lo cual un incremento de dicho presupuesto impactaremos directamente en las ganancias de la empresa.

La investigación finaliza con las evaluaciones de indicadores de gestión de costos de acuerdo con las recomendaciones de la SMRP para poder verificar las recomendaciones de los resultados obtenidos por la implementación del RCM a las bombas de molienda.

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Realidad Problemática

En la actualidad se cuenta con diversas metodologías aplicadas en el área de mantenimiento que permiten alcanzar resultados muy ventajosos en el sector industrial entre ellas la aeronáutica, naval, minería, pesquera, alimentarias, etc. Estas metodologías resuelven muchas dificultades y/o problemas que diversos profesionales del sector industrial les toca afrontar para lo cual podemos citar algunas de ellas, tales como: PMO, TPM, LCC, 5S, Mantenimiento 4.0 y las normativas vigentes que ISO 55001.

Podemos citar la metodología RCM que desde su aparición entre el año 1960 y 1970, pudo lograr dentro de la industria aeronáutica en los EEUU develar que sus mantenimientos no solo eran costosos sino inseguros lo que permitió que la aviación comercial se convirtiera en la forma más segura de viajar.

Según Moubray, (2000) actualmente en la aviación comercial las aerolíneas comerciales sufren menos de dos accidentes por millón de despegues. Esto corresponde a un accidente cada 3 o 4 semanas en el mundo. De éstos, cerca de 1/6 son causados por fallas en los equipos.

Para nuestro estudio nos centramos en la industria minera, de acuerdo a Yauri, (2023) las cifras consolidadas del 2022 para la inversión en exploración minera en el mundo muestran que ésta se incrementó en un 16% en relación con el año precedente. Esta cifra es la más alta de los últimos 9 años y muestra un dinamismo de la inversión en este rubro que debe estar asociado con la subida de cotizaciones, como la del cobre y otros metales vinculados a la transición energética. Además, la cotización del oro se mantiene en niveles altos, similares al anterior ciclo de precios altos.

También indica Yauri, (2023) que otro dato a tomar en cuenta tiene relación con la distribución de la inversión en minería a nivel global: desde el año

pasado, América del Norte (33%) se ha consolidado como el principal destino de la inversión minera, desplazando a América Latina (25%) al segundo lugar. Cabe señalar que, desde mediados de la década del 90 del siglo pasado, América Latina se consolidó como el principal destino de la inversión en minería; sin embargo, todo indica que esta situación ha comenzado a cambiar. Habrá que observar si esta tendencia se mantiene en los siguientes años.

Según Yauri, (2023) a nivel de países, si bien los tres primeros lugares son ocupados por Canadá, Australia y los Estados Unidos, en el top ten se ubican cinco países de América Latina: Chile, México, Perú, Argentina y Brasil, respectivamente. El Perú (6to) se ha mantenido de manera constante en este grupo en los últimos 25 años.

De acuerdo con el Ministerio de Energía y Minas (Minem) Republica, (2023) presentó la “Cartera de Proyectos de Inversión Minera 2023” que concentra 47 proyectos y una inversión conjunta de 53,715 millones de dólares, ubicados en 18 regiones del territorio nacional. En esa línea, la Dirección General de Promoción y Sostenibilidad Minera (DGPSM) del Minem, responsable del documento, destaca que la actual cartera registra un aumento de inversión minera del 1.0% en contraste a la edición anterior. Estos proyectos tendrán un gran impacto económico en el Perú, los proyectos cuentan con diferentes fases para el inicio de operación (rum-up) están son: proyecto/diseño, compras/fabricación, instalación/prueba/puesta en marcha, y finalmente la fase de operación que es materia de estudio. El área de mantenimiento asume este reto con el objetivo de alcanzar en el corto tiempo el tonelaje de producción de diseño para estas plantas mineras.

De acuerdo con la planta minera de estudio esta tiene proyectado invertir 143 millones de dólares, con el cual se diseñó un circuito de 9.000 ton/día para procesar 15 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de 2,4 g/t de oro. Para el procesamiento del mineral en la etapa de molienda,

se requiere de las bombas de pulpa para enviar el mineral molido hacia los ciclones de molienda, estas bombas forman parte de los equipos críticos y requieren contar con actividades de mantenimiento para así evitar fallas funcionales que reduzcan la vida del activo y se incremente los costos de mantenimiento durante la puesta en marcha de dicha planta.

Para estas bombas de molienda no se ha determinado las estrategias de mantenimiento y el listado de tareas que deben aplicarse.

De no identificarse las tareas de mantenimiento tendríamos como consecuencia ante una falla el impacto en la seguridad, medio ambiente o al proceso siendo estas evidenciadas en derrames, accidentes con daño al personal y/o al proceso, reducción del ciclo de vida del activo, incremento en los costos de reparación y reducción de la confiabilidad del activo.

Por lo tanto, es motivo de la presente implementar una metodología para identificar las tareas de mantenimiento necesarias para minimizar las consecuencias de las fallas de las bombas de molienda.

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera?

¿De qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera?

¿De qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera?

¿De qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera?

1.3. Objetivos de la investigación

Objetivo General

Determinar de qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera

Objetivo específico

Determinar de qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera.

Determinar de qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera.

Determinar de qué manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación teórica

Este estudio tiene justificación teórica porque complementa casos de estudio de buenas prácticas en implementaciones RCM y es una alternativa para la elaboración de planes de mantenimiento en las organizaciones.

1.4.2. Justificación tecnológica

Este estudio tiene justificación tecnológica porque detallo los pasos a seguir en una implementación de RCM para una organización, también desarrollo los pasos a seguir para la elaboración de planes de mantenimiento en el ERP SAP.

1.4.3. Justificación económica

Este estudio tiene justificación económica porque permite dimensionar proyectos de implementación de RCM orientada a la gestión de mantenimiento de los equipos críticos de la organización.

1.4.4. Justificación metodológica

Este estudio tiene justificación metodológica porque permite estudiar los resultados aquí encontrados para el planteamiento de nuevas variables que aquí no se han considerado en la elaboración de planes de mantenimiento para una organización, la justificación metodológica se da cuando se propone como novedad, la formulación del nuevo método o técnica en la aplicación de la investigación Montes, (2014 pág. 71).

1.5. Delimitantes de la investigación

1.5.1. Teórica

Esta investigación tiene un alcance teórico debido a que utiliza herramientas de ingeniería de confiabilidad, mantenimiento de bombas centrifugas, uso e implementación de software SAP con el fin de alcanzar los objetivos y responder las hipótesis.

1.5.2. Temporal

En cuanto al alcance temporal esta investigación se realizó en 2023 entre los meses de enero a mayo.

1.5.3. Espacial

Cuenta con un alcance espacial dado que fue desarrollado en la planta de molienda para dos bombas de alimentación a nido de ciclones en el área de molienda.

Este estudio tiene limitaciones en cuanto se realizó para uno de los equipos críticos dentro del proceso de molienda, dado que necesitamos medir los costos de mantenimiento que esta implementación de RCM podría alcanzar

durante la puesta en marcha de la planta minera. Es por esta razón que se deja abierta la posibilidad de que otros investigadores amplíen o profundicen el estudio presente.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

De acuerdo con Lopez, y otros,(2022), en su título “Diseño de protocolo para la aplicación de la metodología RCM en la industria”, tiene como objetivo diseñar un protocolo para la aplicación de la metodología RCM en la industria a través de una herramienta digital. Utiliza un diseño de tipo tecnológico. Desarrollando los siguientes instrumentos tal como el RCM. Logrando que aplicando el uso de esta herramienta facilita la implementación de metodología RCM, ya que cuenta con criterios predeterminados para la evaluación del activo (formularios y plantillas).

De acuerdo con Mendoza, (2021), en su título “Optimización del plan de mantenimiento para el sistema de bombas principales en la estación de bombeo rubiales para la empresa Oleoducto de los llanos, S.A”, tiene como objetivo elaborar una optimización del plan de mantenimiento del sistema de bombas principales. Indica como muestra la estación de bombeo Rubiales de la empresa ODL. Utiliza un diseño de tipo tecnológico. Desarrollando los siguientes instrumentos tal como el AMEF, PMO y sistema SAP PM. Logrando los siguientes resultados reducir los gastos de mantenimiento desarrollados en los equipos, con esto también se logra que las actividades de mantenimiento preventivo se realicen en los tiempos adecuados y reducir las paradas correctivas, también se desarrolla la gestión del mantenimiento para identificar las causas y efectos que representan las fallas generadas en los equipos.

También es interesante revisar cómo Morales, (2019) logra en su título “Evaluación de la implementación de la metodología RCM en los harneros vibratorios de la planta concentradora Minera Caserones”, tiene como objetivo la evaluación de la implementación de la herramienta RCM en la

Minera Caserones. Indica como muestra los harneros vibratorios. Utiliza un diseño tipo tecnológico. Logrando los siguientes resultados obtenidos en función de la implementación del RCM han sido satisfactorios en términos de reducción de costos por pérdidas de no producción y logrando mejorar los indicadores de mantenimiento viéndose reflejados en la disponibilidad y confiabilidad de los equipos en estudio. Finalmente se concluye que la metodología del RCM implementada es eficaz, pero se debe tener en cuenta que la aplicación debe ser disciplinada y cumplirse siempre a cabalidad con la finalidad de lograr de mantener o superar los resultados obtenidos.

Una propuesta que indica la mejora en la aplicación del RCM es de Urian, (2020), en su título “Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud”, tiene como objetivo Diseñar una propuesta de mantenimiento para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud basado en el mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM). Utiliza un diseño de tipo tecnológico. Desarrollando los siguientes instrumentos tal como el AMFEC, LCC, NPR. Logrando los siguientes resultados disminuyendo el número de fallas y aumentando la disponibilidad de los equipos, cumpliendo así con la misión del Grupo Equipos de Laboratorio de atender oportuna y eficientemente los requerimientos de mantenimiento y garantizar el funcionamiento continuo de los equipos.

En el sector militar Moran, (2021), en su título “Estudio y análisis del sistema de mantenimiento de la empresa FADESA – Fabrica de Envases S.A. – Quito para la implementación del módulo SAP PM (mantenimiento de planta)”, tiene como objetivo ayudar en la gestión del área de mantenimiento a través del software SAP, logrando en el desarrollo hacer las pruebas de funcionalidad del software y de las transacciones que gestiona el área de mantenimiento, dejando una herramienta funcional que permita mejorar los procesos de gestión del área de mantenimiento, con datos en tiempo real

para el conocimiento de indicadores claves de rendimiento del área permitiendo se pueda tomar acciones de mejora.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Entre los estudios con similitud es el de Cruzado, (2020), “Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a bombas de carga en una refinería”, tiene como objetivo realizar una aplicación de la metodología de Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad (RCM). Indica una muestra La bomba de carga de una refinería. Utiliza un diseño de tipo tecnológico. Desarrollando los siguientes instrumentos, análisis de modos de fallas, análisis del ciclo de vida, información técnica de la bomba. Logrando los siguientes resultados, comprobar a través del plan de mantenimiento que la confiabilidad operacional depende considerablemente de la forma en que se realizan actividades preventivas durante la operación de los equipos. El plan de mantenimiento obtenido está enfocado únicamente a los equipos analizados y bajo el contexto operativo actual. Estas tareas de mantenimiento son susceptibles a ser actualizadas en función del contexto operativo o requerimientos de la compañía. Finalmente, la aplicación del RCM puede extenderse a otros activos de la planta de acuerdo con el nivel de criticidad que estos presenten.

Con el estudio de Constantino, (2021) “Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa S.R.L.”. Tiene como objetivo proponer un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Polisa SRL para reducir los costos de mantenimiento, Indica una muestra los equipos críticos en el proceso de fundas de banano. Utiliza un diseño cuantitativo. Desarrollando los siguientes instrumentos tales como AMEF, RCM. Logrando los siguientes resultados con los datos obtenidos se realizó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad, y se determinó un cronograma diferenciando las actividades del técnico de mantenimiento como del técnico eléctrico. También se propuso la implementación del área

de mantenimiento constando de un encargado y dos técnicos, y tener una política de mantenimiento con su flujo del proceso para sus labores. Con estas propuestas el costo de mantenimiento se redujo en 74 621,35 soles representando el 29,6% los costos. En el análisis costo beneficio de la propuesta del plan de mantenimiento se obtuvo un índice de 1,14 soles. Con ello se puede indicar que la propuesta es económicamente viable.

Asimismo tenemos una aplicación directa con el uso de normas vigentes que son guía para una correcta aplicación del RCM donde Salazar, (2018) con el informe de “Implementación del RCM para mejorar la disponibilidad de la bomba Geho TZPM 400 en Unidad Operativa Selene”, detalla los instrumentos usados tales como, AMEF, la norma ISO 14224, SAE JA1011, SAE JA1012, finaliza la investigación resumiendo las actividades de mantenimiento, operación, seguridad y cuidado al medio ambiente requeridas para la bomba Geho TZPM 400.

Por otra parte Bustinza, (2018), en su título “Implementación del modelo SAP-PM en el área de mantenimiento de una fundición de cobre en el sur del Perú”, tiene como objetivo diseñar e implementar el uso de la herramienta informática (Módulo SAP PM Mantenimiento de Planta) en una empresa del sector minería, con el objetivo principal de mejorar la gestión de mantenimiento, usando los siguientes instrumentos norma ISO 14224, proponiendo en una evaluación económica y técnica a fin de validar la factibilidad y viabilidad de la implementación, en el aspecto técnico obtuvo una reducción en el tiempo de atención de los avisos de mantenimiento, automatización de los planes de mantenimiento y disminución de mantenimientos correctivos; respecto a la evaluación económica se obtuvo un retorno de la inversión de 530,378.73USD en un periodo de 3 años.

En otra investigación Sulca, (2021), en su título “Implantación del sistema ERP SAP R/3 módulo PM (mantenimiento de planta) en centrales hidroeléctricas”, tiene como objetivo implementar una solución viable para

optimizar los procesos de mantenimiento en una central hidroeléctrica, usando los siguientes instrumentos tales como listado de equipos, jerarquización mediante ubicaciones técnicas, RCM, se obtuvo una reducción de indisponibilidades programadas en la Central Hidroeléctrica “X” de 400h y en la Central Hidroeléctrica “Y” de 340h; una oportuna intervención de los mantenimientos electro-control y mecánico y una adecuada ejecución del mantenimiento.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Metodología del RCM

De acuerdo con lo revisado en informe de Jhon Moubray, tenemos dos estándares SAE JA1011 y SAE JA1012 que nos permite seguir la metodología y asegurar que el proceso que hemos llevado a cabo sea un proceso RCM. Es importante conocer las definiciones para poder entender y desarrollar este proceso sistemático, por lo siguiente JA1011, (1999) define lo siguiente:

- Capacidad Inicial: El nivel de operación que el activo físico o sistema es capaz de lograr en el momento que entra en servicio.
- Consecuencias Ambientales: Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias ambientales si puede violar cualquier norma ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración.
- Consecuencias de Falla: Los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos).

- Consecuencias en la Seguridad: Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias en la seguridad si puede dañar o matar a un ser humano.
- Consecuencias No Operacionales: Una categoría de consecuencias de falla que no afecta adversamente la seguridad, el ambiente, o las operaciones, y que sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier componente (s) que podría ser afectado por la falla.
- Consecuencias Operacionales: Una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema (producción, calidad del producto, servicio al consumidor, capacidad militar, o costos operacionales en adición al costo de reparación).
- Contexto Operacional: Las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema.
- Desempeño deseado: El nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario de un activo físico o sistema.
- Efecto de Falla: Lo que pasa cuando ocurre un modo de falla.
- Falla Evidente: Un modo de falla cuyos efectos se tornan evidentes para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado.
- Falla Funcional: Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado.
- Falla Múltiple: Un evento que ocurre si una función protegida falla mientras su dispositivo o sistema protector se encuentra en estado de falla.
- Falla Oculta: Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado.
- Falla Potencial: Una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en proceso de ocurrir.
- Función: Lo que el dueño o usuario desea que realice un activo físico o sistema.

- **Función Evidente:** Una función cuya falla aislada se vuelve evidente al personal de operaciones bajo circunstancias normales.
- **Función Oculta:** Una función cuya falla aislada no se vuelve evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales.
- **Función(es) Primaria(s):** La(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario.
- **Funciones Secundarias:** Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su(s) función(es) primaria(s), tales como aquellas que se necesitan para cumplir con los requerimientos regulatorios y aquellas a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural.
- **Intervalo P-F:** El intervalo entre el punto en que el potencial de falla se hace detectable y el punto en que este se degrada hasta una falla funcional (también conocido como “período para el desarrollo de falla” o “tiempo esperado para la falla”).
- **Longevidad:** Una medida de exposición al esfuerzo, calculada desde el momento en el cual un elemento o componente entra en servicio cuando nuevo o vuelve a entrar en servicio después de una tarea designada para restaurar su capacidad inicial, y puede ser medida en términos de tiempo calendario, tiempo de operación, distancia recorrida, ciclos de durabilidad o unidades de producción o rendimiento.
- **Modo de Falla:** Un evento único, que causa una falla funcional.
- **Operar hasta Fallar:** Una política de manejo de fallas que permite que un modo de falla específico ocurra sin ningún esfuerzo para anticiparla o prevenirla.
- **Política de Manejo de Fallas:** Un término genérico que abarca tareas basadas en condición, restauración programada, desincorporación programada, detección de falla, operar hasta fallar y cambios una vez.

- Probabilidad Condicional de Falla: La probabilidad de que una falla ocurra en un período específico, dado que el ítem involucrado ha sobrevivido al comienzo de ese período.
- Programado: Se establece como fijo, a intervalos predeterminados, incluye el “monitoreo continuo” (donde el intervalo es efectivamente cero).
- Restauración Programada: Una tarea programada que restaura la capacidad de un elemento en o antes de un intervalo especificado (límite de longevidad), sin tener en cuenta su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de supervivencia hasta el final de otro intervalo especificado.
- Tarea Apropiada: Una tarea que es técnicamente factible y al mismo tiempo vale la pena realizar (aplicable y efectiva).
- Tarea Basada en Condición: Una tarea programada usada para detectar un potencial de falla.
- Tarea para Detectar Fallas: Una tarea programada utilizada para determinar si ha ocurrido una falla oculta específica.

2.2.2. Beneficios de la metodología del RCM

Smith, y otros, (2003 pág. 1) Menciona que muchas personas comparten la opinión de que el mantenimiento centrado en la confiabilidad Metodología (RCM) ofrece la mejor estrategia de decisión disponible para la optimización de planes de mantenimiento y el mantenimiento de clase mundial.

Smith, y otros, (2003 pág. 3) Adicionalmente describen 12 problemas comunes en mantenimiento que empiezo a detallar.

1. Insuficiente mantenimiento proactivo.
2. Frecuente repetición de problemas.
3. Trabajo de mantenimiento erróneo.
4. Solidas prácticas de mantenimiento no estandarizadas.
5. Mantenimiento preventivo innecesario y conservador.
6. Justificación esquemática para las acciones del mantenimiento preventivo.

7. Programa de mantenimiento carece de trazabilidad.
8. Aceptación ciega de la recomendación de los fabricantes.
9. Variabilidad de planes preventivos entre equipos similares.
10. Uso ineficaz de la tecnología del mantenimiento predictivo.
11. No aplicar la regla del 80/20
12. Ausencia de compromisos a largo plazo.

Esto nos invita a responder el porqué es importante estudiar esta metodología e implementarla en nuestros activos para tener una adecuada trazabilidad en la elaboración de planes de mantenimiento eficaces que permita resolver los diferentes desafíos que estos equipos desempeñan en su contexto operacional.

Esto nos hace pensar que no solo debemos resolver los desafíos que afrontamos sino también las exigencias de acuerdo con los avances tecnológicos, como detalla Moubray, (2000 pág. 3), "El proceso de cambio en la industria ha adquirido aún más impulso. Los cambios han sido clasificados en nuevas expectativas, nuevas investigaciones y técnicas."

2.2.3. Objetivos del mantenimiento

Es importante definir los objetivos del área de mantenimiento dentro de la empresa, también es importante hacer sinergia con el área de operaciones dado que son nuestros clientes, para la cual tanto los aspectos de seguridad, el medio ambiente y las máquinas deben ser analizados para poder alcanzar nuestros objetivos de mantenimiento.

Los objetivos de mantenimiento tienen que estar alineados a la visión y misión de la empresa, dependiendo del nivel organizativo este debe tener una estrategia para poder lograr alcanzarlo. Cada año las empresas desarrollan un plan estratégico que dependerá del plan de producción que este espera alcanzar. Claro está que los objetivos de mantenimiento será garantizar que se cumpla el plan de producción y para ello debido a la cantidad y complejidad de los equipos, mantenimiento no puede abarcar al

100% que los equipos no fallen y/o producto de ello esperar que estas fallas hagan que no se cumpla el plan de producción. Para ello es necesario contar con un listado de equipos críticos que al menos estos si sean atendidos de manera oportuna y correcta para poder lograr los objetivos de producción. Para poder analizar las criticidades de los equipos se evalúa en base a la matriz de riesgo, esto según Norzok, (2011).

En dicha matriz el área de mantenimiento debe gestionar los riesgos asociados a los equipos basados en la consecuencia y el impacto de las fallas que estas puedan tener en el ciclo de operación de la planta. Para ello Norzok, (2011) tiene en cuenta tanto en el aspecto de seguridad, medio ambiente, producción y costos que son estas la más relevantes según dicha norma.

Tabla 2.1 Matriz de riesgo de Norzok

Freq. cat.	Freq. per year (*), (**)	Mean time between failure (year)	RISK		
F4	> 1	0 to 1	M	H	H
F3	0,3 to 1	1 to 3	M	M	H
F2	0,1 to 0,3	3 to 10	L	M	H
F1	< 0,1	Long	L	L	M
Loss of function leading to:					
Consequence category		C1	C2	C3	
Consequence safety		No potential for injuries. No effect on safety systems.	Potential for injuries requiring medical treatment. Limited effect on safety systems.	Potential for serious personnel injuries. Render safety critical systems inoperable.	
Consequence containment		Non-flammable media Non toxic media Natural/normal pressure /temperature media	Flammable media below flashpoint Moderately toxic media High pressure/temperature media (>100 bar/80 °C)	Flammable media above flashpoint Highly toxic media Extremely high pressure /temperature media	
Consequence, Environment; restitution time (**)		No potential for pollution (specify limit) < 1 month	Potential for moderate pollution. 1 month – 1 year	Potential for large pollution. > 1 year	
Consequence production		No production loss	Delayed effect on production (no effect in x days) or reduced production	Immediate and significant loss of production	
Consequence other		No operational or cost consequences	Moderate operational or cost consequences	Significant operational or cost consequences	

Es por ello por lo que cobra mayor relevancia la aplicación del RCM, dado que dicha metodología prioriza las actividades a realizar en los equipos críticos de acuerdo al riesgo de estos, basado en la evaluación de las consecuencias y el impacto que estas puedan tener a consecuencia de una falla.

2.2.4. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad:

Define Moubray, (2000 pág. 7), “como el proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual”.

Explica Smith, y otros, (2003 pág. 66), que para definir un proceso de RCM deben tener 4 características.

1. Conservar funciones.
2. Identificar los modos de falla que pueden anular las funciones.
3. Priorizar la necesidad de función (a través de modos de falla).
4. Seleccione las tareas de mantenimiento preventivo aplicables y efectivas para los modos de falla de alta prioridad.

2.2.5. Metodología del RCM

Existe la norma la norma SAE JA1011: Criterio de Evaluación del Proceso de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM). Esta norma nos permite desarrollar y utilizar la metodología del RCM en nuestros activos

RCM: Las Siete preguntas básicas

Debemos poder elaborar la hoja de información del RCM respondiendo las siete preguntas de Moubray, (2000 pág. 7).

1. ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
2. ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
3. ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
4. ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
5. ¿En qué sentido es importante cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
7. ¿Qué debe hacerse sino se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Consideraciones para un proceso RCM

Debemos tener las siguientes consideraciones para poder obtener el mejor redito al realizar un proceso de RCM en nuestros activos, tal como se detalla líneas abajo.

1. Planeamiento

Moubray, (2000 pág. 17). Los elementos centrales del proceso de planeamiento son:

- Decidir cuales activos físicos se beneficiarán más con el proceso RCM, y exactamente de qué manera lo harán.
- Evaluar los recursos requeridos para la aplicación del proceso a los activos seleccionados.
- En los casos en los que los beneficios justifican la inversión, decidir detalladamente quien realizara y quien auditara cada análisis, cuando y donde, y hacer los arreglos para que dichas personas reciban el entrenamiento apropiado.
- Asegurar que el contexto operacional de cada activo físico este claramente comprendido.

2. Grupos de revisión

Moubray, (2000 pág. 17). La revisión de los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo debería ser llevada a cabo en pequeños grupos que incluyan al menos a una persona de la función de mantenimiento, y una de la función de operaciones. La veteranía de los miembros del grupo es menos importante que el hecho de tener un conocimiento profundo del activo físico bajo revisión.

Fig 2.1. Un típico grupo de revisión de RCM



3. Facilitadores

Moubray, (2000 pág. 18). Los grupos de revisión RCM trabajan bajo la guía de especialistas en RCM, llamados facilitadores. Son los integrantes más importantes del proceso de revisión RCM. Sus roles asegurar que:

- El análisis RCM se lleve a cabo en el nivel correcto, que los límites del sistema sean claramente definidos, que ningún ítem importante sea pasado por alto, y que los resultados del análisis sean debidamente registrados.
- RCM sea claramente comprendido y correctamente aplicado por parte de los miembros del grupo.
- El grupo llegue al consenso en forma rápida y ordenada, manejando el entusiasmo individual de los miembros.
- El análisis progrese razonablemente rápido y termine a tiempo.

Los facilitadores también trabajan con los directores de proyectos o auspiciantes para asegurar que cada análisis sea debidamente planeado y reciba el apoyo directivo y logístico apropiado.

4. Resultados de un análisis RCM

Moubray, (2000 pág. 18). Si es aplicado en la forma sugerida anteriormente, un análisis RCM da tres resultados tangibles:

- Planes de mantenimiento a ser realizados por el departamento de mantenimiento
- Procedimientos de operación revisados, para los operadores del activo

Una lista de cambios que deben hacerse al diseño del activo físico, o a la manera en que es operado, para lidiar con situaciones en las que el mismo no puede proporcionar el funcionamiento deseado con su configuración actual.

Dos resultados menos tangibles son que los participantes del proceso aprenden mucho acerca de cómo funciona el activo físico, y que suelen tender a funcionar mejor como equipo.

5. Auditoría e implementación

Moubray, (2000 pág. 19). Inmediatamente después de haber completado la revisión para cada activo físico, los gerentes responsables del equipo deben comprobar que las decisiones tomadas por el grupo sean razonables y defendibles.

Luego de que cada revisión es aprobada, las recomendaciones son implementadas incorporando los planes de mantenimiento a los sistemas de control y planeamiento, incorporando cambios en los procedimientos operacionales estándar del activo físico, y entregando recomendaciones para cambios de diseño a los encargados de realizarlos.

2.2.6. Desarrollo de las siete preguntas

2.2.6.1. Funciones

¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

En esta etapa daremos repuesta a la primera pregunta del RCM, Moubray, (2000 pág. 22). “¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento del activo físico en su contexto operacional actual?”

Moubray, (2000 pág. 23). “La definición de una función consiste en un verbo, un objeto y el estándar de funcionamiento deseado por el usuario”.

Moubray, (2000 pág. 26). Concluye lo siguiente:

- Para que un activo físico sea mantenible, el funcionamiento deseado debe estar dentro del margen de su capacidad inicial
- Para determinar esto no solo debemos conocer la capacidad inicial del activo físico, sino también cuál es exactamente el funcionamiento mínimo que el usuario está dispuesto a aceptar dentro del contexto en que va a ser utilizado.

Funciones primarias y secundarias

Moubray, (2000 pág. 37). Se conocen como funciones primarias por ser la razón principal por la que es adquirido el activo físico. Son las razones por las cuales existe el activo, por lo que debemos definirlas tan precisamente como sea posible.

Las funciones primarias son generalmente fáciles de reconocer. De hecho, el nombre de la mayoría de los activos físicos industriales se basa en su función primaria.

Moubray, (2000 pág. 40). Es de suponer que la mayoría de los activos físicos cumplan una o más funciones adicionales además de la primaria. Estas se conocen como funciones secundarias.

Para aseguramos que ninguna de estas funciones sea pasada por alto, se dividen en siete categorías de la siguiente manera:

- Ecología - integridad ambiental
- Seguridad - integridad estructural

- Control/contención/confort
- Apariencia
- Protección
- Eficiencia/economía
- Funciones superfluas.

Contexto operacional

Moubray, (2000 pág. 29). Proceso utilizado para determinar los requerimientos de mantenimiento de cualquier activo físico en su contexto operacional. Este contexto se inserta por completo en el proceso de formulación de estrategias de mantenimiento, comenzando por la definición de funciones.

El contexto operacional también influencia profundamente los requerimientos para las funciones secundarias.

Para un correcto análisis de RCM se debe tener en cuenta los siguientes factores:

Procesos por lotes y continuos

Moubray, (2000 pág. 30). En plantas manufactureras la característica más importante del contexto operacional es el tipo de proceso. Su alcance va desde operaciones de procesos continuos en los cuales casi todos los equipos están interconectados, hasta operaciones de trabajo donde la mayoría de las maquinas trabajan independientemente.

Redundancia

Moubray, (2000 pág. 30). “La presencia de redundancias (o formas alterativas de producción) es una característica del contexto operacional que debe ser considerada en detalle cuando se definen las funciones de cualquier activo”.

Estándares de calidad

Moubray, (2000 pág. 31). “Los estándares de calidad y los estándares de servicio al cliente son otros dos aspectos del contexto operativo, que pueden dar lugar a descripciones diferentes de funciones de máquinas que de otra manera serían idénticas”.

Estándares medio ambientales

Moubray, (2000 pág. 31). “Lo que la sociedad quiere se expresa con el incremento en las exigencias de las regulaciones y los estándares ambientales. Estos son estándares internacionales, nacionales, regionales, municipales y hasta corporativos”.

Riesgos para la seguridad

Moubray, (2000 pág. 32). Un número cada vez mayor de organizaciones han desarrollado por sí mismas o se han adherido a estándares formales con respecto a niveles de riesgo aceptable.

En algunos casos, se aplican a nivel corporativo, en otros a plantas individuales y a su vez otros a procesos o activos específicos. Sin duda, donde existan dichos estándares son un componente importante del contexto operacional.

Turnos de trabajo

Moubray, (2000 pág. 32). La organización de los turnos de trabajo afecta profundamente al contexto operacional. Algunas plantas operan ocho horas por día, cinco días a la semana (en tiempos de recesión a veces menos). Otras operan continuamente durante los siete días de la semana, y otras operan entre estos dos extremos.

Productos en proceso

Moubray, (2000 pág. 33). El trabajo en proceso o semielaborado se refiere a cualquier material que aún se encuentra en etapas intermedias de

fabricación y no ha pasado a través de todo su proceso productivo. Podría estar almacenado en tanques, en cajas, en silos, en pallets, en container, en camiones, o en depósitos especiales. Las consecuencias de la falla de cualquier maquina están muy influidas por la cantidad de producto en proceso que exista entre dicha máquina y la próxima máquina del proceso.

Tiempo de reparación

Moubray, (2000 pág. 33). “El tiempo de reparación está influido por la velocidad de respuesta a la falla, que esta a su vez determinada por el sistema de reportes de fallas, por el nivel del personal, y por la velocidad de la reparación misma”.

Repuestos

Moubray, (2000 pág. 34). “Aplicar RCM para desarrollar una estrategia de mantenimiento, contemplando la política de repuestos existente”.

Demanda del mercado

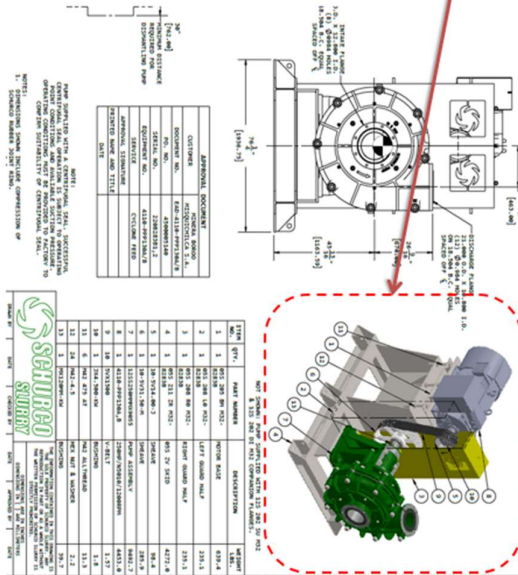
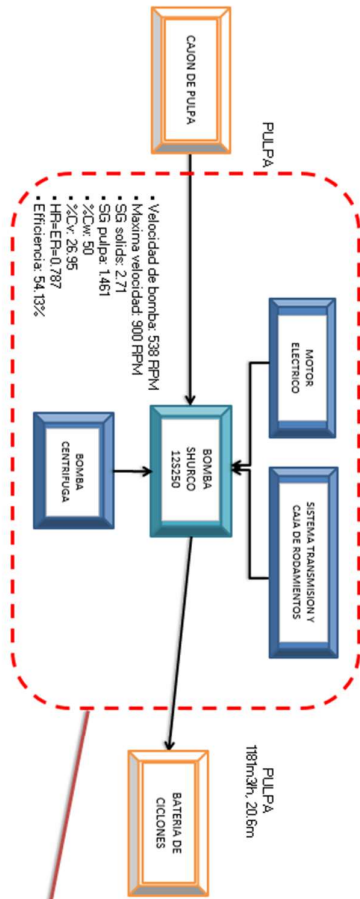
Moubray, (2000 pág. 35). “A veces el contexto operacional presenta una demanda estacional para los productos y servicios que brinda la organización”.

Abastecimiento de materias primas

Moubray, (2000 pág. 35). “Algunas veces el contexto operacional está influido por fluctuaciones cíclicas en abastecimiento de materias primas”

Fig 2.2. Diagrama físico del contexto operacional

DIAGRAMA FISICO DE LA BOMBA DE ALIMENTACION A LOS CICLONES



ITEM	REV.	DATE	BY	CHKD	DESCRIPTION	NO. SHEET
1	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	1
2	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	2
3	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	3
4	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	4
5	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	5
6	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	6
7	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	7
8	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	8
9	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	9
10	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	10
11	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	11
12	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	12
13	1	08/12/2010	AM	AM	REVISION	13

SEURCO S.A. is a company that provides technical drawings and specifications for various industrial equipment. The drawings are prepared in accordance with the standards of the International Organization for Standardization (ISO) and the American National Standards Institute (ANSI). The drawings are used for the design, manufacturing, and assembly of the equipment. The drawings are also used for the maintenance and repair of the equipment. The drawings are prepared by a team of experienced engineers and technicians. The drawings are reviewed and approved by a senior engineer. The drawings are then used to produce the equipment. The equipment is then used in various industrial applications. The equipment is known for its reliability and durability. The equipment is also known for its ease of use and maintenance. The equipment is a valuable asset for any industrial facility. The equipment is available in various sizes and configurations. The equipment is also available in different materials. The equipment is a high-quality product that meets the needs of the industrial sector. The equipment is a testament to the expertise and skill of the engineering and manufacturing teams at SEURCO S.A.

Tabla 2.2 Identificación de entradas, procesos y salidas

IDENTIFICACION EPS DEL SISTEMA DE MOLIENDA			
ENTRADA	PROCESO		SALIDA
	Transportar pulpa desde del Cajon Molienda hasta la Bateria de Ciclonos con un caudal de 1181 m3/h y a una altura de 20.6 m		
	SUBPROCESOS	EQUIPOS PRINCIPALES	
Potencia eléctrica de 250 HP, 400V, 60 Hz y 1200 rpm	Transferir energía eléctrica	Motor eléctrico	Potencia mecánica
Pulpa desde el Molino de Bolas	Transferir energía mecánica en forma de caudal y presión	Impulsor Portarodamientos	Pulpa a 20.6 m y 1181 m3/h

2.2.6.2. Fallas Funcionales

¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?

Moubray, (2000 pág. 50). “Una falla funcional se define como la incapacidad de cualquier activo físico de cumplir una función según un parámetro de funcionamiento aceptable para el usuario”

Se pueden presentar en los siguientes casos:

Falla total y parcial

Moubray, (2000 pág. 51). “Si la capacidad del activo se deteriora lo suficiente como para caer debajo del funcionamiento deseado”, entonces el equipo presenta una falla.

Limites superiores e inferiores

Moubray, (2000 pág. 52). Los estados de falla asociadas a los limites superiores e inferiores pueden manifestarse de dos maneras. En primer lugar, el rango de capacidad podría ir más allá de los límites de especificación. El segundo estado de falla ocurre cuando el rango de capacidad es tan amplio que va más allá de ambos límites, el superior y el inferior.

2.2.6.3. Modos de Falla

¿Cuál es la causa de cada falla funcional?

Moubray, (2000 pág. 56). Un modo de falla es cualquier evento que causa una falla funcional. La descripción de un modo de falla debe consistir de un sustantivo y un verbo. La descripción debe ser lo suficientemente detallada para poder seleccionar una estrategia de manejo de falla apropiada.

Categorías de modo de falla

Moubray, (2000 pág. 61). Los modos de falla pueden ser clasificados en tres grupos de la siguiente manera:

- Cuando la capacidad cae por debajo del funcionamiento deseado.
- Cuando el funcionamiento deseado se eleva encima de la capacidad inicial.
- Cuando desde el comienzo el activo físico no es capaz de hacer lo que se quiere.

Cada una de estas categorías es analizada en los próximos párrafos.

Capacidad decreciente

Moubray, (2000 pág. 64). Indica que hay cinco principales pérdidas de capacidad:

- Deterioro
- Fallas de lubricación
- Polvo o suciedad
- Desarme
- Errores humanos que reducen la capacidad

Aumento del funcionamiento deseado

Moubray, (2000 pág. 64). La segunda categoría de modos de falla ocurre cuando el funcionamiento deseado está dentro de la capacidad del activo físico cuando es puesto en servicio, pero luego aumenta hasta quedar fuera de su capacidad. Esto hace que el activo físico falle de una de estas dos maneras:

- El funcionamiento deseado aumenta hasta que el activo físico no puede responder a él.
- El aumento del esfuerzo causa que se acelere el deterioro hasta el punto en que el activo físico se toma tan poco confiable que deja de ser útil.

Capacidad inicial

Moubray, (2000 pág. 67). Este problema de incapacidad rara vez afecta al activo físico en su totalidad. Usualmente afecta solo una o dos funciones o uno o dos componentes, pero estos puntos débiles perjudican la operación de toda la cadena.

2.2.6.4. Efectos de falla

¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?

Moubray, (2000 pág. 76). Los efectos de la falla describen que pasa cuando ocurre un modo de falla.

La descripción de estos efectos debe incluir toda la información necesaria para ayudar en la evaluación de las consecuencias de las fallas. Concretamente, al describir los efectos de una falla, debe hacerse constar lo siguiente:

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

Fuentes de información acerca de modos y efectos

Moubray, (2000 pág. 76). Indica las fuentes que deberíamos tener para un correcto análisis:

- El fabricante o proveedor
- Lista genérica de modos de falla
- Otros usuarios de la misma maquinas
- Registro de antecedentes técnicos
- Las personas que operan y hacen mantenimiento

2.2.6.5. Consecuencias de falla

¿En qué sentido es importante cada falla?

Moubray, (2000 pág. 95). La naturaleza y la gravedad de estos efectos definen las consecuencias de la falla. En otras palabras, definen la manera en la que los dueños y los usuarios de los activos creían que cada falla es importante.

Si las consecuencias son serias, entonces se harán esfuerzos considerables para evitar, eliminar o minimizar sus consecuencias. Sobre todo, si la falla puede herir o matar a una persona, o si tiene efectos serios sobre el medio ambiente. Esto también es válido si las fallas interfieren con la producción o las operaciones, o si pueden causar daños secundarios significativos. Por otro lado, si la falla solo tiene consecuencias menores, es posible que no se tome ninguna acción proactiva, y que la falla simplemente sea reparada una vez que ocurra.

Funciones ocultas y evidentes

Moubray, (2000 pág. 96). Una función evidente es aquella cuya falla eventual e inevitablemente se hará evidente por si sola a los operadores en circunstancias normales.

Una función oculta es aquella cuya falla no se hará evidente a los operarios bajo circunstancias normales, si se produce por si sola.

Categorías de fallas evidentes

Las fallas evidentes se clasifican en tres categorías de importancia decreciente:

- Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente. Una falla tiene consecuencias para la seguridad si puede lesionar o matar a alguien. Tiene consecuencias para el medio ambiente si puede infringir alguna

normativa relativa al medio ambiente de carácter corporativo, regional o nacional.

- Consecuencias operacionales. Una falla tiene consecuencias operacionales si afecta a la producción o a las operaciones (volumen de producción, calidad de producto, servicio al cliente o costo operacional, además del costo directo de la reparación).
- Consecuencias no operacionales. Las fallas evidentes que caen dentro de esta categoría no afectan ni a la seguridad ni a la producción, de modo que solo involucran el costo directo de la reparación.

2.2.6.6. Factibilidad técnica y tareas preventivas

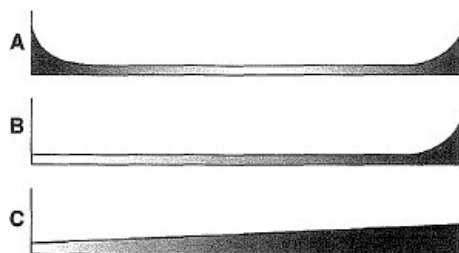
¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?

Moubray, (2000 pág. 133). “Una tarea es técnicamente factible si físicamente permite reducir o realizar una acción que reduzca las consecuencias del modo de falla asociado, a un nivel que sea aceptable al dueño o usuario del activo”.

Edad y deterioro

Moubray, (2000 pág. 137). “Las fallas relacionadas con la edad es algo simplista, ya que de hecho hay tres maneras en que la probabilidad de falla puede aumentar a medida que un componente envejece”.

Fig 2.3. Fallas relacionadas con la edad



Fallas relacionadas con la edad y mantenimiento preventivo

Moubray, (2000 pág. 138). “Las características del desgaste ocurren mayormente cuando los equipos entran en contacto directo con el producto. Las fallas relacionadas con la edad también tienden a estar asociadas con la fatiga, la oxidación, la corrosión y la evaporación”.

Tareas de reacondicionamiento y sustitución cíclica

Moubray, (2000 pág. 139). El reacondicionamiento cíclico consiste en reacondicionar la capacidad de un elemento o componente antes o en el límite de edad definido, independientemente de su condición en ese momento.

Las tareas de sustitución cíclica consisten en descartar un elemento o componente antes, o en el límite de edad definida, independientemente de su condición en ese momento.

La frecuencia de una tarea de reacondicionamiento o sustitución cíclica está detenida por la edad en la que el elemento o componente muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.

Las tareas de reacondicionamiento cíclico son técnicamente factibles si:

- Hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.
- La mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (todos los elementos si la falla tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente).
- Se restaura la resistencia original del elemento a la falla.

Las tareas de sustitución cíclica son técnicamente factibles si:

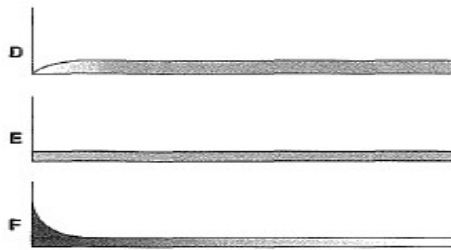
- Hay una edad identificable en la que el elemento muestra un rápido incremento en la probabilidad condicional de falla.

- La mayoría de los elementos sobreviven a esta edad (todos los elementos si la falla tiene consecuencias para la seguridad o el medio ambiente).

Fallas no asociadas con la edad

No todos los modos de falla se relacionan con la edad, es por ello que debemos conocerlos para tener una efectiva tarea de mantenimiento. Provocadas por la complejidad de los equipos y las fallas con orden aleatorio, por erro del operador o de instalación.

Fig 2.4. Fallas que no están relacionadas con la edad



Fallas potenciales y mantenimiento a condición

Moubray, (2000 pág. 148). “Las tareas a condición consisten en chequear si hay fallas potenciales, para que se pueda actuar para prevenir la falla funcional o evitar las consecuencias de la falla funcional”

Moubray, (2000 pág. 150). “Las tareas a condición deben ser realizadas a intervalos menores al intervalo P-F”.

Moubray, (2000 pág. 153). Las tareas a condición programadas son técnicamente factibles si:

- Es posible definir una condición clara de falla potencial
- El intervalo P-F es razonablemente consistente
- Resulta práctico monitorear el elemento a intervalos menores al intervalo P-F

- El intervalo P-F neto es lo suficientemente largo como para ser de alguna utilidad (en otras palabras, lo suficientemente largo como para actuar a fin de reducir o eliminar las consecuencias de la falla funcional).

Categorías de técnicas a condición

Moubray, (2000 pág. 153). Las cuatro categorías principales de técnicas a condición son las siguientes:

- Técnicas de monitoreo de condición, que implican el uso de algún equipo especializado para monitorear el estado de otros equipos.
- Técnicas basadas en variaciones en la calidad del producto.
- Técnicas de monitoreo de los efectos primarios, que implican el uso inteligente de indicadores existentes y equipos de monitoreo de procesos.
- Técnicas de inspección basadas en los sentidos humanos.

Selección de tareas proactivas

Moubray, (2000 pág. 172). Sugiere que el orden básico de preferencia para seleccionar tareas proactivas es el siguiente:

Tareas a condición

Las tareas a condición son consideradas primero en el proceso de selección de tareas, por las siguientes razones:

- Casi siempre pueden ser realizadas sin desplazar el activo físico de su ubicación y generalmente mientras continúa en servicio con lo que es raro que interfieran con el proceso de producción. También son fáciles de organizar.
- Identifican condiciones específicas de falla potencial, de modo que se puede definir claramente la acción correctiva antes de que comience el trabajo. Esto reduce la cantidad de trabajos de reparación, y hace posible realizarlos más rápidamente.
- Identificar el punto de falla potencial en los equipos, les permite cumplir con casi toda su vida útil.

Tareas de reacondicionamiento y de sustitución cíclica

Sino puede encontrarse una tarea a condición apropiada para un modo de falla en particular, la opción siguiente es una tarea de reacondicionamiento o de sustitución cíclica. Si esta tarea cumple con los criterios de factibilidad técnica, debería reducir de manera significativa las consecuencias de las fallas a las que está dirigida. Pero, estas dos categorías de tareas también tienen desventajas significativas:

- Solamente puede realizarse con la maquina detenida y (generalmente) requieren envió al taller, por lo que estas tareas casi siempre afectan de alguna manera a la producción.
- El límite de edad se aplica a todos los elementos, entonces muchos elementos o componentes que podrían haber sobrevivido más tiempo serán removidos.
- Las tareas de reacondicionamiento involucran trabajos de taller, por lo que generan una carga de trabajo mucho mayor que las tareas a condición.

2.2.6.7. Búsqueda de falla

¿Qué debe hacerse sino se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Moubray, (2000 pág. 176). “La búsqueda de fallas se aplica solo a las fallas ocultas o no reveladas. A su vez, las fallas ocultas solo afectan a los dispositivos de protección”.

Moubray, (2000 pág. 177). “Las tareas cíclicas de búsqueda de falla consisten en chequear una función oculta a intervalos regulares para ver si ha fallado”.

Debe ser físicamente posible chequear la función

Moubray, (2000 pág. 178). En un pequeño pero significativo número de casos, es imposible llevar a cabo una tarea de búsqueda de falla de cualquier tipo. Estas son:

- Cuando es imposible tener acceso al dispositivo de seguridad para revisarlo (esto es casi siempre resultado de un diseño mal concebido).
- Cuando la función del dispositivo no puede ser revisada sin destruirlo (como en el caso de los fusibles y los discos de ruptura). En la mayoría de estos casos, disponemos de otras tecnologías (tales como interruptores automáticos en vez de fusibles). Sin embargo, en algunos casos nuestras únicas opciones son: o bien encontrar alguna otra manera de manejar los riesgos asociadas con la protección que no puede ser chequeada hasta que aparezca algo mejor, o abandonar los procesos en cuestión.

Moubray, (2000 pág. 189). La búsqueda de fallas es técnicamente factible si:

- Es posible realizar la tarea.
- La tarea no incrementa el riesgo de una falla múltiple.
- Es práctico realizar la tarea al intervalo requerido.

Merece la pena realizar la búsqueda de falla si reduce la probabilidad de la falla múltiple asociada a un nivel tolerable.

2.2.7. Diagrama de decisión del RCM

Moubray, (2000 pág. 190). Demuestra como la hoja de decisión permite asentar las respuestas a las preguntas formuladas en el diagrama de decisión, y, en función de dichas respuestas, registrar:

- Que mantenimiento de rutina (si lo hay) será realizado, con qué frecuencia será realizado y quien lo hará.
- Que fallas son lo suficientemente serias como para justificar el rediseño.
- Casos en los que se toma la decisión deliberada de dejar que las fallas ocurran.

2.2.8. Hoja de decisión de RCM

Se elaboró un formato para poder consolidar la información del análisis realizado

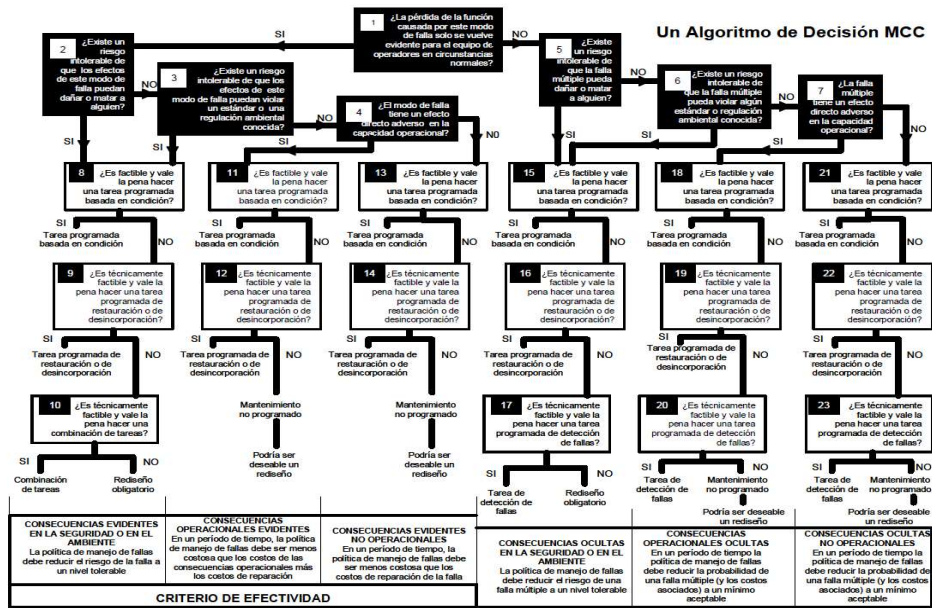
Fig 2.5. Hoja de decisión RCM

RCM DECISION-MAKING WORKSHEET													Description		Made By		Date							
													BOMBA ALIMENTACION A CICLONES		C GALVAN		Mar-23							
													PM Code		Review By		Date							
													4110-FU-0130A/0130B		0		03/01/23							
Information Reference		Evaluation of Consequences				EM			SRI			SD			Default Tasks									
		H	S	E	D	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT	HT						
		SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI						
		NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI	NI						
		HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS	HS						
		SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA	SA						
													Question		Yes		No		Answers and Explanation		Tipo de Falla			
1	A	1	5	N															Será evidente a los operarios el arriesgamiento de la bomba actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador no tiene la certeza si el equipo esta operando con un elevado porcentaje de solidos, puede apreciar los efectos que son la alta vibracion.	Oculto
		2	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en el anillo interno y/o ring por desgaste en el sello prensa estopa actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa la fuga de agua en el sello de agua, alta vibracion.	Evidente
		3	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en la boquilla por desgaste en el sello prensa estopa actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa fuga de agua en el lado del sello prensaestopa.	Evidente
		5	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en el eje por desgaste en el mecanismo lado prensa estopa actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El desgaste del eje del mecanismo de la bomba, presentara alto ruido así como una fuga excesiva del agua en el prensaestopa.	Evidente
		7	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en las estopas por desgaste en el prensa estopa actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa fuga de carga en el lado del sello prensaestopa.	Evidente
		3	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en las empaquetaduras por desgaste actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa la fuga de carga en los pernos testigo, esto evidencia una falla en los revestimientos y/o empaques en la bomba.	Evidente
		3	N				Y												Será evidente a los operarios el ajuste inadecuado de pernos actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Se necesita de herramientas neumáticas para comprobar el torque al que los pernos han sido ajustados.	Oculto
		5	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla en los revestimientos por desgaste normal actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa la fuga de carga en los pernos testigo, esto evidencia una falla en los revestimientos y/o empaques en la bomba.	Evidente
		4	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla de impulsor por desgaste normal actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa una disminución en la eficiencia de la bomba disminuyendo el caudal transferido.	Evidente
		5	N				Y												Será evidente a los operarios la falla causada por el desbalance del impulsor actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa el incremento del ruido y un aumento en la vibracion.	Oculto
		6	1	Y	N	N	Y	Y											Será evidente a los operarios la falla por ruptura de álabes actuando por si solo en circunstancias normales.		X		El operador observa una disminución en la eficiencia de la bomba disminuyendo el caudal transferido.	Oculto
		5	1	N			Y												Será evidente a los operarios la falla en los rodamientos actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Aumenta la temperatura en el mecanismo, alto ruido y/o aumento de la vibracion.	Oculto
		2	N				Y												Será evidente a los operarios la falla de lubricacion en el mecanismo actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Se necesita garantizar la cantidad de grasa en el mecanismo, dado que la deficiencia del mismo ocasiona un aumento de temperatura.	Oculto
		5	N				Y												Será evidente a los operarios el desgaste excesivo de los elementos internos del mecanismo actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Presenta un alto ruido, aumentado la vibracion en el mecanismo.	Oculto
		6	1	N			Y												Será evidente a los operarios la falla del acople por desalineamiento actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Presenta un alto ruido, aumentado la vibracion en el mecanismo.	Oculto
		7	1	N			Y												Será evidente a los operarios la fractura del eje por desalineamiento actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Presenta un alto ruido, aumentado la vibracion en el mecanismo.	Oculto
		3	N				Y												Será evidente a los operarios la fractura del eje por sobreesfuerzo actuando por si solo en circunstancias normales.		X		Presenta un alto ruido, aumentado la vibracion en el mecanismo.	Oculto

2.2.9. Diagrama de decisión RCM

JA1012, (2002). Se adjunta del documento presente.

Fig 2.6. Diagrama de decisión



2.2.10. Estrategias de mantenimiento

Pascual Rodrigo, (2002 pág. 13). Es importante fijar objetivos, nuestros primeros objetivos son:

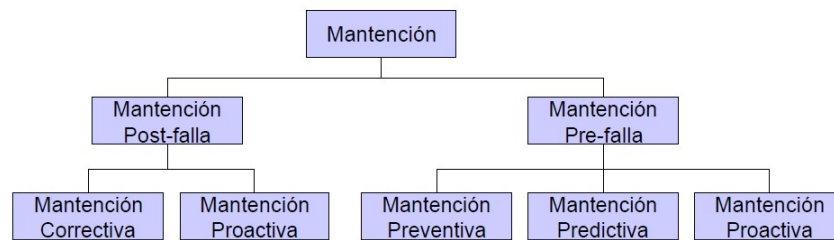
- Mantener los equipos en operación.
- Reducir el número de fallas con costo global mínimo

Para llegar al punto óptimo, se debe seleccionar entre las estrategias de mantenimiento disponibles:

- Mantenimiento Preventiva, o basada en el tiempo
- Mantenimiento Predictiva, o basada en la condición de las maquinas
- Mantenimiento Proactiva, para evitar aparición o recurrencia.
- Mantenimiento Reactivo o Correctivo, que se aplica luego de aparecer una falla.

Ello no implica que la reacción esté debidamente planeada.

Fig 2.7. Estrategias de mantenimiento



2.2.10.1. Mantenimiento reactivo Post-falla

Es el conjunto de tareas destinadas a corregir los defectos que se van presentando en los distintos equipos y que son comunicados al departamento de mantenimiento por los usuarios de estos.

Es el mantenimiento en el cual no se realiza ningún tipo de planificación ni programación. Corresponde así a la reparación imprevista de fallas y se practica en las empresas, en aquellos componentes de bajo costo, donde el equipo es de una naturaleza auxiliar que no está directamente relacionado con la producción. Si se realizara en equipos directamente relacionados con la producción los costos de mantenimiento serian sumamente elevados. RENOVETEC, (2023).

2.2.10.2. Mantenimiento proactivo

Es el mantenimiento planificado y programado llevado a cabo con el fin de que administración del mantenimiento sea más eficiente. Aquí se incorpora el concepto moderno de que las funciones de mantenimiento no deben corresponder únicamente al departamento de mantenimiento, sino que parte de esas funciones se deben asignar a los departamentos de producción, investigación y desarrollo, diseño, ingeniería, compras y finanzas, así como a los proveedores, a la gerencia general y a los operadores. RENOVETEC, (2023).

Este tipo de mantenimiento abarca:

Mantenimiento preventivo

Mantenimiento predictivo

2.2.10.3. Mantenimiento preventivo

Es el mantenimiento que tiene por misión mantener un nivel de servicio determinado en los equipos, programando las intervenciones de sus puntos vulnerables en el momento más oportuno. Suele tener un carácter sistemático, es decir, se interviene, aunque el equipo no haya dado ningún síntoma de tener un problema.

Es el proceso de servicios periódicos (rutinarios) al equipo. Este puede ser desde una rutina de lubricación hasta la adaptación, después de un determinado tiempo, de piezas o componentes. El intervalo entre servicios puede ser en horas de operación, número de cambios, en tiempo.

Se detallan tareas rutinarias como, limpieza, lubricación inspección, prueba, ajuste, servicio, reparaciones menores.

Adicional tenemos tareas completas como reemplazo de componentes y overhull. RENOVETEC, (2023).

2.2.10.4. Mantenimiento predictivo

Es el proceso que persigue conocer e informar permanentemente del estado y operatividad de las instalaciones mediante el conocimiento de los valores de determinadas variables, representativas de tal estado y operatividad. Para aplicar este mantenimiento, es necesario identificar variables físicas (temperatura, vibración, consumo de energía, etc.) cuya variación sea indicativa de problemas que puedan estar apareciendo en el equipo. Es el tipo de mantenimiento más tecnológico, pues requiere de medios técnicos

avanzados, y en ocasiones, de fuertes conocimientos matemáticos, físicos y/o técnicos. RENOVETEC, (2023).

2.2.11. Costos de mantenimiento

Para los costos de mantenimiento por cada actividad realiza se calcula Pascual Rodrigo, (2002 pág. 111), con la suma de los costos de repuestos, insumos, y del personal requerido para la reparación de equipos, o para el reemplazo de componentes en mal estado.

2.2.11.1. Costo de mantenimiento correctivo

SMRP, (2009 pág. 112). Esta métrica cuantifica el impacto financiero del trabajo realizado en las tareas de mantenimiento correctivo. Las tendencias en los costos de mantenimiento correctivo pueden proporcionar retroalimentación para evaluar la efectividad de actividades proactivas.

El costo de mantenimiento correctivo es la mano de obra, material, servicios y/o costo del contratista por el trabajo realizado para restaurar la función de un activo después de una falla o cuando la falla es inminente. Incluye los costos del operador si todos los operadores Los costos de mantenimiento están incluidos en el costo total de mantenimiento.

2.2.11.2. Costo de mantenimiento preventivo

SMRP, (2009 pág. 112). El objetivo de esta métrica es cuantificar el impacto financiero del trabajo realizado como preventivo, tareas de mantenimiento. Tendencia del porcentaje de costos de mantenimiento preventivo que puede proporcionar retroalimentación para evaluar la efectividad de las actividades proactivas en comparación con el porcentaje de las tendencias de costos de todos los tipos de trabajos de mantenimiento.

El costo de mano de obra, materiales y servicios, incluido el mantenimiento realizado por los operadores (por ejemplo, total mantenimiento productivo (TPM), por parte del personal de la empresa o contratistas para trabajos

realizados como mantenimiento preventivo. Incluye los costos del operador si se incluyen costos de mantenimiento del operador están incluidos en el costo total de mantenimiento.

2.2.11.3. Costo de mantenimiento basado en la condición

SMRP, (2009 pág. 112). El objetivo de esta métrica es realizar un seguimiento del costo de las tareas de mantenimiento basadas en condiciones (predictivas). La tendencia del porcentaje del costo de mantenimiento basado en la condición puede proporcionar información para evaluar la efectividad de las actividades proactivas en comparación con el porcentaje del costo de todo tipo de trabajos de mantenimiento.

El costo que se utiliza para medir la condición del equipo frente a estándares conocidos para para evaluar si fallará durante algún período futuro.

2.2.11.4. Costo de mantenimiento total

SMRP, (2009 pág. 112). Son los gastos totales de mano de obra de mantenimiento, incluido el mantenimiento realizado por los operadores, tales como mantenimiento productivo total (TPM), materiales, contratistas, servicios y recursos. Incluye todos los gastos de mantenimiento por cortes, paradas o paradas, así como los gastos normales, tiempos de funcionamiento. También incluye gastos de capital directamente relacionados con maquinaria al final de su vida útil, reemplazo para que no se enmascare el reemplazo excesivo versus el mantenimiento adecuado. No es incluir gastos de capital para ampliaciones o mejoras de la planta.

2.2.12. SAP ERP

ERP es la sigla en inglés de planificación de recursos empresariales, que ayuda a ejecutar procesos centrales en un único sistema para departamentos como finanzas, fabricación, RR. HH., cadena de suministro, servicios, compras y otros. Nuestras soluciones de ERP utilizan tecnologías inteligentes para ayudarlo a transformar sus procesos de misión crítica y

adaptarse rápidamente al cambio –sin importar el tamaño de su negocio–. Manténgase a la vanguardia con actualizaciones continuas, escale fácilmente, reduzca costos y logre nuevas eficiencias. SAP, (2023).

2.2.12.1. Módulo de mantenimiento SAP-PM

El módulo PM (por sus iniciales en inglés) significa Mantenimiento de Planta y corresponde al módulo del software SAP que se utiliza para agilizar las plantas y los entornos de las plantas. SAP PM es el módulo del Sistema SAP encargado de gestionar Mantenimiento de Plantas Industriales, sus siglas provienen de "Plant Maintenance". SAP PM engloba desde la gestión de logística, la administración y tareas de mantenimiento de los activos de la compañía. SAP, (2023).

2.2.12.2. Ventajas del uso SAP ERP

2.2.12.2.1. Soluciones para todos

Ya sea que tenga dos o 200.000 empleados, SAP tiene un portafolio integral de sistemas y herramientas líderes de ERP en la nube que se adaptan a sus necesidades. También brindamos equipos de soporte dedicados que están a su disposición 24/7. SAP, (2023).

2.2.12.2.2. Soluciones para todos

SAP tiene más de 40 años de experiencia en planificación de recursos empresariales en todas las industrias y tamaños de empresas. Usamos las últimas tecnologías para construir herramientas de ERP en la nube preparadas para el futuro, entregadas mediante actualizaciones automáticas. SAP, (2023).

2.2.12.2.3. Flexibilidad

SAP está dedicado a crear aplicaciones de ERP en la nube fáciles de usar y adaptables. Ya sea que desee personalizar los procesos, usar la nube

pública o privada o pagar solo por lo que necesita, la flexibilidad es el centro de nuestras ofertas. SAP, (2023).

2.2.12.2.4. Gestión de la seguridad en la nube

SAP Business Technology Platform está construida sobre una infraestructura de tecnología avanzada. Contamos con equipos de expertos que trabajan en la gestión de la protección de datos y las amenazas a la seguridad. SAP, (2023).

2.2.12.2.5. Introducción al módulo de mantenimiento SAP-PM

El sistema Mantenimiento de Planta (SAP PM), como parte de la gestión del ciclo de vida de las instalaciones, sistemas y equipos, está integrado con los otros sistemas de SAP como: Ferrera Arquímedes, (2023).

Administración de materiales.

Controlar "Controlling".

Contabilidad financiera.

Contabilidad de activos.

Sistema de Producción y Recursos Humanos.

Inversión y Gestión de Proyectos.

Gestión Inmobiliaria.

Gestión de Fondos.

La Planificación y Programación de Mantenimiento en el sistema PM-SAP consiste principalmente de 5 etapas:

1. Equipos, localizaciones y BOM's.
2. Hojas de rutas, puestos de trabajos y planes de mantenimiento.
3. Avisos y órdenes de mantenimiento.
4. Puntos de Medidas, documentos de medida y lista de tareas.
5. Reportes KPI's y Proyectos de inversión (SAP-PS). Ferrera Arquímedes, (2023).

2.2.12.3. Transacciones más importantes de SAP PM

Primero debemos comprender qué significa una transacción para que y la utilidad dentro del módulo SAP PM dentro del sistema SAP.

Una transacción es un programa que se encarga de cumplir una tarea o proceso empresarial dentro del sistema SAP, para acceder a ella existen 2 métodos, puede ser con el código de la transacción o ingresar carpeta a carpeta para encontrar la transacción a ejecutar.

El módulo PM se encarga de ver toda el área de mantenimiento de planta dentro de una compañía.

El diferencial de una persona que labora dentro de esta área es la capacidad de gestionar el módulo completo de mantenimiento (PM), y tener conocimiento en gestión de materiales (MM) y algunas transacciones de visualización del módulo de Controlling.

Detallamos las transacciones dentro del módulo PM según la tarea que desees realizar dentro de la compañía donde labores. PERU ITSYSYSTEMS, (2023).

Transacciones de SAP PM

IA16: Generar el informe de costos de hoja de ruta

IW12: Lista flujo de documentos

IW13: Referencia utilización material

IW41: Notificación de órdenes de trabajo

IW42: Notificación global

IW44: Notificación colectiva órdenes MT

IW45: Anular notificación de órdenes-MT

IW47: Lista de notificaciones

IW24: Crear aviso MT

IW28 / IW29: Modificación / Visualización masiva de avisos de avería.

IW32: Modificar ordenes de trabajo

IW38 / IW39: Modificación / Visualización masiva de órdenes de trabajo.
IK11: Crear documento de medición
IK12: Modificar documento de medición
IK18: Modificar documentos de medición
IH01: Visualizar la estructura de la ubicación técnica y equipos montados
IL03: Visualizar ubicación técnica
IB13: Visualizar una lista de materiales para U.T
IE03: Visualizar equipo
IH08: Visualización de equipos (Con diferentes campos).
MD04: Lista necesidades de stock
CR05: Listar puestos de trabajo
CR12: Planificación de la capacidad del personal de mantenimiento
CM25: (Dependerá de cada empresa como configura esta transacción, donde algunas dejan parámetros para ingresar los programas semanales de mantenimiento a través de transacciones Z)
IL01: Creación de ubicaciones técnicas (Dependerá de cada empresa y nivel de los perfiles si se tiene acceso a esta transacción)
IL02: Modificar ubicaciones técnicas
IL05: Modificación masiva de ubicaciones técnicas
IE01: Creación de equipos
IE02: Modificación de equipos
IE05: Visualización masiva de equipos
IP01 – IP41 – IP42 – IP43: Creación de planes de mantenimiento (Frecuencia fija, por contador de mantenimiento, contadores múltiples)
IP02: Modificación de planes preventivos
IP10: Programación de planes preventivos
IP12: Visualizar estrategias de mantenimiento
IP16: Visualizar planes de mantenimiento
IP18: Visualizar posiciones de mantenimiento
IP31: Cálculo costes del plan mantenimiento
IK17: Visualizar tratamiento lista documento medición equipo
IA01: Creación de hojas de ruta

IA02: Modificar hojas de ruta

IB01: Agregar materiales a equipos

IB02: Modificar materiales a equipos

IB11: Agregar materiales a ubicación técnica

IB12: Modificar materiales a ubicación técnica

ML81N: Ingreso de hoja de entrada de servicio (HES)

ME5A: Solicitud de pedido y listados. Generalidades PERU ITSYSYSTEMS, (2023)

2.3. Marco Conceptual

2.3.1. Gestión de mantenimiento

Para poder implementar una correcta gestión de mantenimiento basada en cualquier estrategia de mantenimiento y con el fin de aplicar los conocimientos que brinda la metodología RCM, nosotros desarrollaremos las bases de datos que debemos contar para poder implementar los resultados del análisis del RCM.

Debemos de contar con la siguiente información:

Hoja de registro de equipos

Catálogo de repuestos

Planes de mantenimiento en SAP

Medición de indicadores

2.3.2. Hoja de registro de equipo

La hoja de registro de equipos sirve para la identificación completa del activo, se propone en base a las recomendaciones de la norma ISO 14224.

Fig 2.8. Hoja de registro de equipos

BOMBA DE ALIMENTACION A CICLONES			
UBICACIÓN TECNICA	BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP130A	Versión: 1.0	
Fecha recopilación de datos	30-Abr		
1. DATOS GENERALES		IMAGEN	
Denominación de activo	BOMBA ALIMENTACION A LOS CICLONES		
Descripción			
Descripción Proceso			
Área	MOLIENDA		
Código SAP	90000213		
Código Contable			
Código de inventario			
Familia de equipo	BOMBAS		
TAG / N° de Activo	4110-PPP-130A		
Fecha de Instalación / Operación	28/07/2023		
N° Planos de Ingeniería			
Información del vendedor			
2. REGISTRO TECNICO DEL EQUIPO			
Marca	SHURCO	Dimensiones(m)	
Modelo	12S250	Succion (in)	12 in
Tipo	CENTRIFUGO	Descarga (in)	10 in
Serie	2208283B1	OBSERVACIONES:	
Capacidad	1181m3/h, 20.6m		
Orden de compra	4500005140		

2.3.3. Catalogación de repuesto

Este procedimiento se realiza para la identificación de los repuestos y poder realizar el proceso de gestión de compras de acuerdo a los lineamientos logísticos.

Se muestra el siguiente diagrama de flujo que resume el proceso de gestión de compras.

Fig 2.9. Diagrama de proceso de gestión de compras

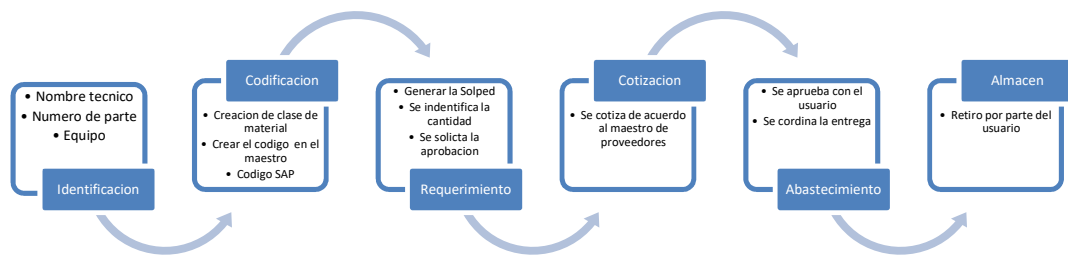


Fig 2.10. Listado de repuestos de la bomba de molienda

SECCIÓN		FLOTA	CÓDIGO PM	DESCRIPCIÓN	MARCA	MODELO	SERIE	CeCo	Ubicación	SISTEMA	PM	PART NUMBER	COMERCIAL	COD SAP	CANT.
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G042EPM3 SHURCO FRAME PLATE LI	1042736	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G0520PM3 SHURCO IMPELLER SVCS	1042737	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G0620CO3 SHURCO SEAL VOLUTE LI	1042738	2	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G0420M3 SHURCO VOLUTE IMPL	1042739	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G0520PM3 SHURCO THRUST BUSH	1042740	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G0620CO3 SHURCO INTAKE CONT	1042741	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	BOMBA			PIN022G022E EOC SHURCO DISCHARGE CON	1042742	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0702E3 SHURCO SEAL RING	1042745	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0702M3 SHURCO IMPL RING	1042748	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0802E8 SHURCO O-RING	1042735	4	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0702M1 SHURCO SHAFT SLEEVE	1042743	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0702M1 SHURCO IMPELLER	1042744	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0702M3 SHURCO IMPELLER RING	1042749	1	
3-MOLIENDA	BOMBA	UMA-410	PPF01A	BOMBAS ALIMENTACION A COLONES 10A	SHURCO	125 S250	234533121	80-2M6-AL-PT16-01410-PPF01A	SELLO			PIN022G0520E8 SHURCO O-RING	1042763	1	

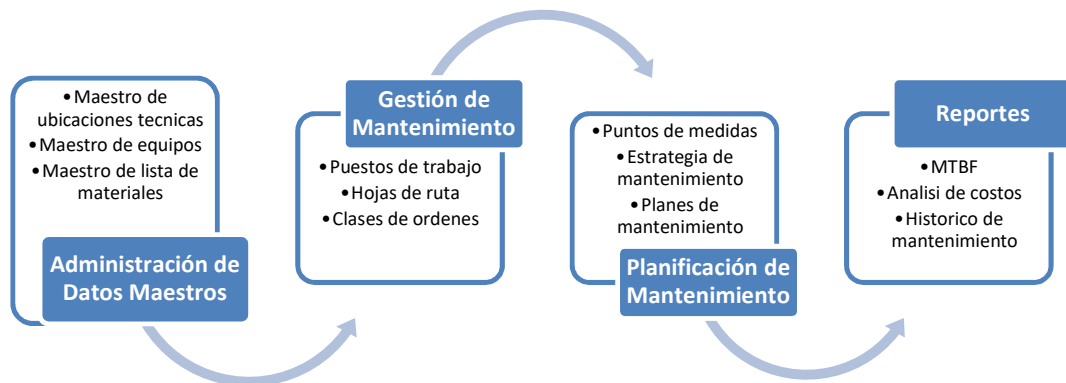
2.3.4. Planes de mantenimiento en SAP

Para el proceso de gestión de mantenimiento dentro del entorno SAP – HANA, se utiliza el módulo PM, donde previamente se tienen los siguientes maestros de datos para poder elaborar un plan de mantenimiento.

Debemos de contar con los siguientes datos maestros:

- Puestos de trabajo
- Ubicaciones técnicas
- Listado de equipos
- Estrategias de mantenimiento
- Hojas de rutas
- Clases de órdenes
- Puntos de medida

Fig 2.11. Diagrama de proceso gestión de mantenimiento



- Puestos de trabajo SAP

Son códigos para realizar el registro de las horas de trabajo por cada persona, en minera ares se tiene los siguientes puestos de trabajo

Fig 2.12. Listado de puesto de trabajo en SAP

PstoTbjo	Denom.breve	Idioma
10CM-CAC	Contractor Condition Monitoring Mec/Elec	ES
10CM-TAB	Technician Monitoring;Cond Monitoring	ES
10CN-CAC	Contractor;Operator Crane Support	ES
10CN-OAA	Operator Crane;Crane	ES
10EI-TAD	Technician Electrical;Elec & Instrument	ES
10EL-CAC	Contractor;Electrical	ES
10LU-CAC	Contractor;Lubricator Support	ES
10ME-TAI	Technician Mechanical;Mechanical	ES
10MS-CAC	Contractor;Mine Support	ES
10MS-TAD	Technician Electrical;Mine Support	ES
10MS-TAI	Technician Mechanical;Mine Support	ES
10PM-PM	PERSONAL PM 'S MEC;ELEC;CONTRAT;EXTERN	ES
10RL-TAB	Technician Cond Monitoring;Reliability	ES
10SP_SEP	Supervisor Sistemas Electricos Potencia	ES
10SP-CNF	Supervisor Confiabilidad (Pred/Lubr)	ES
10SP-E/I	Supervisor Electricidad/Instrumentacion	ES
10SP-MEC	Supervisor Mecanico	ES
10SV-CAC	Contractor;Services	ES
10TF-CAC	Contractor;Termofusionista	ES
10WE-CAC	Contractor;Welding	ES

- Ubicaciones técnicas SAP

Las ubicaciones técnicas es la referencia del proceso que se va a administrar en las diferentes unidades de negocio, para minera Lagunas Norte se realizó la siguiente propuesta de acuerdo a la memoria descriptiva del proceso de la planta CMOP.

Tabla 2.3 Descripción de la ubicación técnica en SAP

Nombre	Descripción
Indicador de Estructura	PLGN – Indicador de estructura 01
Estructura SAP	XX-NNNN-XX-XXXX-NN-XXXX-XXXXXXX
Taxonomía del proceso	1 (negocio) 2 (centro) 3 (área) 4 (planta) 5 (proceso) 7 (subproceso)
Niveles jerárquicos	7 niveles
Grupo de Autorización	2345
Tipo de ubicación técnica	P Sistema téc.-Unidad Productiva

Fig 2.13. Ubicación técnica en SAP

Repr.estructura ubicación técnica: Lista de estructura

Nivel hacia arriba Detalles completos Create Notification UTC-5

Ubicación técnica BO-2345 Válido de 24.11.2023

Denominación U.M. LAGUNAS NORTE

BO-2345	U.M. LAGUNAS NORTE	
BO-2345-02	PROCESOS	
BO-2345-02-PT06	PLANTA CMOP	
BO-2345-02-PT06-01	AREA 1-CLASIFICACION DE CARBON,MOLIENDA	2345331011
BO-2345-02-PT06-01-3140	AREA 1 - 3140 RECUPERACION DEL MINERAL	2345331011
BO-2345-02-PT06-01-3145	AREA 1 - 3145 TAMBOR LAVADOR	2345331011
BO-2345-02-PT06-01-4110	AREA 1 - 4110 MOLIENDA	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-RME100	SALA ELECTRICA AREA 1 (TEMPORAL)	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-RME101	SALA ELECTRICA AREA 1 (PROYECTO FIJA)	2345331111
BO-2345-02-PT06-01-4110-BIL1001	EDIFICIO MOLIENDA	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-CHU140	CAJA DE BOLAS DE ACERO	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	MOLINO DE BOLAS	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-PBX130	CAJON DE BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-PP130A	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A	2345331221
90000213	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A	
BO-2345-02-PT06-01-4110-PP130B	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130B	2345331221
90000214	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130B	
BO-2345-02-PT06-01-4110-CYC130	NIDO DE CICLONES	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-SCR135	ZARANDA O/F CICLONES	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-SAM135	MUESTREADOR PRIMARIO O/F CICLON	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-SAM136	MUESTREADOR SECUNDARIO O/F CICLON	2345331221
BO-2345-02-PT06-01-4110-PPS050	BOMBA SUMIDERO	2345331111

- Listado de equipo SAP

Es el registro técnico, contable de los activos físicos, identificando el nombre técnico, clase de equipo, cuentas de gasto, centro logístico, inventario contable, ubicación técnica, etc.

Fig 2.14. Listado de equipo en SAP

Visualizar equipo: Lista de equipos

Subtotal Selecciones... UTC-5 Layout para características

T	Equipo	Denominación de objeto técnico	A	Fabricante	Denominación de tipo	Clase de objeto	PstoTbjo	Campo clasificación	GP	Pto.tbjo.resp.Perfil catálogo	Ubicación técnica	
M	90000209	TROMEL MOLINO DE BOLAS	0		DRUM	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000210	CHUTE DESCARGA MOLINO DE BOLAS	0		CCHU	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000211	CHUTE ALIMENTACION DE BOLAS	0		CCHU	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000212	CAJON DE BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES	0		BOXX	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000213	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A	1	SHURCO	12S250	BOMB	10SP-MEC	4110-PPP-130A	100	10ME-TAI	00000001	BO-2345-02-PT06-01-4
M	90000214	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130B	1	SHURCO	12S250	BOMB	10SP-MEC	4110-PPP-130B	100	10ME-TAI	00000001	BO-2345-02-PT06-01-4
M	90000215	NIDO DE CICLONES	0		CYCL	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000216	ZARANDA O/F CICLONES	0		BINN	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000217	CHUTE DESCARGA O/F CICLONES	0		CCHU	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000218	CAJON DESCARGA IMPUREZAS DE ZARANDA	0		BOXX	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000219	CHUTE DESCARGA ZARANDA O/F CICLONES	0		CCHU	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000220	MUESTREADOR PRIMARIO O/F CICLON	0		ANAL	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000221	MUESTREADOR SECUNDARIO O/F CICLON	0		ANAL	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000222	BOMBA SUMIDERO	0		BOMB	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000223	TECLE MANUAL BOMBA SUMIDERO	0		HSRL	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000224	ESTACION DUCHA/LAVAOJOS DE EMERGENCIA	0		COWA	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000225	PUNTE GRUA MOLIENDA	0		CRBR	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000226	ESPESADOR DE MOLIENDA	0		ESPE	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000227	UNIDAD HIDRAULICA DE ESPESADOR MOLIENDA	0		HYPY	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000228	BOMBAS U/F ESPESADOR MOLIENDA 160A	0		BOMB	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000229	BOMBAS U/F ESPESADOR MOLIENDA 160B	0		BOMB	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000230	BOMBAS SUMIDERO 1	0		BOMB	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000231	BOMBAS SUMIDERO 2	0		BOMB	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000232	TOLVA ALIMENTACION FLOCULANTE	0		BINN	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000233	ALIMENTADOR FLOCULANTE	0		FEED	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	
M	90000234	TANQUE PREPARACION FLOCULANTE	0		DWTR	10EI-TAD		100	10ME-TAI		BO-2345-02-PT06-01-4	

- Estrategia de mantenimiento SAP

Son las frecuencias disponibles para realizar los planes de mantenimiento, de acuerdo con la necesidad estas son opcionales, dado que para la creación del plan de mantenimiento no es obligatorio contar con ellas, porque

existe los planes de ciclo individual IP41, esta frecuencia se ingresa de forma manual porque el sistema cuenta con unidades de medida para dichos planes.

Fig 2.15. Tabla de estrategias de mantenimiento en SAP

Modificar estrategias de mantenimiento: Resumen

Entradas nuevas

Estructura de diálogo

- Estrategias de mantenimiento
 - Paquetes
 - Abrir carpeta

Nom.	Denominación	Gpo. autorizaciones
CCM	CAMBIO DE COMPONENTES C/ 1000	
SEM	ESTRATEGIA SEMANAL S/J	
Z100H	1000 HORAS C/J	
Z125H	125 HORAS C/J	
Z15D	QUINCENAL CALENDARIO C/J	
Z1D	ESTRATEGIA POR DIAS	
Z250H	250 HORAS C/J	
Z6MEN	SEMESTRAL CALENDARIO C/J	
ZMEN	MENSUAL CALENDARIO C/J	
ZSEM	SEMANAL CALENDARIO C/J	
ZTRIME	TRIMESTRAL CALENDARIO C/J	

Fig 2.16. Unidad de medida para planes de ciclo individual SAP

Plan de mantenimiento preventivo: Modif. plan de mantenimiento preventivo: Plan ciclo

Resumen de clases

Plan mant. prev. 60001288 LUB 1S TRUNION MOLINO BOLAS

Cab. plan mant.

Ciclos plan de mantenimiento

Parám. programación plan mantenimiento

Dato

Ciclo/Unidad 1 WCH

Texto ciclo 1 SEMANA

Decal. inic./un. 0 WCH

Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición

Posición PM 70006437 LUB 1S TRUNION MOLINO B

Objeto de referencia

Ubic.téc. BO-2345-02-PT06-01-4110-MII.125

Equipo 90000200 MOLINO DE BOLAS

Conjunto

Datos de planificación

Restricciones

Comercial	UM	Texto unidad de medida	Texto dimensión
"3	"3	Pulgada cúbica	Volumen
P	P	Puntos	Puntos
AA	AA	Resistencia eléctrica espec.	Resist.eléct.espec.
OCM	OCM	Resistencia eléctrica espec.	Resist.eléct.espec.
ROL	ROL	Rollos	(sin dimensiones)
RMS	RMS	Root Mean Square	Velocidad
S	S	Segundo	Hora
WCH	WCH	Semanas	Hora
SU	SU	Service Unit	(sin dimensiones)
SET	SET	SET	(sin dimensiones)
A/V	A/V	Siemens per meter	Conductibilidad
TR	TR	Tambor	(sin dimensiones)
%O	%O	Tanto por mil	Relación
M%O	M%O	Tanto por mil-masa	Relación masa
TES	TES	Tesla	Densidad flujo magn.
T	T	Tonelada	Masa
TON	TON	Tonelada EE.UU.	Masa
TOM	TOM	Tonelada/Metro cúbico	Densidad
OZT	OZT	Troy Ounce	Masa
UP	UP	Unidad de potencia	(sin dimensiones)
RS	RS	Unidades enzimas	(sin dimensiones)
EML	EML	Unidades enzimas/Milimetro	(sin dimensiones)
W	W	Vatios	Potencia
WTL	WTL	Velocidad de evaporación	Veloc.evaporación
V	V	Volto	Tensión eléctrica
VA	VA	Voltoamperio	Potencia
V%O	V%O	Volumen por mil	Relación volumen
YD	YD	Yards	Longitud
YD2	YD2	Yards cuadrada	Superficie
YD3	YD3	Yards cúbica	Volumen

- Hojas de ruta SAP

Es el documento en el cual se describen las tareas de mantenimiento por cada equipo o clase de equipo, tiene información de la duración de la actividad, el responsable, la estrategia de mantenimiento, los materiales o servicios que requiere.

Fig 2.17. Cabecera informativa de las hojas de ruta SAP

Crear instrucción: cabecera vista general

GrHRuta 50000397 INSP 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

Grupo hojas ruta 50000397

Cont.grupo HRuta 1 INSP 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

Centro planificación 2345

Identificador ext.

Asignaciones a cabecera hoja ruta

Puesto de trabajo 10ME-TAI / 2345 Technician Mechanical;Mechanical

Utilización 4 Mantenimiento

Grupo planif. 100 PM1-PROCESOS-AGUAS

Estado global 4 Liberado en general

Estado instalación 1 En funcionamiento

Estrategia mantenim.

Conjunto 40454570

Elemento refer.PM/PS PM 21D - INSPECCION MECANICA/PREDICTIVA

Petición de borrado

Datos QM

Fig 2.18. Asignación del personal para tareas de mantenimiento SAP

Crear instrucción: resumen operaciones

GrHRuta 50000397 INSP 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A ContGpohR 1

Compta. REO MAF PaqServ CarIns

Resumen general operación

Op.	SOp	PstoTbjo	Ce.	Ctrl	Descripción operación	T... Trabajo	Un.	Nº	Dur.	Un.	C. %	DistTrbInt	Fac	ClA
0010		10ME-TAI 2345	PM01		PM - MANTENIMIENTO WET END	<input type="checkbox"/>	32		8	H	2 100		1	10
0020		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0030		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0040		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0050		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0060		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0070		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0080		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0090		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0100		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0110		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0120		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0130		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			
0140		10ME-TAI 2345	PM01			<input type="checkbox"/>				H	1			

Entrada 1 / 1

Fig 2.19. Asignación de materiales para las tarea de mantenimiento SAP

Material	Cantidad	UM	R	R...	Den.componente
10042735	4.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 015060Z0E18; SHURCO; O-RING"
10042736	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G040E6M03; SHURCO; FRAME PLATE LI
10042737	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G055Z0M03; SHURCO; IMPELLER 5VCG"
10042738	2.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G106Z0E02; SHURCO; SEAL VOLUTE LI
10042739	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G104Z0M03; SHURCO; VOLUTE LINER"
10042740	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G093E6M03; SHURCO; THROATBUSH"
10042741	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G062Z0E02; SHURCO; INTAKE JOINT"
10042742	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 02G025E1E02; SHURCO; DISCHARGE JOIN
10042743	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 05S079Z0M11; SHURCO; SHAFT SLEEVE"
10042744	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 05S032Z0M03; SHURCO; EXPPELLER"
10042745	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 01G074Z0E02; SHURCO; SEAL RING"
10042746	1.000	C/U	<input type="checkbox"/>		"P/N 01G067Z0P08; SHURCO; LANTERN RING"

- Clases de órdenes SAP

Aquí se debe establecer el tipo de órdenes a utilizar para una correcta gestión de mantenimiento, aquí usaremos PM01 (órdenes correctivas) y PM02 (órdenes preventivas y predictivas).

Fig 2.20. Clases de órdenes de mantenimiento SAP

Visualizar Orden de Trabajo Preventivo/Predictivo 20022465: Cabecera c

Orden: PM02 20022465 PM 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

Statsist.: LIB. FMAT NLIQ PREC PLND

Responsable

Gpo.plan. 100 / 2345 PM1-PROCESOS-AGUAS

Rs.pto.tr. 10ME-TAI / 2345 Technician Mechanical;

Responsable 0

Fechas

Inic.extr. 29.11.2023 07:00 Prioridad SIGUIENTE PROGRAMA

Fin extr. 29.11.2023 15:43 Revisión

Objeto de referencia

Ubic.téc. BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP13. BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A

Equipo 90000213 BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A

Conjunto

Restricciones

Cl.	Tp.	Denominación
CPRO	30	Correctivo Programado
DIVE	30	Apoyos Diversos
EXTR	30	Daño Externo y Operacional
INGE	30	Mejoras y Cambios
PM01	30	Orden de Trabajo Correctivo
PM02	30	Orden de Trabajo Preventivo/Predicti.
PM03	30	Orden Trabajo Proyectos
PM04	30	Orden de Renovación
PM05	30	Orden Administrativa/Abierta
REAC	30	Correctivo no Programado
SM01	30	Orden de servicio
SM02	30	Orden de servicio (con Ingresos)
SM03	30	Servicio de reparación

13 Entradas encontradas

- Puntos de medida SAP

Los puntos de medida es el control que alimenta los planes de mantenimiento y tienen la función de poder programar la fecha de realización de los planes de mantenimiento dependiendo de la estrategia a utilizar.

- Planes de mantenimiento SAP

Es el documento donde se junta el equipo y la hoja de ruta, dando con ello el plan de mantenimiento, tiene información del equipo, hoja de ruta y centro de gasto para los planes.

Programación de planes de mantenimiento

Es el proceso con el cual se da inicio a los planes, de acuerdo al historial de mantenimiento y necesidad operativa.

Se adjunta la plantilla elaborada para poder cargar la información necesaria para la elaboración de los planes de mantenimiento.

Fig 2.21. Formato para los planes de mantenimiento

BOROO										Plan de Mantenimiento Planta CMOP									
Ord	Horario	Equipo	Denominación	Ubicación Técnica	Equi	Extra	Grupo plus	Plan	Task list description	Plan #	Task list operation	Puesto	Tal	H	M	D	H	M	D
		PLANTA CMOP																	
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000559	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000560	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000561	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000562	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000563	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000564	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS	12AJE 15 COMPONENTES CAMION GRUA CMOP	6000565	TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-OAA	8	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					1	IS			AFOD TRASLADAR EN CAMION GRUA	MON-TAI	6	H	1	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000570	PREPARATIVOS PARADA PLANTA VE	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000571	PREPARATIVOS PARADA PLANTA SAB	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000572	PREPARATIVOS PARADA PLANTA DCM	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000573	PREPARATIVOS PARADA PLANTA LN	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000574	PREPARATIVOS PARADA PLANTA	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01					2	IM	ACT 1M PREPARATIVO PARADA PLANTA CMOP	6000575	PREPARATIVOS PARADA PLANTA	MON-TAI	48	H	0	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03A					1	IM	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 100A	6000583	PM MANTENIMIENTO WET END	MON-TAI	32	H	4	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03B					2	IS	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 100A	6000587	CAMBIO VALVULA CUCURULA MUMATICA 10N	MON-TAI	24	H	4	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03C					1	IM	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 100B	6000589	PM MANTENIMIENTO WET END	MON-TAI	32	H	4	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03D					2	IS	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 100B	6000597	CAMBIO VALVULA CUCURULA MUMATICA 10N	MON-TAI	24	H	4	0	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03E					1	IM	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 31A	6000586	PM MANTENIMIENTO WET END	MON-TAI	8	H	2	4	H	2
			BO 2345-02-PT06-01-410-PPPT03F					1	IM	PNP 1M WET END BOMBA ALM CICLONE S 31B	6000587	PM MANTENIMIENTO WET END	MON-TAI	8	H	2	4	H	2

Fig 2.22. Planes de mantenimiento SAP

Modif.plan de mantenimiento preventivo: Plan ciclo ind. 000060001093

Resumen de clases

Plan mant.prev. 60001093 PM 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

Cab.plan mant.

Posición Lista objeto posición Emplazamiento posición

Posición PM 70006057 PM 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

Objeto de referencia

Ubic.téc. BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP13... BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES ..

Equipo 90000213 BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A

Conjunto

Datos de planificación

Centro planif. 2345 Lagunas Norte Grupo planif. 100 PM1-PROCESOS-AGUAS

Clase de orden PM02 Orden de Trabajo Preventivo/Predictivo Clase actividad PM 210 Reemplazo

Pto.tbjo.resp. 10ME-TAT / 2345 Technician Mechanical;M. División

Prioridad SIGUIENTE PROGRAMA Norma de liquidación

Documento venta /

No liberar inmediat.

Hoja de ruta para mantenimiento

Tp.	GrHRuta	CGrHR	Descripción
A	/ 50000397	/ 1	INSP 1M WET END BOMBA ALIM CICLONES 130A

2.3.5. Medición de indicadores

Es la medición de los principales parámetros de desempeño en la gestión de mantenimiento en los equipos. Podemos clasificarlos de acuerdo a lo siguiente:

2.3.5.1. Indicadores de costos

Es un indicador habitual para mantenimiento. El costo es uno de los indicadores más relevantes en toda organización, son los dos parámetros que aportan determinantes mejoras en la gestión del mantenimiento.

Costo correctivo/ Costo total

$$\frac{\text{Costo correctivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total correctivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}} \quad (2.1)$$

Costo preventivo/ Costo total

$$\frac{\text{Costo preventivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total preventivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}} \quad (2.2)$$

Costo predictivo/ Costo total

$$\frac{\text{Costo predictivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total predictivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}} \quad (2.3)$$

2.3.6. Proceso de molienda en plantas mineras

Líneas abajo se describe el proceso convencional para una planta minera.

La molienda es una operación unitaria que reduce el volumen promedio de las partículas de un material sólido. La reducción se lleva a cabo dividiendo o fraccionando la muestra por medios mecánicos hasta el tamaño deseado.

Circuito A: considera un molino SAG, chancadoras de pebbles, molinos de bolas y clasificadores (harneros e hidrociclones).

Fig 2.23. Circuito plantas de molienda

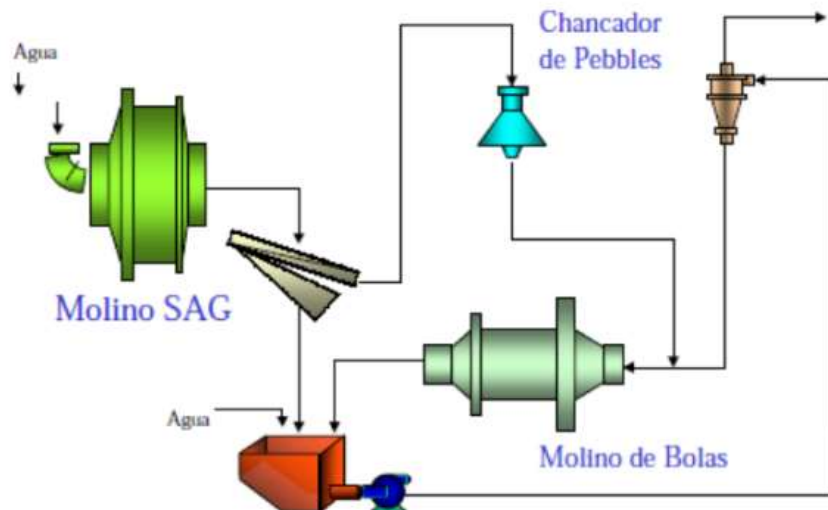


Fig 2.24. Listado de equipos de molienda

A	B	C	D	E	F	G
Asset Propuesto	REV	Ownin	Asset	Description	Ubicación Técnica	Descripción de la ubicación técnica
LN01-4110-RED125		MCMOP	LN01:	REDUCTOR TAMBOR LAVADOR	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	REDUCTOR TAMBOR LAVADOR
LN01-4110-RED125B		MCMOP	LN01:	BOMBA LUBRICACION SIST LUB DEL REDUCTOR	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	BOMBA LUBRICACION SIST LUB DEL REDUCTOR
LN01-4110-RED125C		MCMOP	LN01:	VENTILADOR SIST LUB DEL REDUCTOR	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	VENTILADOR SIST LUB DEL REDUCTOR
LN01-4110-SCR125		MCMOP	LN01:	TROMEL MOLINO DE BOLAS	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	TROMEL MOLINO DE BOLAS
LN01-4110-CHU130		MCMOP	LN01:	CHUTE DESCARGA MOLINO DE BOLAS	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	CHUTE DESCARGA MOLINO DE BOLAS
LN01-4110-CHU140		MCMOP	LN01:	CHUTE ALIMENTACION DE BOLAS	BO-2345-02-PT06-01-4110-MIL125	CHUTE ALIMENTACION DE BOLAS
LN01-4110-PBX130		MCMOP	LN01:	CAJON DE BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES	BO-2345-02-PT06-01-4110-PBX130	CAJON DE BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES
LN01-4110-PPP130A		MCMOP	LN01:	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A	BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP130A	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130A
LN01-4110-PPP130B		MCMOP	LN01:	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130B	BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP130B	BOMBAS ALIMENTACION A CICLONES 130B
LN01-4110-CYC130		MCMOP	LN01:	NIDO DE CICLONES	BO-2345-02-PT06-01-4110-CYC130	NIDO DE CICLONES
LN01-4110-SCR135		MCMOP	LN01:	ZARANDA O/F CICLONES	BO-2345-02-PT06-01-4110-SCR135	ZARANDA O/F CICLONES
LN01-4110-CHU135		MCMOP	LN01:	CHUTE DESCARGA O/F CICLONES	BO-2345-02-PT06-01-4110-CYC130	CHUTE DESCARGA O/F CICLONES
LN01-4110-BIN135		MCMOP	LN01:	CAJON DESCARGA IMPUREZAS DE ZARANDA	BO-2345-02-PT06-01-4110-SCR135	CAJON DESCARGA IMPUREZAS DE ZARANDA
LN01-4110-CHU145		MCMOP	LN01:	CHUTE DESCARGA ZARANDA O/F CICLONES	BO-2345-02-PT06-01-4110-SCR135	CHUTE DESCARGA ZARANDA O/F CICLONES

III. HIPOTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis general

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera.

Hipótesis específica

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera.

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera.

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera.

Definición conceptual de variables

RCM: Se define como proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Moubray, 2000)

Costo de mantenimiento: Los costos de mantenimiento pueden componerse de la suma de todos los gastos que se requieren para la aplicación y su desempeño, durante un período de tiempo.

Pilar 5

5.1.1 Costo de mantenimiento correctivo

5.1.3 Costo de mantenimiento preventivo

5.1.5 Costo de mantenimiento basado en la condición

(SMRP MEJORES PRACTICAS, 5TA, 2023)

3.2 Operacionalización de variable

Tabla 3.1. Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Índice	Método y Técnica
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	Se define como proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Jhon Moubray, 2000)	Mediante la aplicación de la metodología, obtendremos un listado de tareas que se deben aplicar con la finalidad de minimizar las consecuencias de las fallas y así obtener costos óptimos en la mantención del equipo	Contexto operacional	Diagrama físico de entrada y salidas	Parámetros operativos	Hipotético – deductivo Observación directa
			Análisis modo de fallas y sus efecto	Hoja de información RCM	AMEF	Hipotético – deductivo Observación directa
			Diagrama de decisión del RCM	Hoja de decisión RCM	Cantidad de tareas de mantenimiento	Hipotético – deductivo Observación directa
COSTO DE MANTENIMIENTO	Los costos de mantenimiento pueden componerse de la suma de todos los gastos que se requieren para la aplicación y su desempeño, durante un período de tiempo. Pilar 5 5.1.1 Costo de mantenimiento correctivo 5.1.3 Costo de mantenimiento preventivo 5.1.5 Costo de mantenimiento basado en la condición (SMRP MEJORES PRACTICAS, 5TA, 2023)	Se calculara los costos directos de mantenimiento para la bomba de molienda, tales como la mano de obra, materiales y servicios que este equipo requiere para su mantenimiento.	Costo de mantenimiento correctivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento correctivo	$\frac{\sum \text{Costo correctivo}}{\sum \text{Costo total}}$	Hipotético – deductivo Análisis documental
			Costo de mantenimiento preventivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento preventivo	$\frac{\sum \text{Costo preventivo}}{\sum \text{Costo total}}$	Hipotético – deductivo Análisis documental
			Costo de mantenimiento predictivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento predictivo	$\frac{\sum \text{Costo predictivo}}{\sum \text{Costo total}}$	Hipotético – deductivo Análisis documental

IV. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

4.1 Diseño metodológico.

Por tipo de investigación, el presente estudio reúne las condiciones metodológicas de una investigación aplicada, en razón que se utilizan conocimientos sobre gestión de mantenimiento a fin de aplicarlas en el mantenimiento de bombas.

De acuerdo a la naturaleza del estudio de la investigación, reúne por su nivel las características de un estudio cuantitativo, Diseño pre experimental.

(Hernandez, 2014 pág. 4) El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías.

4.2 Método de investigación.

El método de investigación realizado es hipotético – deductivo

4.3 Población y muestra.

La población al que se realizara la investigación son las 2 bombas de molienda 130A y 130B. Las bombas molienda envían los lodos del circuito de molienda hacia el nido ciclones para una clasificación de finos y gruesos, estas bombas forman parte de los equipos críticos en una planta minera.

4.4 Lugar de estudio y periodo del desarrollo.

Planta de beneficio de la unidad Lagunas Norte propiedad de Mina Boroo, ubicada en el distrito de Quiruvilca, provincia del Huamachuco, departamento de La libertad, durante el año 2023.

4.5 Técnicas e instrumentos para la recolección de la información.

4.5.1 Técnica

Según (Hurtado, 2000) son los procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar cumplimiento a su objetivo de investigación.

Se usara el análisis de documentos y la observación directa.

4.5.2 Instrumento

Instrumento es aquel que registra datos observables que representan verdaderamente los conceptos o variables que el investigador tiene en mente (Sampieri, 2010)

Para el análisis documental, se contará con los siguientes instrumentos:

- Manual de operación y mantenimiento del equipo
- Diagrama del flujo de proceso de molienda
- Base de datos de las órdenes de mantenimiento, materiales y horas de mantenimiento.

Para la observación directa, se contará con los siguientes instrumentos:

- Diagrama físico de entrada y salida
- Hoja de información de RCM
- Hoja de decisión de RCM
- Plantilla de planes de mantenimiento SAP ERP HANA, modulo PM
- Base de datos y catalogación de repuestos

4.6 Análisis y procedimiento de datos.

Primero, para el proceso de RCM en las bombas de molienda usaremos el procedimiento que está basada en las 7 Preguntas básicas para el RCM, como lo indica (JA1011, 1999):

1. ¿Cuál es la función?, Lo que el usuario desea que la máquina haga.
2. ¿Cuál es la falla funcional?, Razones por las que deja de hacer lo que el usuario desea que haga.
3. ¿Cuál es el modo de falla?, Que pudo causar la falla funcional.
4. ¿Cuál es el efecto de la falla?, Que ocurre cuando la falla se produce.
5. ¿Cuál es la consecuencia de la falla?, Razones por las que importa que falle.
6. ¿Qué se puede hacer para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?
7. ¿Qué se hace si no se encuentra ninguna tarea para evitar o minimizar la consecuencia de la falla?

Segundo, con esta información tendremos una plantilla resumen de las actividades que se detalla en la hoja de decisión del RCM.

Tercero, de acuerdo a las necesidades identificadas realizaremos la identificación de los repuestos necesarios para las actividades allí detalladas.

Cuarto, se realizara la estrategia de mantenimiento, hojas de ruta, planes y programación del mantenimiento para las bombas de molienda, en el ERP SAP HANA.

Quinto, se medirá la efectividad de los planes de mantenimientos mediante los indicadores de gestión de costo de mantenimiento.

4.7 Aspectos éticos en la investigación.

Los datos de la investigación son verídicos, cumple con los requerimientos de la universidad, se ha referenciado a todos los autores, se ha respetado los permisos de la empresa conservando la confidencialidad de los datos.

V. RESULTADOS

5.1 Resultados descriptivos

Se tomó la información desde el 29.07.2023 al 26.01.2024, dado que la planta arranco el 29.07.2023.

Tabla 5.1. Tabla Costos del equipo nuevo

Equipo	Costo S/.
Tag: 4110-PPP130A/B, Cyclone Feed	504,389.38

Tabla 5.2. Resumen costos de mantenimiento utilizando RCM

Mes	Con RCM			Costo Total S/.
	Costo Correctivo S/.	Costo Preventivo S/.	Costo Predictivo S/.	
Ago-23	756.00	518.00	448.00	1,722.00
Set-23	1,730.20	630.00	434.00	2,794.20
Oct-23	7,616.00	966.00	672.00	9,254.00
Nov-23	2,515.60	966.00	1,344.00	4,825.60
Dic-23	1,120.00	280.00	588.00	1,988.00
Ene-24	252.00	58,253.52	364.00	58,869.52
	13,989.80	61,613.52	3,850.00	79,453.32

Costo correctivo/Costo total

$$\frac{\text{Costo correctivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total correctivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}}$$

Tabla 5.3. Costo de mantenimiento correctivo usando RCM

Mes	Con RCM		
	Costo Correctivo S/.	Costo Total S/.	Costo correctivo/ Costo total
Ago-23	756.00	1,722.00	44%
Set-23	1,730.20	2,794.20	62%
Oct-23	7,616.00	9,254.00	82%
Nov-23	2,515.60	4,825.60	52%
Dic-23	1,120.00	1,988.00	56%
Ene-24	252.00	58,869.52	0.4%

Costo preventivo/Costo total

$$\frac{\text{Costo preventivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total preventivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}}$$

Tabla 5.4. Costo de mantenimiento preventivo usando RCM

Con RCM			
Mes	Costo Preventivo S/.	Costo Total S/.	Costo preventivo/Costo total
Ago-23	518.00	1,722.00	30%
Set-23	630.00	2,794.20	23%
Oct-23	966.00	9,254.00	10%
Nov-23	966.00	4,825.60	20%
Dic-23	280.00	1,988.00	14%
Ene-24	58,253.52	58,869.52	99%

Costo predictivo/Costo total

$$\frac{\text{Costo predictivo}}{\text{Costo Total}} = \frac{\sum \text{Costo total predictivo}}{\sum \text{Costo total mantenimiento}}$$

Tabla 5.5. Costo de mantenimiento predictivo usando RCM

Con RCM			
Mes	Costo Predictivo S/.	Costo Total S/.	Costo predictivo/Costo total
Ago-23	448.00	1,722.00	26%
Set-23	434.00	2,794.20	16%
Oct-23	672.00	9,254.00	7%
Nov-23	1,344.00	4,825.60	28%
Dic-23	588.00	1,988.00	30%
Ene-24	364.00	58,869.52	1%

Se realizó la simulación y un estimado de los costos de mantenimiento correctivo, desde el 29.07.2023 al 26.01.2024.

Tabla 5.6. Estimación de costo de mantenimiento sin RCM

Mes	Sin RCM			Costo Total S/.
	Costo Correctivo S/.	Costo Preventivo S/.	Costo Predictivo S/.	
Ago-23	7,396.00			7,396.00
Set-23	12,638.00			12,638.00
Oct-23	34,090.00			34,090.00
Nov-23	35,936.00			35,936.00
Dic-23	377,494.00			377,494.00
Ene-24	98,068.00			98,068.00
	467,554.00			467,554.00

Se muestra los siguientes resultados descriptivos.

Tabla 5.7. Análisis descriptivo de las variables costo de mantenimiento

total y costo de mantenimiento correctivo

Estadísticos					
		Costo_Total_ con_RCM	Costo_Total_ sin_RCM	Costo_Cor_ con_RCM	Costo_Cor_ sin_RCM
N	Válido	6	6	6	6
	Perdidos	0	0	0	0
Media		13242.2200	94270.3333	2331.6333	94270.3333
Mediana		3809.9000	35013.0000	1425.1000	35013.0000
Desv. estándar		22526.12	142453.94	2705.39	142453.94
Varianza		507425990.9	20293124447 .0	7319129.4	20293124447 .0
Asimetría		2.368	2.190	2.010	2.190
Error estándar de asimetría		.845	.845	.845	.845
Curtosis		5.671	4.902	4.294	4.902
Error estándar de curtosis		1.741	1.741	1.741	1.741

1. La media de los costos de mantenimiento total sin RCM seria S/. 94,270.33 actualmente implementado el RCM es S/.13,242.22
 2. El promedio de distanciamiento en los costos respecto al valor medio en los costos de mantenimiento sin RCM seria S/. 142,453.94, actualmente después de implementar el RCM es de S/. 22,526.12.
 3. La media de los cotos de correctivos sin RCM seria S/. 94,270.33 una vez implementado el RCM es S/.1,425.10
 4. El promedio de distanciamiento en los costos respecto al valor medio en los costos de mantenimiento sin RCM seria S/. 142,453.94, actualmente después de implementar el RCM es de S/. 2,705.39.
- Se muestra la curva normal para los datos procesados hasta diciembre.

Fig 5.1. Curva Normal Costo total mantenimiento con RCM

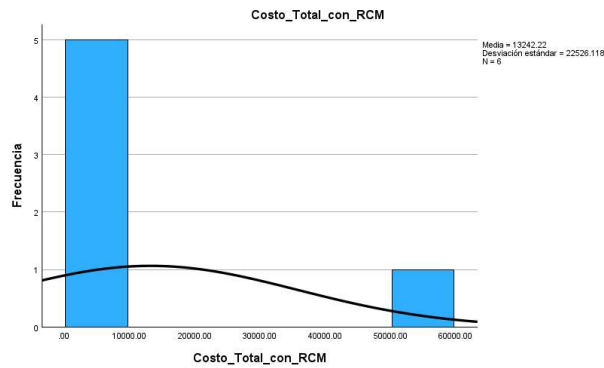


Fig 5.2. Curva Normal Costo total mantenimiento sin RCM

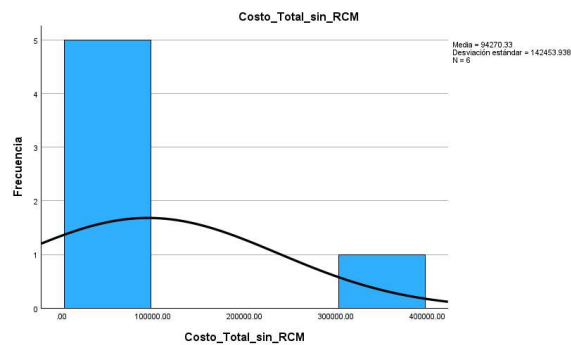


Fig 5.3. Curva Normal Costo correctivo de mantenimiento con RCM

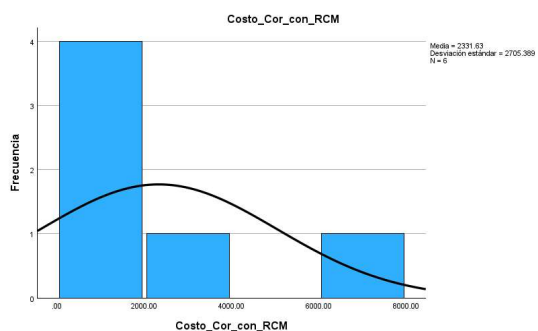
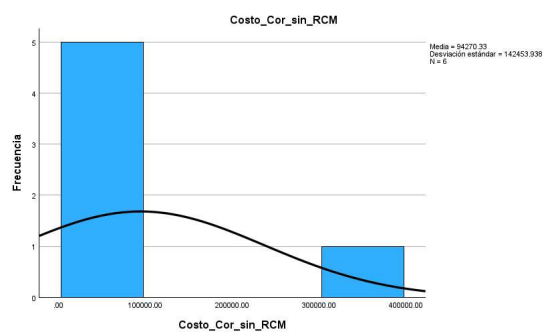


Fig 5.4. Curva Normal Costo correctivo de mantenimiento sin RCM



5.2 Resultados Inferencial

Se realizara la prueba de normalidad para el costo de mantenimiento total

Tabla 5.8. Prueba de normalidad del costo de mantenimiento total

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo_Total_con_RCM	.404	6	.003	.598	6	<.001

Costo_Total_sin_RC M	.326	6	.046	.677	6	.004
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Se realizara la prueba de normalidad para el costo de mantenimiento correctivo

Tabla 5.9. Prueba de normalidad del costo de mantenimiento correctivo

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Costo_Cor_con_RC M	.306	6	.082	.763	6	.026
Costo_Cor_sin_RC M	.326	6	.046	.677	6	.004
a. Corrección de significación de Lilliefors						

Prueba de normalidad

Ho: Los datos tienen una distribución normal

H1: Los datos no tienen una distribución normal.

Regla de decisión:

Si $p \leq 0.05$ se rechaza la hipótesis nula

Si $p > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula

De acuerdo a que el valor de $p =$ valor obtenido $\{p=0.001 \text{ y } p=0.004 < 0.05\}$, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. El costo total de mantenimiento no sigue una distribución normal.

De acuerdo a que el valor de $p =$ valor obtenido $\{p=0.026 \text{ y } p=0.004 < 0.05\}$, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. El costo correctivo de mantenimiento no sigue una distribución normal.

Fig 5.5. Grafico para determinar la normalidad Costo total de mantenimiento con RCM

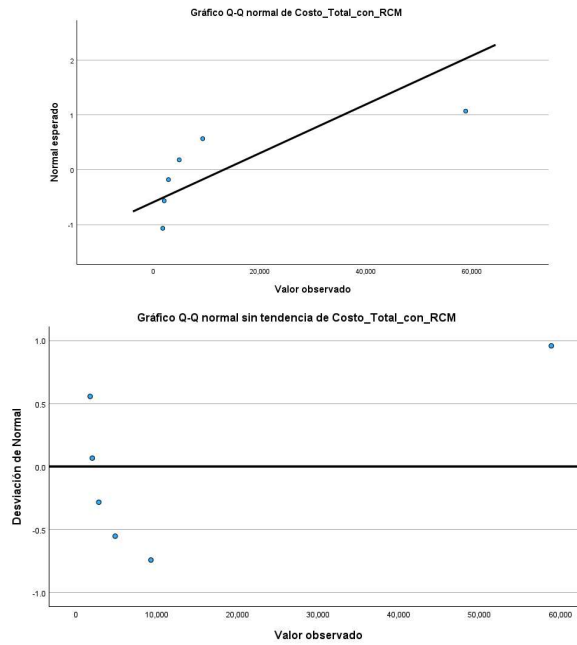


Fig 5.6. Grafico para determinar la normalidad Costo total de mantenimiento sin RCM

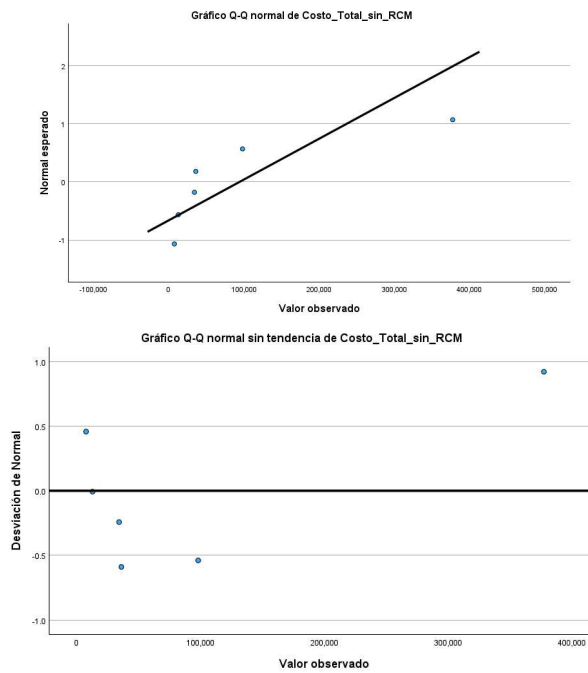


Fig 5.7. Gráfico para determinar la normalidad Costo correctivo de mantenimiento con RCM

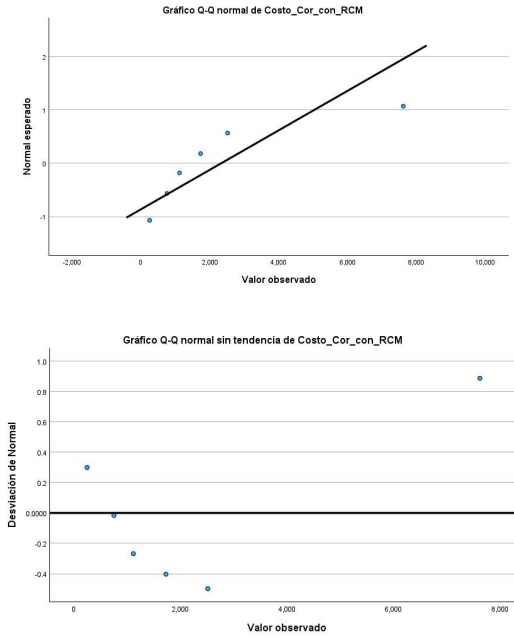
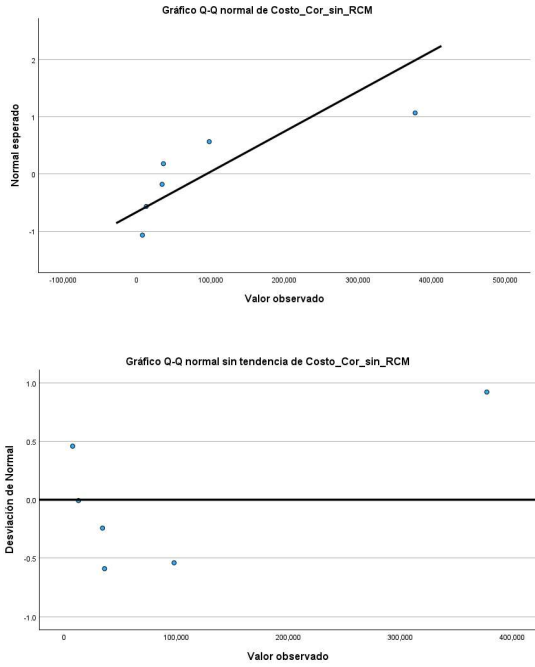


Fig 5.8. Gráfico para determinar la normalidad Costo correctivo de mantenimiento sin RCM



Se realizara la prueba Wilcoxon para el costo de mantenimiento total y el costo de mantenimiento correctivo

Tabla 5.10. Prueba Wilcoxon para el costo de mantenimiento total y mantenimiento correctivo

Estadísticos de prueba^a		
	Costo_Total_sin_RCM - Costo_Total_con_RCM	Costo_Cor_sin_RCM - Costo_Cor_con_RCM
Z	-2.201 ^b	-2.201 ^b
Sig. asin. (bilateral)	.028	.028
a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon		
b. Se basa en rangos negativos.		

Hipótesis de investigación:

H₀ La implementación de RCM no reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera.

H₁ La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera.

H₀ La implementación de RCM no reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera.

H₁ La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera

Regla de decisión:

Si $p \leq 0.05$ se rechaza la hipótesis nula

Si $p > 0.05$ no se rechaza la hipótesis nula

De acuerdo a que el valor de $p =$ valor obtenido $\{p=0.014 \text{ y } p=0.014 < 0.05\}$, entonces existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula. Estos resultados confirman que permite aceptar las hipótesis alternas.

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera.

La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera

5.3 Otros resultados estadísticos

Para la presente investigación no se utilizó otro resultado estadístico.

VI. DISCUSION DE RESULTADOS

6.1 Contratación y demostración de la hipótesis con los resultados.

Se calcularon los costos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo posterior a la implementación de RCM, mostrando un costo mensual de mantenimiento alrededor del 1% del costo del activo. Estas tareas están definidas en el plan de mantenimiento para la bomba de molienda, podemos concluir que el plan de mantenimiento implementado utilizando RCM logra tener un impacto significativo en el costo de mantenimiento evitando tener altos costos de reparación previniendo la ocurrencia de modos y efectos de fallas que el equipo puede presentar.

6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

En la tesis “Diseño de protocolo para la aplicación de la metodología RCM en la industria” y “Evaluación de la implementación de la metodología RCM en los harneros vibratorios de la planta concentradora Minera Caserones” también se logra obtener la hoja de decisión de RCM siguiendo los 7 pasos que plantea la metodología RCM, que nos permite encontrar que actividades debemos realizar en el equipo para no llegar a tener que realizar actividades correctivas que hagan que el costo de mantenimiento total sea demasiado costoso.

Para la tesis “Optimización del plan de mantenimiento para el sistema de bombas principales en la estación de bombeo rubiales para la empresa Oleoducto de los Llanos, S.A” al utilizar una metodología logramos reducir los costos de mantenimiento comparados con el periodo sin utilizar la metodología.

Tan igual que la tesis “Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud” podemos observar que se logra

identificar los modos y efectos de las fallas de la bomba molienda que si no se logra identificar tareas de mantenimiento preventivas y predictivas, están van elevar los costos de mantenimiento de la bomba de molienda.

En la tesis “Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa S.R.L.”. se verifica que las tareas de mantenimiento permiten reducir los costos de mantenimiento en la bomba de molienda dado que son actividades de restauración y monitoreo y así evitar que tengamos correctivos costosos que podemos evitar realizando actividades preventivas y predictivas.

Por ultimo en la tesis “Implementación del modelo SAP-PM en el área de mantenimiento de una fundición de cobre en el sur del Perú”, podemos validar que la información cargada en el entorno SAP nos permite obtener información sobre los costos de mantenimiento de manera rápida y actualizar la información de los planes de mantenimiento que se requiera ajustar durante el periodo de implementación.

6.3 Responsabilidad ética

De acuerdo al reglamento vigente se informa que la presente investigación cumple en asegurar que la información con la que se desarrolla la presente investigación es de responsabilidad del autor que aquí redacta esta investigación.

VII. CONCLUSIONES

1. El costo de mantenimiento total con RCM para las bombas de molienda se mantiene por debajo del estimado del costo de mantenimiento total sin RCM, para el ejercicio de Agosto 2023 a Enero del 2024. Siendo el costo de mantenimiento total con RCM de S/. 79,453 versus el costo sin RCM de S/. 565,622.

Esto se logró dado que se definió el contexto operacional del equipo permitiendo elaborar la estrategia de mantenimiento a utilizar, investigar el funcionamiento del equipo y conocer los parámetros que definen que el equipo entre en el intervalo de falla potencial y funcional. Mediante el AMEF realizado que es parte de la metodología, pudimos desarrollar el catálogo de repuestos necesarios para la bomba de molienda, con ello pudimos tener un suministro de seguridad para las fallas evidentes y ocultas. Es importante mencionar que la hoja de decisión RCM, nos entregó la línea base para poder elaborar el plan de mantenimiento para la bomba de molienda definiendo actividades preventivas y predictivas, ello nos permitió cargar los planes de mantenimiento en el software SAP PM.

2. Los costos de correctivo siempre son los mas costosos, para este estudio ah alcanzando S/. 13,989.80, llegando a representar el 18%.

Con la metodologia desarrollado hemos podido detectar oportunamente los fallos potenciales para poder establecer tareas tanto preventivas y proactivas para minimizar la consecuencias de estas fallas. Es asi como esto impacta directamente en el costo de mantenimiento total.

3. Los costos de preventivo siempre son los que impactan en el presupuesto, para este estudio ah alcanzando S/. 61,613.00, llegando a representar el 78%.

Con la metodologia desarrollado hemos podido establecer frecuencias de mantenimiento que permiten el reemplazo de componentes, lubricaciones periódicas, calibraciones que permiten que el equipo no presente fallas funcionales durante la operacion. Es asi como esto impacta directamente en el costo de mantenimeinto total.

4. Los costos de predictivo siempre son los mas económicos, para este estudio ah alcanzando S/. 3,850.00, llegando a representar el 5%.

Con la metodología desarrollado hemos podido determinar que con las tareas de termografía, vibracional podemos detectar falla potenciales y recomendar tareas de reacondicionamiento para no llegar a la falla funcionales . Es asi como esto impacta directamente en el costo de mantenimiento total.

VIII. RECOMENDACIONES

1. Se debe implementar en los demás equipos críticos para poder lograr minimizar el impacto de los modos de falla en los costos de mantenimiento.
2. Tener una base de datos que almacene la información necesaria para el calculo de los costos de mantenimiento es muy ventajoso al poder medir el costo de mantenimiento en cualquier periodo del año, verificar la eficacia de los planes de mantenimiento desarrollados bajo la metodología RCM.
3. Este proceso debe realizarse antes del arranque de una planta, dado que podemos prever actividades criticas y adquirir los repuestos del primer año de operación.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bloom, Neil. 2005. *Reliability Centered Maintenance*. New York : McGraw Hill, 2005. ISBN 0071460691.
- Bustanza, Doris. 2018. *Implementación del modelo SAP-PM en el área de mantenimiento de una fundición de cobre en el sur del Perú*. s.l. : Universidad Católica San Pablo, 2018.
- Constantino, Carlos. 2021. *Propuesta del plan de mantenimiento preventivo centrado en la confiabilidad (RCM) para reducir costos de mantenimiento en el proceso de fundas de banano en la empresa Polisa S.R.L.* Chiclayo : Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, 2021.
- Cruzado, Valladares. 2020. *Aplicación del mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM) a bombas de carga en una refinería*. Piura : s.n., 2020.
- Ferrera Arquímedes. 2023. PREDICTIVA 21. [En línea] Ferrera Arquímedes, 2023. <https://predictiva21.com/planificacion-mantenimiento-pm-sap/>.
- Hernandez, Roberto. 2014. *Metodología de la investigación*. Mexico : Mc Graw Hill, 2014.
- Hurtado, Jacqueline. 2000. *Metodología de la Investigación Holística*. Caracas : Sypal, 2000.
- ISO. 2016. *Industrias de petróleo, petroquímica y gas natural - recolección e intercambio de datos de confiabilidad y mantenimiento de equipos*. 2016.
- JA1011, Norma SAE. 1999. Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. 1999.
- JA1012, Norma SAE. 2002. Una Guía para la Norma de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC). 2002.
- LaRepublica. 2023. Proyectos mineros para el 2023. 2023.
- Lopez, Eduardo y Prieto, Carlos. 2022. *Diseño de protocolo para la aplicación de la metodología RCM en la industria*. Tunja : s.n., 2022.

Mendoza, Neira. 2021. *Optimización del plan de mantenimiento para el sistema de bombas principales en la estación de bombeo rubiales para la empresa oleoducto de los llanos, S.A.* Bogota : Fundación Universidad de América, 2021.

Montes, Ciro Espinoza. 2014. *Metodología de la investigación tecnológica.* Huancayo : Soluciones, 2014. pág. 71.

Morales, Mauricio. 2019. *Evaluación de la implementación de la metodología RCM en los harneros vibratorios de la planta concentradora Minera Caserones.* Concepcion : Universidad Andres Bello, 2019.

Moran, Diego. 2021. *Estudio y análisis del sistema de mantenimiento de la empresa FADESA – Fabrica de Envases S.A. – Quito para la implementación del módulo SAP PM (mantenimiento de planta).* Quito : Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, 2021.

Moubray, Jhon. 2000. *Reliability Centered Maintenance RCM.* New York : Industrail Press, 2000.

Norzok, Z-008 Norma. 2011. *Riesgo de mantenimiento basado y clasificación de consecuencia.* 2011.

Pascual Rodrigo. 2002. *Gestion Moderna del Mantenimiento.* Chile : s.n., 2002.

PERU ITSYSTEMS. 2023. ITSYSTEMS PERU. [En línea] 2023. <https://itsystems.pe/blog/transacciones-mas-importantes-de-sap-pm/>.

RENOVETEC. RENOVETEC. [En línea] <https://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.

Salazar, Franco. 2018. *Implementación del RCM para mejorar la disponibilidad de la bomba Geho TZPM 400 en Unidad Operativa Selene.* Huancayo : s.n., 2018.

Sampieri, Roberto. 2010. *Metodología de la investigación.* s.l. : Mc Graw Hill, 2010.

SAP. 2023. SAP ERP. SAP ERP. [En línea] 2023. <https://www.sap.com/latinamerica/products/erp/what-is-sap-erp.html>.

Smith, Antony y Hinchclifee, Glenn. 2003. RCM Gateway to world class maintenance. 2003.

SMRP. 2009. *SMRP Best Practices* . 2009. 6th Edition.

Sulca, Vanessa. 2021. *Implantación del sistema ERP SAP R/3 módulo PM*. Lima : Universidad Federico Villareal, 2021.

Urian, Miguel. 2020. *Propuesta de un plan de mantenimiento basada en la metodología RCM para los equipos de refrigeración del laboratorio de virología del Instituto Nacional de Salud*. Bogota : Universidad ECCI, 2020.

Yauri, Yosselin. 2023. cooperacion. [En línea] 23 de Julio de 2023. <https://cooperacion.org.pe/opinion/las-tendencias-globales-de-la-inversion-minera-y-el-peru>.

Zaragoza, Samuel. 2008. *Mantenimiento centrado en la confiabilidad de un molino SAG de 32 x 34 pies, en una planta de lixiviación de oro en tanques*. Cajamarca : s.n., 2008.

IMPLEMENTACION DE RCM PARA REDUCIR EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE MOLIENDA EN UNA PLANTA MINERA

Afirmar

Problema	Objetivos	Hipotesis	Variables	Metodología
Problema general	Objetivo general	Hipotesis general	Variable independiente	
¿De que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera?	Determinar de que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera	La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de las bombas de molienda en una planta minera	RCM Dimensiones: Metodología RCM	1. Tipo de investigación Aplicada 2. Enfoque de la investigación Cuantitativa 3. Nivel de la investigación Explicativa 4. Diseño de la investigación Pre experimental
Problemas específico	Objetivo específico	Hipotesis específicas	Variable dependiente	
¿De que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera?	Determinar de que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera	La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento correctivo de las bombas de molienda en una planta minera	Costo de mantenimiento	5. Técnica de recolección de datos Análisis documental Observación directa
¿De que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera?	Determinar de que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera	La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento preventivo de las bombas de molienda en una planta minera	Dimensiones: Costo de mantenimiento correctivo Costo de mantenimiento preventivo Costo de mantenimiento predictivo	6. Instrumentos Manual de operación del equipo Diagrama del proceso de molienda Normas aplicables SAE JA1011 y SAE JA1012 SAP ERP HAWA, modulo PM Catalogación de repuestos y presupuesto Indicadores de costos de mantenimiento
¿De que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera?	Determinar de que manera la implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera	La implementación de RCM reduce el costo de mantenimiento predictivo de las bombas de molienda en una planta minera	Costo de mantenimiento predictivo	7. Población Bomba 130A y 130B
				8. Muestreo No probabilístico, por juicio
				10. Análisis dato Se utilizara el paquete estadístico SPSS

ANEXOS

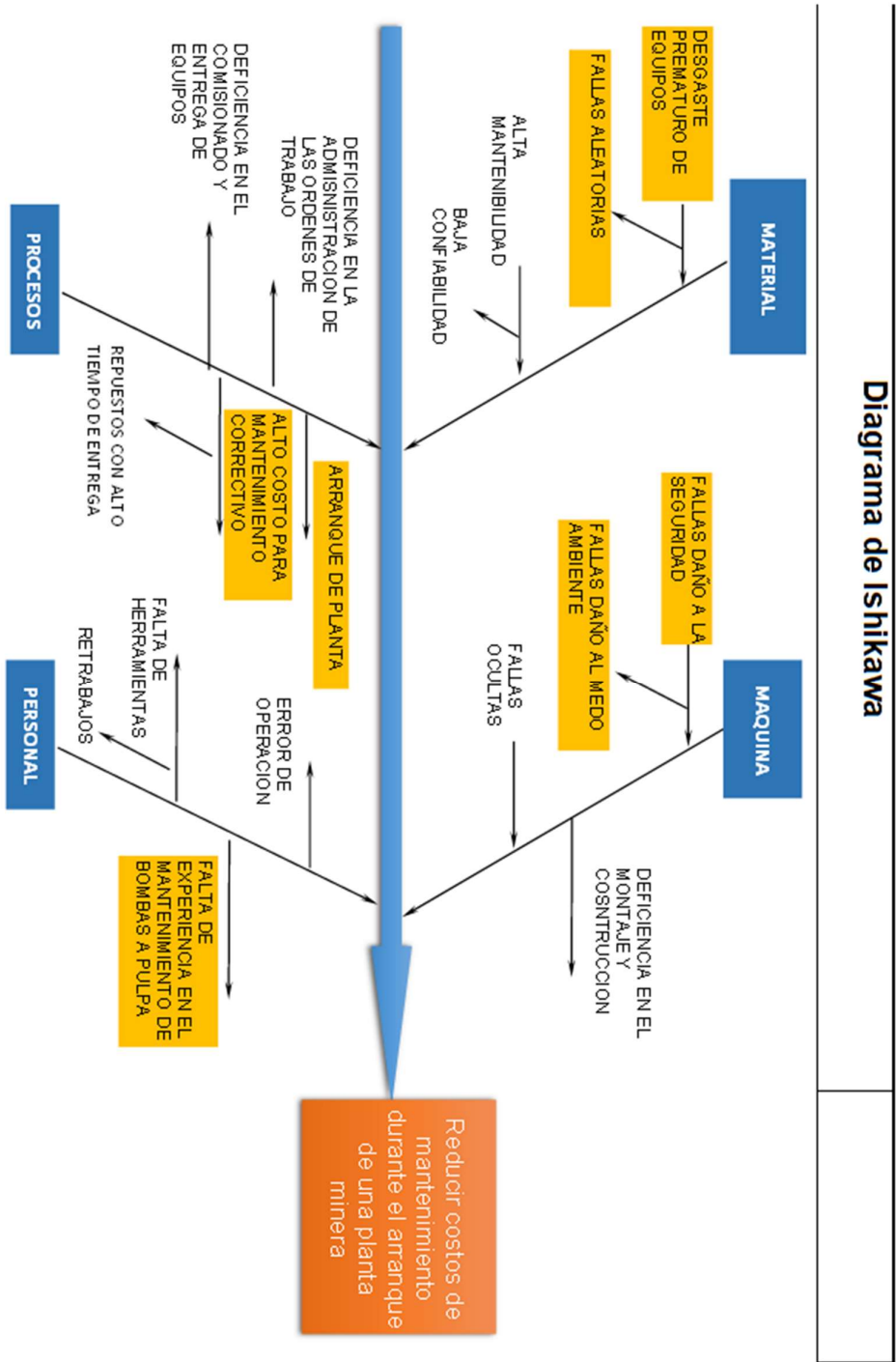
- Matriz de consistencia

IMPLEMENTACION DE RCM PARA REDUCIR EL COSTO DE MANTENIMIENTO DE LAS BOMBAS DE MOLIENDA EN UNA PLANTA MINERA

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Indice	Metodo y Técnica
MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD	Se define como proceso utilizado para determinar que se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual (Uhlen Moudrey, 2000)	Mediante la aplicación de la metodología, obtenemos un listado de tareas que se deben aplicar con la finalidad de minimizar las consecuencias de las fallas y así obtener costos óptimos en la mantención del equipo	Contexto operacional	Diagrama fisico de entrada y salidas	Parámetros operativos del equipo	Hipótesis – deductivo Observación directa
			Análisis modo de fallas y sus efectos	Hoja de información RCM	AMIEF	Hipótesis – deductivo Observación directa
			Diagrama de decisión del RCM	Hoja de decisión RCM	Cantidad de Tareas de mantenimiento	Hipótesis – deductivo Observación directa
COSTO DE MANTENIMIENTO	Los costos de mantenimiento pueden componerse de la suma de todos los gastos que se requieran para la aplicación y su desempeño, durante un periodo de tiempo. Pilar 5 5.1.1 Costo de mantenimiento correctivo 5.1.3 Costo de mantenimiento preventivo 5.1.5 Costo de mantenimiento basado en la condición (SNMP MEJORES PRACTICAS, STA, 2023)	Se calculará los costos directos de mantenimiento para la bomba de molinera, tales como la mano de obra, materiales y servicios que este equipo requiere para su mantenimiento.	Costo de mantenimiento correctivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento correctivo	\sum Costo correctivo/ \sum Costo total	Hipótesis – deductivo Análisis documental
			Costo de mantenimiento preventivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento preventivo	\sum Costo preventivo/ \sum Costo total	Hipótesis – deductivo Análisis documental
			Costo de mantenimiento predictivo	Porcentaje del Costo de mantenimiento predictivo	\sum Costo predictivo/ \sum Costo total	Hipótesis – deductivo Análisis documental

- Operacionalización de variables

- Diagrama de Ishikawa



- Carta de acuerdo de resultados de la implementación

Lima, 06 de abril del 2024

Srs Jurado:

De acuerdo a lo revisado con el asesor Dr. Abel Tapia Díaz, se quedó en incluir a 6 meses los resultados de la implementación, dado que el jurado recomendó mostrar los resultados de 6 meses en la sustentación de enero 2024.


.....
CESAR GALVAN
.....


.....
ABEL TAPIA

• Listado de equipos críticos, 201 equipos

Level	Equipo	Denominación de la ubicación técnica	Control de equipos	Ubicación de planta	PREC 1	IO.6.5	CR.6.2	RE.6.1	IA.6.1	IC.6.1	A	B	Criticidad Valor	Jerarquia Dono
6	3140-CVB115	Conveyor Belt to Scrubber	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
7	3140-FEE105	CRUSHED ORE APRON FEEDER	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
20	3145-GSP120	SCRUBBER'S GEAR SPRAY	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
28	3145-LUB120A	SCRUBBER'S LUBRICATION SYSTEM - HIGH PRESSURE PUMP N 1	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
29	3145-LUB120B	SCRUBBER'S LUBRICATION SYSTEM - HIGH PRESSURE PUMP N 2	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
30	3145-LUB120C	SCRUBBER'S LUBRICATION SYSTEM - LOW PRESSURE PUMP N 1	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
31	3145-LUB120D	SCRUBBER'S LUBRICATION SYSTEM - LOW PRESSURE PUMP N 2	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
33	3145-LUB120F	SCRUBBER'S LUBRICATION SYSTEM - HEAT EXCHANGER	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5	156	ALTIMENTE CRITICO
34	3145-CHU140	RETRACTABLE FEED CHUTE FOR SCRUBBER	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
36	3145-CVB120	Conveyor Belt# Oversize Mineral	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
37	3145-CVB125	Conveyor Belt# Oversize Mineral	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
38	3145-CVB130	Conveyor Belt# Missize Mineral	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
42	3145-MCL101	Centro de Control de Motores	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
43	3145-ML120	SCRUBBER	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
44	3145-ML120A	SCRUBBER - MAIN BODY	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
45	3145-ML120B	SCRUBBER - MAIN MOTOR	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
46	3145-ML120C	SCRUBBER - MAIN MOTOR BLOWER (10 HP)	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
47		CHILLER MOTOR A (20 HP)	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
48		CHILLER MOTOR B (25 HP)	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
49		COOLING TOWER MOTOR (10 HP)	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
50		MAIN CENTRIFUGAL PUMP (25 HP)	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
51	3145-ML120-M	Motors, medium voltage, inverter rated, 4000 hp, 4000 V, for Scrubber	1	9	3	5	5	1	1	1	27	3.8	192.6	ALTIMENTE CRITICO
53	3145-RED120	SCRUBBER'S REDUCER	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
54	3145-RED120A	SCRUBBER'S REDUCER MAIN BODY	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
55	3145-RED120B	SCRUBBER'S REDUCER - OIL PUMP	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
56	3145-RED120C	SCRUBBER'S REDUCER - FAN	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
59	3145-SCR120	Scrubber discharge screen	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
60	3145-SCR120 Temp	Scrubber discharge screen	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
62	4110-BAT101	Banco de Baterias	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
63	4110-BCH101	Rectificador y Cargador de Baterias	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
64	4110-BN135	HYDROCUCIONES SCREEN TRASH BIN	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
73	4110-COM020A	AIR COMPRESSOR A	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
74	4110-COM020B	AIR COMPRESSOR B	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
76	4110-DPJ101	Tablero de Distribución de Energía No Estabilizada	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
77	4110-DPU101	Tablero de Distribución de Energía Estabilizada	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
80	4110-FDU101	Fiber Optical Distribution Unit	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
83	4110-GSP125	BALL MILL'S GEAR SPRAY	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
84	4110-GSP125A	BALL MILL'S GEAR SPRAY AIR TRANSFER PUMP	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
85	4110-GSP125B	BALL MILL'S GEAR SPRAY AIR LANCE	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
86	4110-INC125	BALL MILL'S INCHING DRIVE	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
87	4110-INC125A	BALL MILL'S INCHING DRIVE CLUTCH	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
88	4110-INC125B	BALL MILL'S INCHING DRIVE REDUCER	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
89	4110-INC125C	BALL MILL'S INCHING DRIVE MOTOR	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
90	4110-LPA101	Tablero de Sistema de Alumbrado y Tomacorrientes	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
91	4110-LPA102	Tablero de Sistema de Alumbrado y Tomacorrientes	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
92	4110-LUB125	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
93	4110-LUB125A	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - HIGH PRESSURE 1	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
94	4110-LUB125B	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - HIGH PRESSURE 2	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
95	4110-LUB125C	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - LOW PRESSURE 1	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
96	4110-LUB125D	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - LOW PRESSURE 2	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
97	4110-LUB125E	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - OIL TANK	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
98	4110-LUB125F	BALL MILL'S LUBRICATION SYSTEM - HEAT EXCHANGER	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
99	4110-MCL101	Centro de Control de Motores	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
100	4110-ML125	BALL MILL	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
101	4110-ML125A	BALL MILL - MAIN BODY	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
102	4110-ML125B	BALL MILL - MAIN MOTOR	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
103	4110-ML125C	BALL MILL - MAIN MOTOR BLOWER	1	9	3	5	7	1	1	1	27	4.2	153.4	ALTIMENTE CRITICO
106	4110-PDS101	Sistema de Distribución	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
107	4110-PPP130A	Cyclone Feed Pump A VFD	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
110	4110-PPP130B	Cyclone Feed Pump B VFD	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
114	4110-RED125	BALL MILL'S REDUCER	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
115	4110-RED125A	BALL MILL'S REDUCER MAIN BODY	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
116	4110-RED125B	BALL MILL'S REDUCER - OIL PUMP	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
117	4110-RED125C	BALL MILL'S REDUCER - FAN	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
121	4110-SCR125	BALL MILL'S TROMMEL SCREEN	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
123	4110-SGH101	Switchgear de Media Tensión 22.9 kV	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
124	4110-SGM101	Switchgear de Media Tensión 4.16 kV	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
125	4110-UPS101	UPS 25 Kva 208y-120 V	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
126	4110-US101	UNIT SUBSTATION	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
127	4110-VFD100	Variable frequency drive, medium voltage, w/synch-transfer	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
128	4110-XFL101	Transformador Seco	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
129	4110-XFL102	Transformador Seco	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
130	4110-XFL101	Transformador Seco	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
131	4110-XFL102	Transformador Seco	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
132	4110-XT101	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA ONAN / ONAF 10/12 MV	1	9	5	9	1	1	1	1	45	5	225	ALTIMENTE CRITICO
133	4125-AG010	Agitator -Grinding Flocculant Mixing	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
139	4125-FEB010	Feeder-Grinding Flocculant Mixing System	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
140	4125-MCL101	Centro de Control de Motores	1	9	5	5	1	1	1	1	45	3	156	ALTIMENTE CRITICO
141	4125-PPM012A	Pump A -Grinding Flocculant Metering	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
143	4125-PPP011	Pump -Grinding Flocculant Transfer	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
144	4125-PPQ020A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
146	4125-PPQ025A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
150	4125-PPR-030A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
152	4125-PPR-031A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
154	4125-PPR-032A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
156	4125-PPP160A	THICKENER UNDERFLOW CENTRIFUGAL PUMP	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
158	4125-PPP170A	Water Centrifugal Pumps	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
163	4125-THK160	Grinding Thickener	1	9	3	9	7	1	1	1	27	6.2	187.4	ALTIMENTE CRITICO
169	4131-AG1120	CI Tank Agitator N° 1	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
170	4131-AG1125	CI Tank Agitator N° 2	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
171	4131-AG1130	CI Tank Agitator N° 3	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
172	4131-AG1135	CI Tank Agitator N° 4	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
173	4131-AG1140	CI Tank Agitator N° 5	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
174	4131-AG1145	CI Tank Agitator N° 6	1	9	3	9	5	1	1	1	27	5.8	156.6	ALTIMENTE CRITICO
175	4131-ATL101	Panel de Transferencia	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
176	4131-BAT101	Banco de Baterias	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
177	4131-BCH101	Rectificador y Cargador de Baterias	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	ALTIMENTE CRITICO
188	4131-COM020A	INSTRUMENTATION AIR COMPRESSOR A	1	9	3	9	3	1	1	1	27	5.4	145.8	

Level	Equipo	Denominación de la ubicación técnica	Control	Uso	FREC 1	IO 0.5	CR 0.2	IS 0.1	IA 0.1	IC 0.1	A	B	Criticidad Valor	Jerarquia Donor
195	4131-DPU101	Tablero de Distribucion de Energía Esatabilizada	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
200	4131-LPA101	Tablero de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
201	4131-MCL101	Centro de Control de Motores	1	0	5	5	1	1	1	1	45	3	135	ALTAMENTE CRITICO
202	4131-MCL102	Centro de Control de Motores	1	0	5	5	1	1	1	1	45	3	135	ALTAMENTE CRITICO
205	4131-PPM115A	Cyanide Metering Pump A VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
206	4131-PPM115A	Cyanide Metering Pump A	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
209	4131-PPP120	Carbon Transfer Pump 1	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
210	4131-PPP125	Carbon Transfer Pump 2	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
211	4131-PPP130	Carbon Transfer Pump 3	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
212	4131-PPP135	Carbon Transfer Pump 4	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
213	4131-PPP140	Carbon Transfer Pump 5	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
214	4131-PPP145	Carbon Transfer Pump 6	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
215	4131-PPP150	Carbon Pump for Safety Carbo	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
217	4131-PPP155A	SLURRY PUMP CYCLONES FEED	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
220	4131-PPP165	LOADED CARBON PUMP	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
221	4131-PPP170	CIL TANK TRANSFER PUMP	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
222	4131-PPP175A	Gland Seal Water Pump VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
225	4131-PPP180A	HYDRATED LIME PUMP A	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
243	4131-SCR150	Carbon Safety screen	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
246	4131-SCR160	Feed carbon screen	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
249	4131-SCR165	Loaded carbon screen	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.8	150.0	ALTAMENTE CRITICO
259	4131-UPS101	UPS 15KVA	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
260	4131-US101	UNIT SUBSTATION	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
261	4131-XFI101	Transformador Seco	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
262	4131-XFI102	Transformador Seco	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
263	4131-XFL101	Transformador Seco	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
264	4132-AG015	Agitator -CIL Residue Flocculant Mixing	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
265	4132-AG115	Filter Feed Tank Agitator N°1	1	0	3	0	3	1	1	1	27	3.8	102.0	ALTAMENTE CRITICO
266	4132-AG116	Filter Feed Tank Agitator N°2	1	0	3	0	3	1	1	1	27	3.8	102.0	ALTAMENTE CRITICO
267	4132-AG160	Tank Filtrate CIL Residue Agitator	1	0	3	0	3	1	1	1	27	3.8	102.0	ALTAMENTE CRITICO
268	4132-ATL101	Panel de Transferencia	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
269	4132-BAT101	Banco de Baterias	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
270	4132-BCH101	Rectificador y Cargador de Baterias	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
271	4132-SM015	Bin -CIL Residue Flocculant Mung System	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
290	4132-COM020	COMPRESSOR No. 1	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
297	4132-COM025	COMPRESSOR No. 2	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
298	4132-COM030	COMPRESSOR No. 3	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
309	4132-DPJ101	Tablero de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
310	4132-DPU101	Tablero de Distribución de Energía	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
315	4132-FEE015	Feeder -CIL Residue Flocculant Mung System	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
319	4132-FIL125	FILTER No. 1 CIL RESIDUE	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
320	4132-FIL130	FILTER No. 2 CIL RESIDUE	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
321	4132-FIL135	FILTER No. 3 CIL RESIDUE	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
322	4132-FIL145	FILTER No. 4 CIL RESIDUE	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
325	4132-HYS125	HYDRAULIC UNIT FILTER No. 1	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
326	4132-HYS130	HYDRAULIC UNIT FILTER No. 2	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
327	4132-HYS135	HYDRAULIC UNIT FILTER No. 3	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
328	4132-HYS145	HYDRAULIC UNIT FILTER No. 4	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
334	4132-LPA102	Tablero Electronico de Instrumentación	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
335	4132-MCL101	Centro de Control de Motores	1	0	5	5	1	1	1	1	45	3	135	ALTAMENTE CRITICO
336	4132-MCL102	Centro de Control de Motores	1	0	5	5	1	1	1	1	45	3	135	ALTAMENTE CRITICO
337	4132-MCL103	Centro de Control de Motores	1	0	5	5	1	1	1	1	45	3	135	ALTAMENTE CRITICO
338	4132-PDS101	Sistema de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
339	4132-PPM017A	Pump A -CIL Residue Flocculant Metering	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
341	4132-PPP016	Pump -CIL Residue Flocculant Transfer	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
342	4132-PPP105A	CIL RESIDUE TICKEN	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
343	4132-PPP105A U/F	Thickener CIL Residue P	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
346	4132-PPP110A	CIL Residue Thickener D/F P	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
347	4132-PPP110A	Water Centrifugal Pumps	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
354	4132-PPP116A	Seal Water Pump A VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
365	4132-PPP116A	Water Centrifugal Pumps	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
364	4132-PPP125	Filter Feed Pump No 1 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
365	4132-PPP125	Filter Feed Pump N°1	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
366	4132-PPP126	Filter Feed Pump No 2 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
367	4132-PPP126	Filter Feed Pump N°2	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
368	4132-PPP127	Filter Feed Pump No 3 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
369	4132-PPP127	Filter Feed Pump N°3	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
370	4132-PPP135	Filter Feed Pump No 4 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
371	4132-PPP135	Filter Feed Pump N°4	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
372	4132-PPP136	Filter Feed Pump No 5 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
373	4132-PPP136	Filter Feed Pump N°5	1	0	3	0	3	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
374	4132-PPP137	Filter Feed Pump No 6 VFD	1	0	3	0	3	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
375	4132-PPP137	Filter Feed Pump N°6	1	0	3	0	3	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
376	4132-PPP160A	CIL RESIDUE FILTRATE PUMP	1	0	3	0	3	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
401	4132-SGH101	Switchgear de Media Tensión	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
402	4132-SGL101	Switchgear de Baja Tensión	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
403	4132-SGL102	Switchgear de Baja Tensión	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
404	4132-SGM101	Switchgear de Media Tensión	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
414	4132-TX101	Transformador Seco	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
415	4132-UPS101	UPS 15 KVA	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
416	4132-US101	UNIT SUBSTATION	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
417	4132-US102	UNIT SUBSTATION	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
418	4132-XFI101	Transformador Seco	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
419	4132-XFI102	Transformador Seco	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
420	4132-XFL101	Transformador Seco	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
421	4132-XFL102	Transformador Seco	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
422	4132-XTR103	TRANSFORMADOR TRIFASICO DE POTENCIA ONAN 2.5 MVA (Kv=1) Z	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
424	6130-BAT101	Banco de Baterias	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
425	6130-BCH101	Rectificador y Cargador de Baterias	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
426	6130-CBH101	Crout Breaker	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
427	6130-CSW100	Crout Switcher	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
428	6130-DPA101	Tablero de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
429	6130-DPJ101	Tablero de Distribución de Energía	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
430	6130-DPU101	Tablero de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
434	6130-PDS101	Sistema de Distribución	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO
436	6130-SGH101	Switchgear de Media Tensión	1	0	3	5	7	1	1	1	27	4.2	113.4	ALTAMENTE CRITICO
437	6130-UPS101	UPS 15 KVA	1	0	5	5	1	1	1	1	45	5	225	ALTAMENTE CRITICO
438	6130-XFL101	Transformador Seco	1	0	3	0	3	1	1	1	27	5.4	145.0	ALTAMENTE CRITICO

- Base de datos para el cálculo de los costos de mantenimiento

Hoja de resumen de los calculos de mantenimiento

Con RCM					Sin RCM				
Mes	Costo Correctivo \$/	Costo Preventivo \$/	Costo Predictivo \$/	Costo Total \$/	Mes	Costo Correctivo \$/	Costo Preventivo \$/	Costo Predictivo \$/	Costo Total \$/
Ago-23	756.00	518.00	448.00	1,722.00	Ago-23	7,396.00			7,396.00
Set-23	1,730.20	630.00	434.00	2,794.20	Set-23	12,638.00			12,638.00
Oct-23	7,616.00	966.00	672.00	9,254.00	Oct-23	34,090.00			34,090.00
Nov-23	2,515.60	966.00	1,344.00	4,825.60	Nov-23	35,936.00			35,936.00
Dic-23	1,120.00	280.00	588.00	1,988.00	Dic-23	377,494.00			377,494.00
Ene-24	252.00	58,253.52	364.00	58,869.52	Ene-24	98,068.00			98,068.00
	13,989.80	61,613.52	3,850.00	79,453.32		565,622.00			565,622.00

Con RCM			
Mes	Costo Correctivo \$/	Costo Total \$/	Costo correctivo/Costo total
Ago-23	756.00	1,722.00	44%
Set-23	1,730.20	2,794.20	62%
Oct-23	7,616.00	9,254.00	82%
Nov-23	2,515.60	4,825.60	52%
Dic-23	1,120.00	1,988.00	56%
Ene-24	252.00	58,869.52	0%
	13,989.80	79,453.32	18%

Con RCM			
Mes	Costo Preventivo \$/	Costo Total \$/	Costo preventivo/Costo total
Ago-23	518.00	1,722.00	30%
Set-23	630.00	2,794.20	23%
Oct-23	966.00	9,254.00	10%
Nov-23	966.00	4,825.60	20%
Dic-23	280.00	1,988.00	14%
Ene-24	58,253.52	58,869.52	99%
	61,613.52	79,453.32	78%

Con RCM			
Mes	Costo Predictivo \$/	Costo Total \$/	Costo predictivo/Costo total
Ago-23	448.00	1,722.00	26%
Set-23	434.00	2,794.20	16%
Oct-23	672.00	9,254.00	7%
Nov-23	1,344.00	4,825.60	28%
Dic-23	588.00	1,988.00	30%
Ene-24	364.00	58,869.52	1%
	3,850.00	79,453.32	5%

Equipo		Costo \$/
Tag. 4110-PPF130AB, Cyclone Feed		504,389.38
Costo de mantenimiento total		79,453.32
		3%

Base de datos - simulación costos correctivos

Actividades Correctivas	Horas Hombre	Costo HH \$/	Mes	Costo Total \$/
Reparacion de motor por vibracion o engrase	48	1344	Ago-23	26694.0
Reparacion de motor por vibracion o engrase	48	1344	Set-23	26694.0
Reparacion de motor por vibracion o engrase	48	1344	Oct-23	26694.0
Reparacion de motor por vibracion o engrase	48	1344	Nov-23	26694.0
Reparacion mayor de motor, rebobinado, falla po sobrecorriente		0	Dic-23	68250.0
Reparacion de variador, falla por sobrecalentamiento		0	Dic-23	42900.0
Cambiar de motor 250 HP	24	672	Dic-23	195672.0
Cambiar portarodamiento	24	672	Dic-23	70672.0
Cambiar correas transmicion	8	224	Set-23	1846.0
Cambiar correas transmicion	8	224	Nov-23	1846.0
Maquinado de Poleas transmicion	32	896	Set-23	3396.0
Relleno de grasa y cambio de rodamientos en portarodamiento	32	896	Ago-23	7396.0
Relleno de grasa y cambio de rodamientos en portarodamiento	32	896	Set-23	7396.0
Relleno de grasa y cambio de rodamientos en portarodamiento	32	896	Oct-23	7396.0
Relleno de grasa y cambio de rodamientos en portarodamiento	32	896	Nov-23	7396.0
Relleno de grasa y cambio de rodamientos en portarodamiento	32	896	Ene-24	7396.0
Cambiar revestimientos y reparar carcasa	24	672	Ene-24	90672.0

- Hoja de registro de la bomba Molienda

BOMBA DE ALIMENTACION A CICLONES		
UBICACIÓN TÉCNICA	BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP130A	Versión: 1.0
Fecha recopilación de datos	30-Abr	

1. DATOS GENERALES		IMAGEN
Denominación de activo	BOMBA ALIMENTACION A LOS CICLONES	
Descripción		
Descripción Proceso		
Área	MOLIENDA	
Código SAP	90000213	
Código Contable		
Código de inventario		
Familia de equipo	BOMBAS	
TAG / N° de Activo	4110-PPP-130A	
Fecha de instalación / Operación	28/07/2023	
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendedor		

2. REGISTRO TÉCNICO DEL EQUIPO			
Marca	SHURCO	Dimensiones(m)	
Modelo	12S250	Succión (In)	12 In
Tipo	CENTRIFUGO	Descarga (In)	10 In
Serie	2208283B1	OBSERVACIONES:	
Capacidad	1181m3/h, 20.6m		
Orden de compra	4500005140		

4. REGISTRO TÉCNICO DE COMPONENTES ELECTRICOS		
NOMBRE DEL COMPONENTE	VARIADOR DE VELOCIDAD	IMAGEN
Denominación de activo	VARIADOR DE VELOCIDAD	
Marca	TOSHIBA	
Código SAP		
Placa		
Modelo	T300MV2	
Serie		
Tipo		
TAG / N° de Activo	4110-VDF-130A	
Fecha de instalación / Operación		
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendedor		

5. REGISTRO TÉCNICO DE COMPONENTES ELECTRICOS		
NOMBRE DEL COMPONENTE	MOTOR ELECTRICO	IMAGEN
Denominación de activo	MOTOR DEL MOTOR	
Fabricante	ABB	
Frame	N5010	
Serie	2021343/5	
Serie No	A50-0002511	
Voltaje	2300/4000	
Amperaje	70/40	
Frecuencia	60 HZ	
RPM	1131	
Potencia	250 HP	
Rodamientos	NU324/6322	
Peso	5250 kg	
Código SAP		
TAG / N° de Activo		
Fecha de instalación / Operación		
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendedor		

TABLERO CONTROL		
NOMBRE DEL COMPONENTE	BOTONERA	IMAGEN
Denominación de activo	BOTONERA	
Marca		
Tipo		
Serie		
Fabricante		
Ref.		
TAG / N° de Activo	4110-HSPPP-130A	
Fecha de instalación / Operación		

BOMBA DE ALIMENTACION A CICLONES		
UBICACIÓN TECNICA	BO-2345-02-PT06-01-4110-PPP130B	Versión: 1.0
Fecha recopilación de datos	30-Abr	

1. DATOS GENERALES		IMAGEN
Denominación de activo	BOMBA ALIMENTACION A LOS CICLONES	
Descripción		
Descripción Proceso		
Área	MOLIENDA	
Código SAP	90000214	
Código Contable		
Código de Inventario		
Familia de equipo	BOMBAS	
TAG / N° de Activo	4110-PPP-130B	
Fecha de Instalación / Operación	28/07/2023	
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendor		

2. REGISTRO TECNICO DEL EQUIPO			
Marca	SHURCO	Dimensiones(m)	
Modelo	12S250	Succión (In)	8 In
Tipo	CENTRIFUGO	Descarga (In)	12 In
Serie	2208283B1	OBSERVACIONES:	
Capacidad	1181m3/h, 20.6m		
Orden de compra	450005140		

4. REGISTRO TECNICO DE COMPONENTES ELECTRICOS		
NOMBRE DEL COMPONENTE	VARIADOR DE VELOCIDAD	IMAGEN
Denominación de activo	VARIADOR DE VELOCIDAD	
Marca	TOSHIBA	
Código SAP		
Placa		
Modelo	T300MV2	
Serie		
Tipo		
TAG / N° de Activo	4110-VDF-130B	
Fecha de Instalación / Operación		
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendor		

5. REGISTRO TECNICO DE COMPONENTES ELECTRICOS		
NOMBRE DEL COMPONENTE	MOTOR ELECTRICO	IMAGEN
Denominación de activo	MOTOR DEL MOTOR	
Fabricante	ABB	
Frame	N5010	
Serie	2021343/4	
Serie No	A50-0002511	
Voltaje	2300/4000	
Amperaje	70/40	
Frecuencia	60 HZ	
RPM	1191	
Potencia	250 HP	
Rodamientos	NU324/6322	
Peso	5250 kg	
Código SAP		
TAG / N° de Activo		
Fecha de Instalación / Operación		
N° Planos de Ingeniería		
Información del vendor		

5. REGISTRO TECNICO DE COMPONENTES ELECTRICOS		
NOMBRE DEL COMPONENTE	TABLERO CONTROL	IMAGEN
Denominación de activo	BOTONERA	
Marca		
Tipo		
Serie		
Fabricante		
Ref.		
TAG / N° de Activo	4110-HSPPP-130A	
Fecha de Instalación / Operación		
N° Planos de Ingeniería		

- Hoja de información de RCM, AMEF

FAILURE MODE ANALYSIS WORKSHEET				Description			Made By		Date		
				BOMBA ALIMENTACION A CICLONES			C GALVAN		Mar-23		
				4110-PU-0130A/0130B			Review By		Date		
							0		03/01/23		
F	E	FMP	FMRI	Failure mode potencial	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7
1	A	2	1	Ostruccion del impulsor	Frecuencia de materiales estruccion	Falla de equipos aguas arriba					
1	A	2	2			Residuos dejados en áreas de mantenimiento	Malas practicas de mantenimiento				
1	A	2	3	Alta densidad de pulpa		Falta de agua de procesos arriba	Falta de equipos aguas arriba				
1	A	2	4			Mala operación	Falta de instrucción a operadores				
1	A	2	5		Alineamiento	Mala operación	Falta de instrucción a operadores				
1	A	2	6		Sobretamaño del mineral	Falla de equipos aguas arriba	Falta de instrucción a operadores				
1	A	2	7			Mala operación	Falta de instrucción a operadores				
1	A	2	8		Sobrecarga	Mala operación	Falta de instrucción a operadores				
1	A	4	1	Fugas en el sello de agua	Desgaste del anillo interno-tring	Baja/alta presioncaudal de agua de sellos	Falta de suministro de agua de sellos				
1	A	4	2			Contaminantes en el agua de sello	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	3		Desgaste de boquias	Baja/alta presioncaudal de agua de sellos	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	4			Contaminantes en el agua de sello	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	5		Desgaste del eje	Baja/alta presioncaudal de agua de sellos	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	6			Contaminantes en el agua de sello	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	7		Desgaste de estopos	Baja/alta presioncaudal de agua de sellos	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	4	8			Contaminantes en el agua de sello	Falta en suministro de agua de sellos				
1	A	5	1	Fuga de pulpa en la carcaza	Desgaste de empaquetaduras	Ajuste excesivo de pernos	Procedimiento de ajuste inadecuado				
1	A	5	2			Ajuste inadecuado de pernos	Procedimiento de ajuste inadecuado				
1	A	5	3		Soltura de pernos de ajuste	Poco acabado superficial en carcaza	Mala calidad del equipo				
1	A	5	4			Daños en la carcaza	Abrasion				
1	A	5	5			Desgaste de empaquetaduras	Abrasion				
1	A	5	6				Cavitacion				
1	A	5	7								
1	A	6	1	Falta del impulsor	Desgaste del impulsor	Abrasion	Naturaleza de la pulpa				
1	A	6	2			Cavitacion	Valvula de succion parcialmente cerrada				
1	A	6	3				Acumulacion de material en tuberia de succion				
1	A	6	4			Corrosion	Mala operación				
1	A	6	5		Costuras del impulsor	Montaje incorrecto del impulsor	Naturaleza de la pulpa				

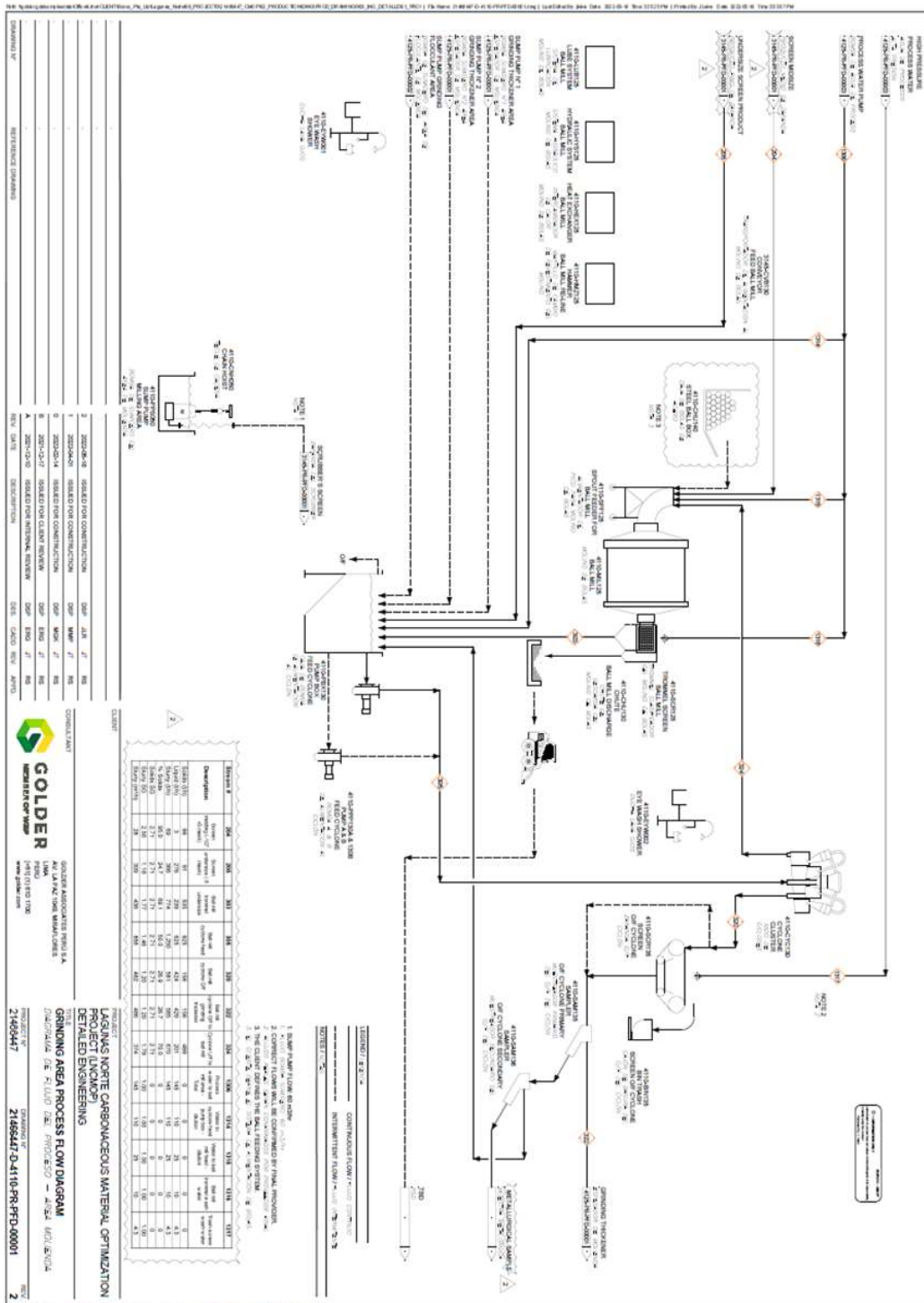
FAILURE MODE ANALYSIS WORKSHEET							Description		Made By		Date
							BOMBA ALIMENTACION A CICLONES		C.GALVAN		Mar-23
							4110-PU-0130A/0130B		Review By		Date
									0		03/01/23
F	FF	FMP	FMR	Failure mode potencial	Level 1	Level 2	Level 3	Level 4	Level 5	Level 6	Level 7
1	A	6	6		Rotura de sellos	Presencia de materiales extraños	Falta de equipos aguas arriba	Malas prácticas de mantenimiento			
1	A	6	7				Rotación defectuosa en lasas de mantenimiento	Malas prácticas de mantenimiento			
1	A	6	8			Cavitación	Valvula de succion por mal montaje	Mala operación			
1	A	6	9				Acumulacion de material en tuberia de succion	Mala operación			
1	A	6	10			Corrosion	Naturalaleza de la pulpa				
1	A	7	1		Falla en portadamiento elementos internos	Falla en los rodamientos					
1	A	7	2								
1	A	7	3		Fuga de lubricante	Fuga de lubricante	Desgaste del sello	Desgaste por uso normal			
1	A	7	4		Contaminacion de lubricante	Lubricante inadecuado	Mal mantenimiento de lubricante	Desgaste por uso normal			
1	A	7	5			Desgaste excesivo de elementos internos	Desgaste por uso normal				
1	A	7	6				Desbalance	Mal montaje			
1	A	7	7				Sobrecarga	Mala operación			
1	A	7	8				Contaminacion normal por uso	Mala operación			
1	A	7	9		Soltura de pernos de fijacion	Ajuste inadecuado de pernos	Fallos de ajuste inadecuado				
1	A	7	10				Poco sellado superficial del portadamiento	Mala calidad del equipo			
1	A	8	1		Falla en acoplamiento		Mal montaje				
1	A	8	2			Desbalance	Sobrecarga	Mala operación			
1	A	8	3			Soltura del acople	Ajuste inadecuado del acople				
1	A	8	4				Mal montaje				
1	A	8	5				Mal montaje				
1	A	8	1		Daños en el eje	Fractura del eje	Mal montaje				
1	A	8	2			Desbalance	Mal montaje				
1	A	8	3			Sobrecarga	Mala operación				
1	A	8	4			Concentracion de esfuerzos	Mal diseño del eje				
1	A	8	5				Mal mecnizado del eje				
1	A	8	6			Fisuras en el eje	Desbalance				
1	A	8	7				Desbalance	Mal montaje			
1	A	8	8				Sobrecarga	Mala operación			
1	A	8	9				Concentracion de esfuerzos	Mal diseño del eje			
1	A	8	10				Mal mecnizado del eje				
1	A	9	1				Mal mecnizado del eje				
1	A	9	2				Fuga de lubricante	Desgaste del sello			
1	A	9	3				Mal mecnizado del eje	Desgaste por uso normal			
1	A	9	4				Lubricante inadecuado	Desgaste por uso normal			
1	A	9	5								
1	A	9	6								
1	A	9	7								
1	A	9	8								
1	A	9	9								
1	A	9	10								
1	A	9	11								
1	A	9	12								

• Recomendaciones para fallas evidentes

FF		FM		FMR		Modos de Falla Potencial		Modo de Falla Raíz (FMR)		Componente		Tareas de mantenimiento		Frecuencia		Tipo de Mantenimiento		Man hours		Recomendaciones	
1	A	2	5	Obstrucción del impulsor		El engranamiento de la bomba		Impulsor		Análisis vibracional		Inspección mecánica		1 semana		Mecánico		60		Ajuste de pernos de anclaje de portadamiento Alineamiento de poleas Relleño de grasa a portadamiento Relleño de grasa a sello expeller Tij de tuberías Tij válvulas alimentación y descarga	
				1	La falla en el anillo interno y/o-ring por desgaste en el sello prensa estópsa		Sello de grasa		Cambio de anillo interno Inspección de sello de agua		4 semanas		Pedicario		10		Mantorno de vibración		Mantorno de temperatura		
				3	La falla en la bocina por desgaste en el sello prensa estópsa		Prensaestópsa		Cambio de bocina		6 meses		Mecánico		30		Revisión de sello de agua		Toma de datos de presión y caudal		
				5	La falla en el eje por desgaste en el mecanismo lado prensa estópsa		Prensaestópsa		Cambio de mecanismo		12 Meses		Mecánico		80		Cambio de portadamiento		Inspección de portadamiento		
				7	La falla en las estópsas por desgaste en el prensa estópsa		Prensaestópsa		Cambio de estópsas		2 meses		Mecánico		20		Reajuste de estópsas				
				5	Fuga de pulpa en la carcasa		La falla en los revestimientos por desgaste normal		Disco de succión		2 meses		Mecánico		80		Cambio de disco de succión		Revisión de disco de succión		
				1			Revestimiento Gland		Cambio de revestimiento rodia		6 meses		Mecánico		120		Cambio de revestimiento Gland		Revisión de revestimiento Gland		
				1			La falla de impulsor por desgaste normal		Impulsor		6 meses		Mecánico		120		Cambio de impulsor		Revisión de impulsor		
				6	Falla del impulsor		La falla causada por el debilitamiento del impulsor		Impulsor		4 semanas		Mecánico		10		Análisis vibracional		Revisión mecánica		
				6			La falla por rotura de alfileres		Impulsor		4 semanas		Mecánico		20		Análisis vibracional		Inspección mecánica		
				7	Falla en portadamiento		La falla en los rodamientos		Mecanismo		4 semanas		Mecánico		10		Análisis vibracional		Inspección mecánica		
				8	Falla en correa de transmisión		Desalineamiento		Transmisión		2 meses		Mecánico		60		Módif tensiono de correas		Inspección mecánica		
				8			Desgaste normal		Transmisión		8 meses		Mecánico		20		Cambiar correa de transmisión				
				1			Desalineamiento		Mecanismo		1 mes		Mecánico		10		Inspección mecánica				
				9	Daño en el eje		Desalineamiento		Mecanismo		1 mes		Mecánico		10		Lectura de presiones succión y descarga				
				11			Mala lubricación		Mecanismo		1 mes		Mecánico		10		Lubricación periódica				
				1			falta en los rodamientos		Motor		18 meses		Eléctrico		120		Cambio de rodamientos		Ejgrase		
				1	Motor eléctrico no funciona.		sobrecarga y/o tiempo de operación		Motor		3 meses		Eléctrico		40		Inspección eléctrica				
				3			tipas dañadas		Variador		1 mes		Eléctrico		20		Limpieza de motor				
				10	Variador de motor eléctrico no funciona		desconfiguración de parámetros		Variador		18 meses		Eléctrico		00		Inspección en saleres especializados				
				2					Variador		1 semana		Eléctrico		10		Revisión de parámetros de operación				
				2					Variador		1 mes		Eléctrico		20		Limpieza de variador y sobrealimentado		Mantenimiento mayor en planta de planta		

RECOMENDACIONES PARA FALLAS EVIDENTES

- Diagrama de flujo de la planta molida



- Hoja de datos de la bomba de molienda

PSSSF-4110-PPP130A/B **PUMP DATA SHEET SCHURCO FORM** 21465447-D-05140-ME-OAS-00004_1



Quote no: EA011922-2 rev2
 Date: 2022-05-11
 Customer Name: Golder Associates Peru SAC

©2022-2023 Schurco Slurry. This data is the property of Schurco Slurry. And must not be reproduced or disclosed without permission in writing. All rights are reserved.

Pump model: 12S250

Rated Duty		System Details			
Rated Flow	4331 US gpm	No. of pumps	1		
Rated Head	67.6 ft	Required Flow	4331 US gpm		
Power Absorbed	199.9 hp	Static Head	27.56 ft		
Pump Efficiency	54.13 %	Total Head	67.6 ft		
NPSH Required	10.8 ft	NPSH Available	17.38 ft		
Speed Head	85.9 ft	Suction Height	0 ft		
<th>Pump Details</th> <td>Discharge Height</td> <td>0 ft</td>		Pump Details	Discharge Height	0 ft	
Curve Number	SC120S01	Discharge Pressure	0 ft		
Impeller number	08F/02G 055 Z0	Friction Head	40.04 ft		
Impeller material	METAL	Friction Loss Model	Hazen-Williams		
Pump suction nozzle	12 in	<th>Slurry Details</th>		Slurry Details	
Pump discharge nozzle	10 in	Solid flow rate	718.6 Tonnes/hr		
Max. speed (rubber liner)	500 rpm	Slurry flow rate	4331 US gpm		
Max. speed (metal liner)	900 rpm	SG solid	2.71		
Impeller type	CLOSED	SG liquid	1		
Number of vanes	5	SG slurry	1.461		
Min. passage	3.39 in	% comp. by weight	50 %		
Vane diameter	30 in	% comp by volume	26.95 %		
<th>Impeller Diameter / Pump Speed</th> <td>Ave. particle size</td> <td>292 microns</td>		Impeller Diameter / Pump Speed	Ave. particle size	292 microns	
Impeller Diameter	30 in	Max particle size	2000 microns		
Pump Speed	538 rpm	Widely graded particles	True		
Minimum Speed	300 rpm	Froth factor	0		
Maximum Speed	900 rpm	Set ER & HR manually	False		
Tip Speed	4223 ft/min	Efficiency ratio	0.787		
Suction Specific Speed	4737	Head ratio	0.787		
<th>Best Efficiency Point (BEP)</th> <td colspan="2"> <th>Electric Motor Details</th> </td>		Best Efficiency Point (BEP)	<th>Electric Motor Details</th>		Electric Motor Details
Pump BEP	55.54 %	Min Power Required	249.9 hp		
Flow at BEP	5404 US gpm	Motor Size	250 hp @ 4100 msnm		
Head at BEP	58.48 ft		4000V / 3ph / 60Hz / 1200 rpm / N5010		
Q _{bep} (% of BEP Flow)	80.14 %				

APPROVAL DOCUMENT

TAQ: 4110-PPP130A/B

APPROVAL SIGNATURE:
 PRINTED NAME AND TITLE:
 DATE:

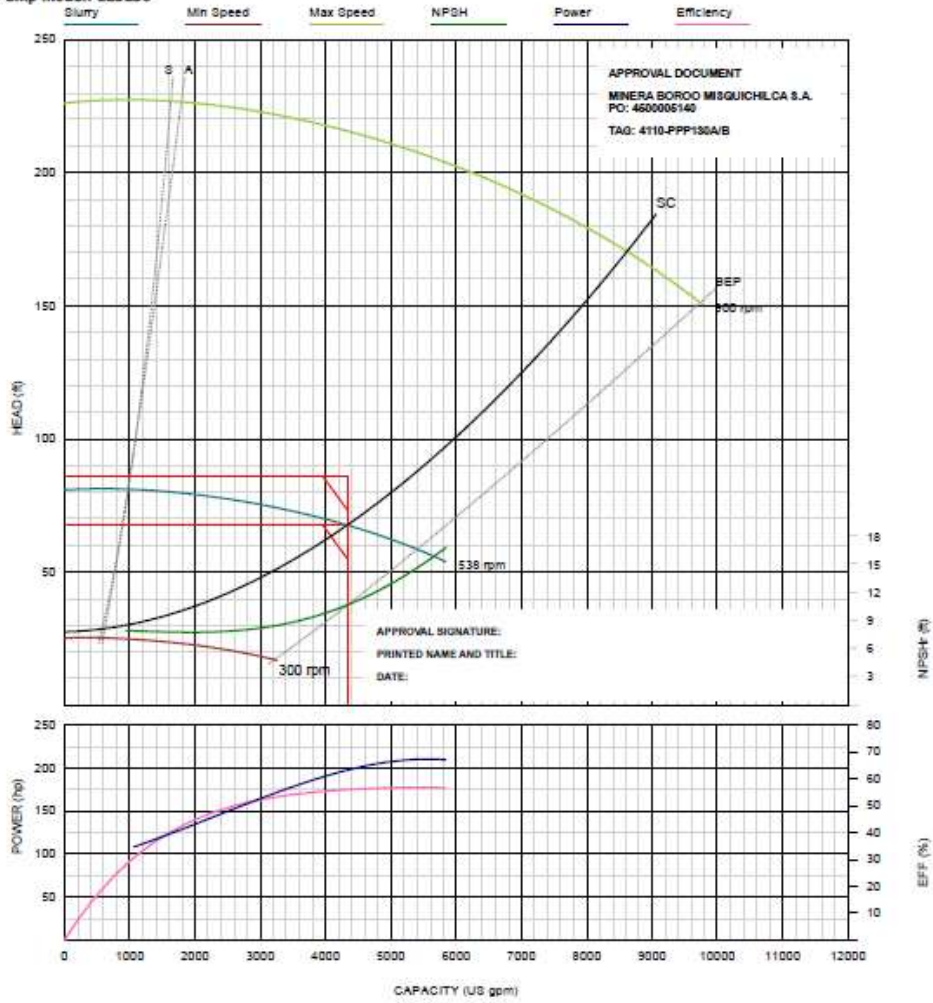
W J GOLDER		
Project #:		
Status codes:	Reviewed (Name and Signature): ML RGV COC	Date: 29-09-22 29-09 30-9-22
<input checked="" type="checkbox"/> Reviewed and accepted as final/certified. Manufacture may proceed.		
<input type="checkbox"/> Reviewed and accepted as acted. Manufacture may proceed. Review and resubmit.		
<input type="checkbox"/> Reviewed and returned. Review and resubmit. Manufacture should not proceed.		
<input type="checkbox"/> Review not required. For information only.		
<input type="checkbox"/> Submit certified copy.		
<small>Any review of technical documents has been limited to general conformance with the project requirements indicated in Purchase Order / Contract Documents and for consistency with the project design concept. This review does not, in any way, relieve the Seller / Contractor from responsibility for errors or omissions in the shop drawings or fix its responsibility to meet all requirements of the Seller / Contractor Documents. The Seller/Contractor remains fully responsible for all details and accuracy, confirming and correlating all quantities and dimensions, fabrication processes, and construction techniques.</small>		



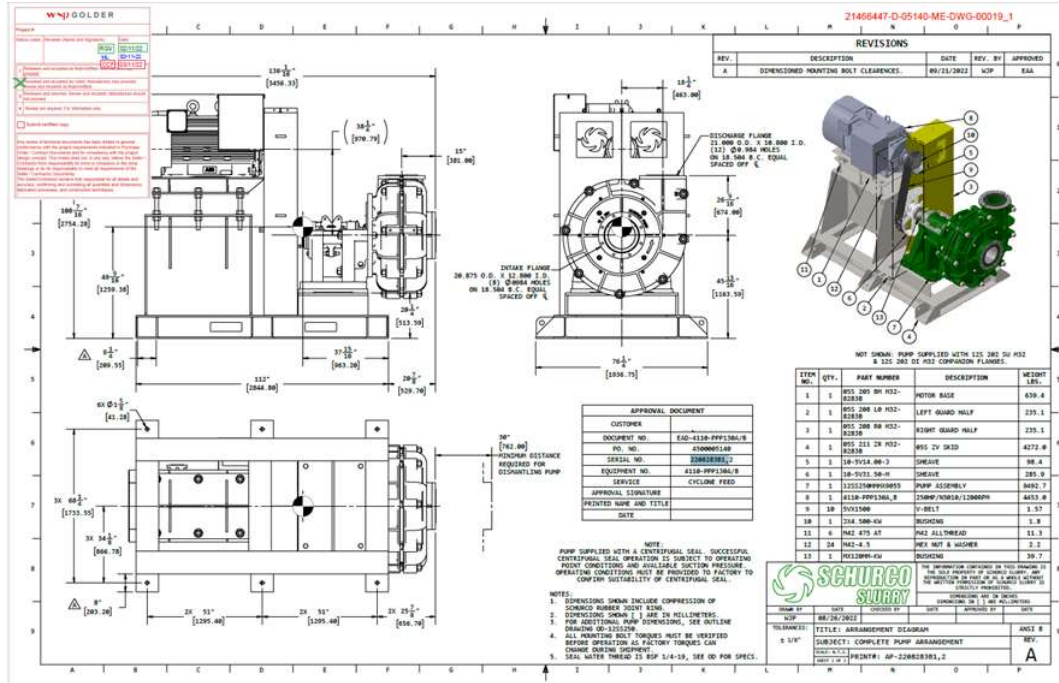
Quote no:	EA011922-2 rev2
Date:	2022-05-11
Customer Name:	Golder Associates Peru SAC
Contact Person:	Lila Oporto
Service:	Pump Cyclones Feed
Customer Ref. No.:	4110-PPP130A/B

©2002-2022 Schurco Slurry. This drawing is the property of Schurco Slurry. And must not be reproduced or disclosed without permission in writing. All rights are reserved. [Rev: 1.44.3.33 / schurco_slurry_curve_44_4_3.kwp]

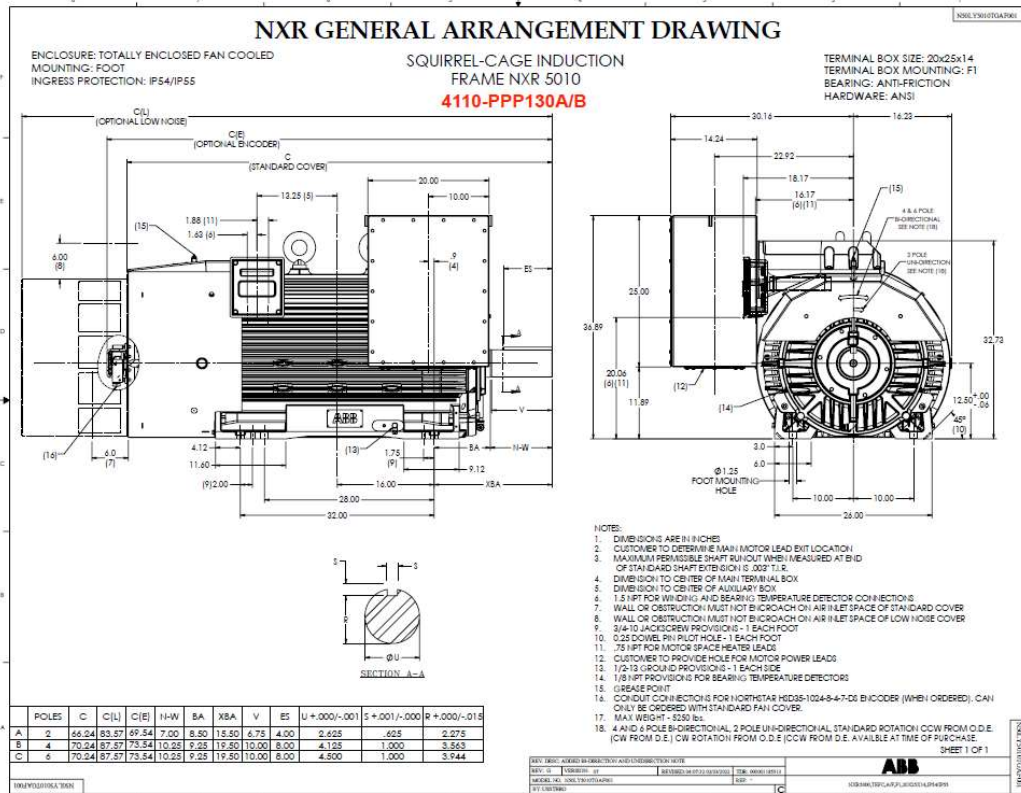
Pump model: 12S250



• Diagrama de la bomba de molinda



• Diagrama del motor de la bomba molinda



- Características del sistema bombeo de la bomba molienda



EQUIPMENT DATA SHEETS - SLURRY PUMPS AREA 1

Lagunas Norte Carbonaceous Material Optimization Project (LNCMOP)

Detailed Engineering

Submitted to:

Golder Associates Perú S.A.
 Av. La Paz 1049 - Piso 7, Miraflores, Lima, Perú
 +51 1 610 1700
 Project: 21466447
 Code N°21466447-D-3145-ME-DAS-00002
 June 21st of 2022

APPROVAL DOCUMENT / PO: 4500005140

TAG: 4110-PPP130A/B

APPROVAL SIGNATURE:


PRINTED NAME AND TITLE:

DATE:


WSP GOLDER		
PROJECT #		
1	<input type="checkbox"/> APPROVED	
2	<input checked="" type="checkbox"/> APPROVED WITH CHANGES NOTED	
3	<input type="checkbox"/> REVISE WITH RESUBMIT	
4	<input type="checkbox"/> REJECTED	
5	<input type="checkbox"/> OTHER	
<small>Any review of technical documents has been limited to general conformance with the project requirements indicated in Purchase Order / Contract Documents and for consistency with the project design intent. This review does not, in any way, release the Seller / Contractor from responsibility for errors or omissions in the shop drawings or for its responsibility to meet all requirements of the Seller / Contract Documents. The Seller / Contractor remains fully responsible for all details and accuracy, conforming and consulting all quantities and dimensions, fabrication processes, and construction techniques.</small>		
Date:	2-9-22	06-09-22
Reviewed by:	M L	RGV
Signature:	[Signature]	


06-09-22
COC

Rev.	Date	Submitted for	Prepared by	Reviewed by	Approved by
A	23/12/2021	Issued for internal review	RG	CA	LL
B	13/01/2022	Issued for review and comments	RG	CA	LL
0	22/04/2022	Issued for construction	RG	CA	LL
1	11/05/2022	Issued for construction	RG	CA	LL
2	21/06/2022	Issued for construction	RG	CA	LL

	EQUIPMENT DATA SHEET SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS	21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2	
		Date: 21 June 2022	Page: 12 of 20

APPROVAL DOCUMENT / PO: 4500005140

PROJECT:	Carbonaceous Material Optimization Project (LNCMOP)	CLIENT:	
		SITE:	La Libertad, Peru
EQUIPMENT TAG (S):	4110-PPP130A/B	NAME:	HYDROCYCLONES FEED PUMPS 
N° OPERATING:	1	N° ON STANDBY:	1
		TOTAL QTY:	2

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
1,	UNIT IDENTIFICATION				
2,	SERVICE		Slurry pumping		
3,	FLUID		Carbonaceous Ore Slurry		
4,	FEED FROM		Cyclone feed pumpbox - 4110-PBX130		
5,	TO EQUIPMENT:		Hydrocyclones cluster-4110-CYC130		
6,	EQUIPMENT FUNCTION:		Slurry pumping to Hydrocyclones Cluster		
7,	EQUIPMENT LOCATION		CCS Grinding Area		
8,	EXISTING USED EQUIPMENT TO CHECK		4120-PUM-001/002		Note 6
9,	RFQ/PO		55-032		Note 7
10,	PROCESS DESCRIPTION				
11,	It will pump slurries from the Cyclone Feed Pump Box - 4110-PBX130 to the Hydrocyclones Cluster - 4110-CYC130. The pumps will operate: one pump running and one in standby.				
12,	SITE CONDITIONS (2)				
13,	PROJECT LOCATION	-	La Libertad - Santiago de Chuco - Quiruvilca		
14,	ALTITUDE	m a.s.l	4100		
15,	TEMPERATURE (MINIMUM / MAXIMUM)	* C	-1.3 to 21.2		
16,	Ambient Pressure	kPa	62		
17,	HUMIDITY AVERAGE	%	72.4		
18,	ENVIRONMENT	-	Wet, dusty		
19,	LOCATION	-	Outdoor		
20,	SEISMIC ZONE	-	Zone 3 (Z=0.35), Soil profile = 51		
21,	OPERATING CONDITIONS				
22,	SLURRY FLOW				
23,	FEED MATERIAL DESCRIPTION	-	Carbonaceous ore slurry		
24,	DESIGN FLOW				
25,	FLOW RATE	m ³ /h	984.3		
26,	SOLIDS MASS FLOW	tpd	15530		
27,	SOLIDS MASS FLOW	tpd	719		
28,	SOLIDS CONTENT	%	50		
29,	SLURRY DENSITY	Kg/m ³	1460		



EQUIPMENT DATA SHEET
SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS

21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2

Date: 21 June 2022

Page: 13 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
30,	TDH	msc	20.6		
31,	OPERATION				
32,	PUMPS IN OPERATION MINIMUM	unit	1		
33,	PUMPS IN OPERATION NOMINAL	unit	1		
34,	PUMPS IN OPERATION MAXIMUM	unit	1		
35,	NPSHA	msc	5.3		
36,	SUCTION ELEVATION	masl	4081.6		
37,	DISCHARGE ELEVATION	masl	4090		
38,	STATIC HEAD	m	8.4		
39,	VAPOR PRESSURE	kPa (abs)	1.23		
40,	TIP VELOCITY	m/s	<28		
41,	OPERATING SCHEDULE	hrs/day	24		
42,	OPERATING SCHEDULE	days/year	365		
43,	NUMBER OF STARTS PER HOUR		<3		
44,	OPEN VALVE START UP:	Yes / No	Yes		
45,	SOLIDS SPECIFIC GRAVITY		2.71		
46,	VISCOSITY (ESTIMATED)	Cp	8		
47,	SOLIDS #50 (APPROXIMATE)	µm	292		
48,	SOLIDS #80 (APPROXIMATE)	µm	777		
49,	pH:		<7-10>		
50,	CYANIDE CONTENT	ppm	100		Note 9
51,	PIPELINE				
52,	PIPE MATERIAL	-	Carbon Steel per ASTM A53 Gr B		
53,	PIPE NPS	inch	14		
54,	PIPE THICKNESS	inch	0.375		
55,	LINING MATERIAL	-	Natural Rubber		
56,	LINING THICKNESS	inch	1		
57,	LENGTH	m	34.9		
58,	SUCTION ACCESSORIES	Qty - Description	1 - 18" KNIFE VALVE 1 - 18X12" ECCENTRIC REDUCTION		
59,	DISCHARGE ACCESSORIES	Qty - Description	1 - 14" KNIFE VALVE 1 - 14"X10" CONCENTRIC REDUCTION 3 - 14" 5D 90° BEND 1 - 14" 5D 45° BEND 1 - 14" TEE		
60,	REQUIREMENTS (4)				
61,	SEAL TYPE		Dry	Expeller Seal (Centrifugal Seal)	TBD
62,	MATERIAL CASING	-	Wear resistant	Casing: SG Iron / Lining Material: White Iron	



EQUIPMENT DATA SHEET
SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS

21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2

Date: 21 June 2022

Page: 14 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
63,	MATERIAL IMPELLER	-	Wear resistant	White Iron	
64,	CAPACITY AND POWER DATA				
65,	PROPOSAL CURVE NO.	-		SC120501	
66,	AT DESIGN FLOW RATE	-			
67,	TOTAL DIFF. HEAD	msc		20.6 m of slurry	
68,	EFFICIENCY	%		54.1 (CORRECTED)	
69,	SHAFT POWER	kW		149.07	
70,	PUMP SPEED	RPM		538	
71,	NPSHR	msc		3.3	
72,	BEST EFFICIENCY POINT	m ³ /h		1228.2	
73,	OPERATING RPM RANGE	-			
74,	FOR RATED IMPELLER:	-			
75,	MAX. POWER	kW		560	
76,	SHUT-OFF HEAD	msc		24.7	
77,	MIN. CONTINUOUS FLOW	m ³ /h		219.2	
78,	MAX. ALLOWABLE SPEED	RPM		900	
79,	SPECIFIC SPEED	-			
80,	SUCTION SPEED	m/s		3.7	
81,	DISCHARGE SPEED	m/s		5.3	
82,	ALLOWABLE OPERATING REGION	-			
83,	GENERAL				
84,	PUMP SIZE	-		12x10	
85,	IMPELLER DIA. MAX/RATED/MIN.mm	-		762/762/762	
86,	MAX. WORKING PRESS.	kPa(g)		2070	
87,	HYDROSTATIC TEST PRESS.	kPa(g)		529	
88,	SELF PRIMING	-		Not Applicable	
89,	PRIMING TIME	s		Not Applicable	
90,	SOLENOID LUBRICATOR	Yes / No		Not Applicable	
91,	SUCTION CONNECTION			NON STANDARD	Note 8 ⚠
92,	SIZE, (NPS)	inch		12, NS	
93,	FLANGE RATING	-		150#, NS	
94,	FLANGE FACING	-		FLAT	
95,	LOCATION	-		C/L	
96,	DISCHARGE CONNECTION			NON STANDARD	Note 8 ⚠
97,	SIZE, (NPS)	inch		10, NS	
98,	FLANGE RATING	-		150#, NS	



EQUIPMENT DATA SHEET
SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS

21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2

Date: 21 June 2022

Page: 15 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
99,	FLANGE FACING	-		FLAT	
100,	LOCATION	-		OFFSET	
101,	ROTATION FACING	CW / CCW		CW	
102,	DETAILS				
103,	BASEPLATE				
104,	INCLUDED	Yes / No	Yes	Yes	
105,	MATERIAL	-		CARBON STEEL	
106,	DRAIN CONNECTION	Yes / No	Yes	Not Applicable	
107,	NUMBER	-			
108,	SIZE, (NPS)	inch			
109,	CASING				
110,	TYPE	-		SEMI-VOLUTE	
111,	MOUNTING (FOOT / CENTERLINE)	-		Not Applicable	
112,	SPLIT (AXIAL / RADIAL)	-	RADIAL	RADIAL	
113,	MATERIAL	-		SG IRON	
114,	LINING MATERIAL	-		WHITE IRON	
115,	THICKNESS	mm		41 (AVG)	
116,	CONNECTIONS:	-		Not Applicable	
117,	ASSEMBLY LENGTH	mm		762	
118,	OUTER DIAMETER	mm		1422	
119,	TEST PRESSURE	kPa(g)		3105	
120,	WEAR RINGS	-		Not Applicable	
121,	REPLACEABLE	Yes / No	Yes		
122,	MATERIAL	-			
123,	GASKETS MATERIAL	-		EPDM	
124,	IMPELLER				
125,	TYPE	-		5 VANES CLOSED	
126,	MATERIAL	-		WHITE IRON	
127,	SUPPLIED DIAMETER, mm	mm		762	
128,	MAXIMUM DIAMETER, mm	mm		762	
129,	LINING MATERIAL	-		SOLID CAST	
130,	THICKNESS	mm		Not Applicable	
131,	MOUNTING	-	OVERHUNG	OVERHUNG	
132,	ATTACHMENT	-		THREADED	
133,	REPLACEABLE WEAR	-		Not Applicable	
134,	RING MATERIAL	-			
135,	SHAFT				




EQUIPMENT DATA SHEET
SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS


21466447-D-3145-ME-OAS-00002 Rev. 2


Date: 21 June 2022

Page: 16 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
136,	DIA. AT BEARINGS	mm		127.85	
137,	DIA. AT IMPELLER	mm		126.9	
138,	DIA. MAXIMUM	mm		156	
139,	TOTAL LENGTH	mm		1365	
140,	MATERIAL	-		AISI 1045 CS	
141,	SLEEVE MATERIAL	-		420C SS	
142,	SHAFT STIFFNESS RATIO	L3 / D4		0.160	
143,	DRIVE				
144,	TYPE (DIRECT / V-BELT / REDUCER / OTHER)	-		V-BELT	
145,	MOTOR MOUNTING	-		ZV, REVERSE OVERHEAD	
146,	V-BELT				
147,	SECTION / NUMBER	-		5V / 10	
148,	RATING	kW		270.1	
149,	PITCH DIA. PUMP	mm		800.1	
150,	PITCH DIA. MOTOR	mm		355.6	
151,	REDUCER, TYPE:			Not Applicable	
152,	MANUFACTURER	-			
153,	RATING	kW			
154,	SPEED	rpm			
155,	COUPLING (HIGH SPEED SIDE / LOW SPEED SIDE)			Not Applicable	
156,	TYPE	-	/		
157,	MANUFACTURER	-	/		
158,	MODEL	-	/		
159,	SIZE	-	/		
160,	RATING	kW	/		
161,	SEALS				
162,	TYPE	-		EXPELLER SEAL	
163,	ARRANGEMENT	-			
164,	PACKING MATERIAL	-		NOVOLOID FIBER	
165,	SIZE	-		1" C/S	
166,	QUANTITY	-		2	
167,	LANTERN RING	-		YES	
168,	MANUFACTURER	-		SCHURCO SLURRY	
169,	MODEL	-		Not Applicable	
170,	SEAL WATER	Yes / No	No	Not Applicable	
171,	SEAL WATER CONNECTION	inch	NA	Not Applicable	
172,	SEAL WATER FLOW	m3/h	NA	Not Applicable	


	EQUIPMENT DATA SHEET SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS	21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2	
		Date: 21 June 2022	Page: 17 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
173,	SEAL FLUSH PLAN	-		GREASE QUENCH	
174,	BEARINGS				
175,	SIZE: RADIAL	mm		230.0	SKF
176,	SIZE: THRUST	mm		228.6	TMKEN
177,	MANUFACTURER	-		SKF / TMKEN	
178,	LUBRICATION	-		NLGI 2 GREASE	
179,	SEAL TYPE	-		TACONITE	
180,	LIFE (L-10 RATING)	h		> 60,000	
181,	BEARING HOUSING MATERIAL	-		SG IRON	
182,	MOTOR (4.5)				
183,	MANUFACTURER	-	ABB – Baldor, WEG, Teco Westinghouse	ABB - Baldor	
184,	RATING (EFFECTIVE POWER AT 4100 m a.s.l.)	KW (hp)		185 (250)	
185,	SPEED	rpm		1200	
186,	NO. POLES	-		6	
187,	FRAME SIZE	-		N5010	
188,	MOTOR SLIDE RAILS	-			
189,	AREA CLASSIFICATION	-			
190,	SERVICE FACTOR	-		1.00	
191,	IP RATING	-		IP55	
192,	INSULATION CLASS	-		F	
193,	CURRENT	A		40	
194,	NO-LOAD CURRENT	A		25	
195,	POWER SUPPLY	V / ph / Hz	4160 / 3 / 60	4000 / 3 / 60	
196,	TYPE	-	Induction, squirrel cage, inverter duty		
197,	MOTOR ENCLOSURE	-		TEFC	
198,	MOUNTED BY	-	Vendor		
199,	SPEED CONTROL (FIXED / VFD)	-	VFD		The motor is suitable for operation with VFD. Proposal does not consider (does not include) the supply of VFD.
200,	STARTER	-	VFD		
201,	COOLING TYPE	-		FAN	
202,	SEAL TYPE	-		Drive End Bearing Seal Labyrinth Type / Opposite Drive End Bearing Seal Labyrinth Type	
203,	LUBRICATION TYPE	-		GREASE	
204,	NOISE LEVEL	dB	85 dB to 3 meters	According NEMA	
205,	EFFICIENCY	-	Premium	Energy Efficient	
206,	RTD SENSOR	-			
207,	RTD MOTOR WINDING (INCLUDED)	-	<input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	Yes, 100 ohm Single Element Winding RTD (2Phase)	
208,	QUANTITY	-	6 (2 per phase)		

	EQUIPMENT DATA SHEET SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS	21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2	
		Date: 21 June 2022	Page: 16 of 20

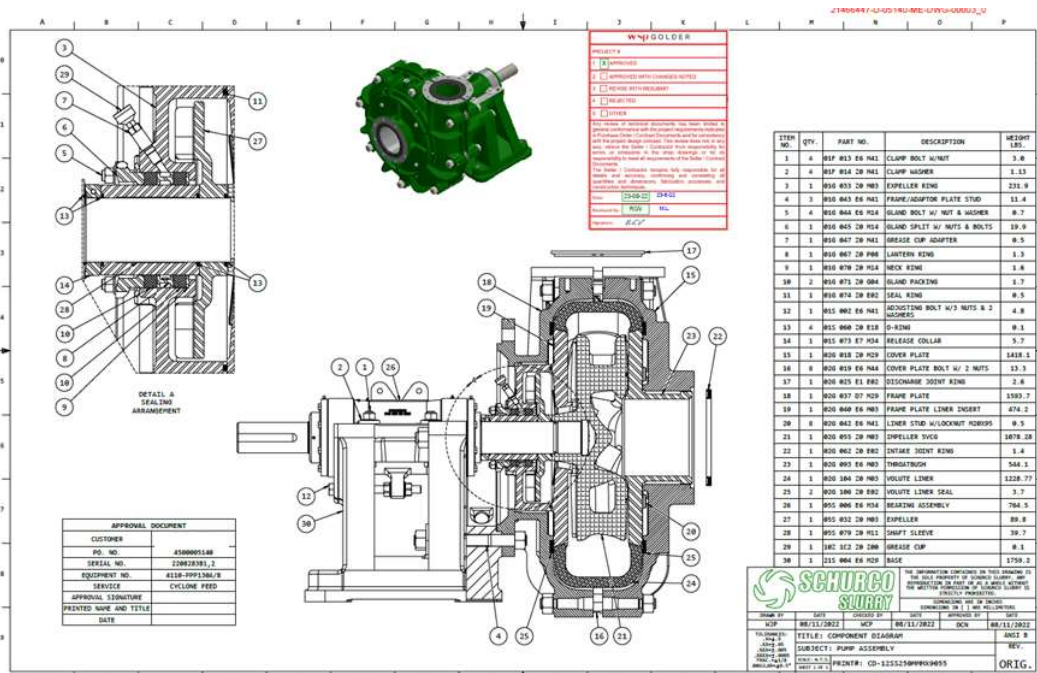
Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
209,	RTD MOTOR BEARING (INCLUDED)	-	<input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	Yes, Bearing Temperature Detector 100 ohm, 1 Per Bearing, Three Wire, 0.00392 TCR.	
210,	QUANTITY	-	2		
211,	VIBRATION SENSORS	-			
212,	SPDT RELAY OUTPUT	-	<input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO	Yes, Vibration Switch (Robert Shaw 566) 1 Each End.	
213,	QUANTITY	-			
214,	ANALOG 4-20MA OUTPUT	-	<input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		
215,	REMOT RESET	-	<input checked="" type="checkbox"/> YES <input type="checkbox"/> NO		
216,	HEATER	-	Required	Yes, 1 Total, 1ph/60Hz/120V.	
217. WEIGHTS AND SIZES					
218,	O/A DIMENSIONS: L x W x H	m		3.46 x 1.94 x 2.76	
219,	HEAVIEST PIECE FOR INSTALLATION	kg		4315	
220,	HEAVIEST PIECE FOR MAINTENANCE	kg		725	
221,	TOTAL SHIPPING WEIGHT	kg		9945	
222. SHOP TESTS					
223,			REQUIRED / WITNESSED	SEE COSTS	
224,	HYDROSTATIC TEST		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	SEE COSTS	
225,	PERFORMANCE TEST		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	SEE COSTS	
226,	NPSH TEST		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	SEE COSTS	
227,	SHOP INSPECTION		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	SEE COSTS	
228,	NOISE TEST		<input type="checkbox"/> / <input type="checkbox"/>	SEE COSTS	
229. TECHNICAL DOCUMENTATION REQUESTED					
230,	ATTACHED BY SELLER				
231,	CERTIFICATE OF CONFORMITY WITH O. C.		Include	Yes	
232,	WARRANTY FOR THE EQUIPMENT (S)		Include	Yes	
233,	TECHNICAL CATALOG		Include	Yes	
234,	P&ID SCHEMES		Include	Not Applicable	
235,	OPERATING CURVE		Include	Yes	
236,	GENERAL ARRANGEMENT PLANS		Include	Yes	
237,	ARRANGEMENT PLANS (WITH WEIGHTS AND LOADS)		Include	Standard pump-motor assembly drawings will be delivered with sufficient information for the proper anchoring and operation of the equipment.	
238,	ARRANGEMENT OF FOUNDATIONS AND EQUIPMENT LOADS		Include	Not Applicable	
239,	UNIFILAR SYSTEM DIAGRAM OF EQUIPMENT		Include	Not Applicable	
240,	COATING DRAWINGS (IF APPLICABLE)		Include	Not Applicable	
241,	LIST OF ALL EQUIPMENT COMPONENTS		Include	Yes	
242,	WEIGHT OF EACH COMPONENTS		Include	The weight of the main components of the equipment will be delivered.	

Item	Description	Units	EQUIPMENT DATA SHEET SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS		21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2
			Data by Buyer	Data by Vendor	Date: 21 June 2022 Page: 19 of 20
243,	RECOMMENDED SPARE PARTS LIST (FOR INSTALLATION AND START-UP)		Include	Yes	
244,	REFERENCES OF SIMILAR EQUIPMENT OPERATING IN OTHER PLACES		Include	Yes	
245,	RECOMMENDED SPARE PARTS LIST (FOR 1 YEAR OF OPERATION)		Include	Yes	
246,	PHILOSOPHY OF CONTROL		Include	Not Applicable	
247,	LIST OF INSTRUMENTS		Include	Not Applicable	
248,	INSTRUMENT CONNECTION DIAGRAMS		Include	Not Applicable	
249,	INSTRUMENT LOCATION DIAGRAMS		Include	Not Applicable	
250,	INSTRUMENT CALIBRATION TEST PROTOCOL		Include	Not Applicable	
251,	INSTRUMENT CALIBRATION CERTIFICATE		Include	Not Applicable	
252,	MATERIALS CERTIFICATE		Include	Material certificates will only be issued for the wear parts of the pumps that are installed in the wet end (impeller, frame plate liner, cover plate liner, volute liner, frame plate liner insert and throatabush).	
253,	ASSEMBLY MANUAL		Include	Yes	
254,	ASSEMBLY MANUAL ASSEMBLY		Include	This is the same as item 253.	
255,	INSTALLATION MANUAL		Include	Yes	
256,	OPERATION MANUAL		Include	Yes	
257,	MAINTENANCE MANUAL		Include	Yes	
258,	LANGUAGE		English	Yes	
259,	COPIES		Three (3): (1) magnetic (editable) & (2) printed	(1) electronic copy in pdf format and (2) printed.	
260, DIAGRAM					
261,					

	EQUIPMENT DATA SHEET SLURRY HORIZONTAL CENTRIFUGAL PUMPS	21466447-D-3145-ME-DAS-00002 Rev. 2	
		Date: 21 June 2022	Page: 20 of 20

Item	Description	Units	Data by Buyer	Data by Vendor	Notes
NOTES:					
263.	1. LEGEND: masl: METERS ABOVE SEA LEVEL masc: METERS OF SLURRY COLUMN TDH: TOTAL DYNAMIC HEAD NA: NOT APPLICABLE, INFORMATION IS NOT RELEVANT VTC: VENDOR TO CONFIRM TBD: TO BE DEFINED BY VENDOR VFD: VARIABLE FREQUENCY DRIVE				⚠
264.	2. SITE CONDITIONS SHALL BE CONSIDERED ACCORDING TO BORO'S DOCUMENT N° 21466447-D-0000-GL-ETT-00001.				
265.	3. EQUIPMENT SHALL BE SELECTED IN ACCORDANCE WITH THE BORO'S DOCUMENT GENERAL REQUIREMENT MECHANICAL EQUIPMENT N° "DESIGN CRITERIA MECHANICAL" N° 21466447-D-0000-ME-DES-00001.				
266.	4. MOTORS SHALL BE SELECTED IN ACCORDANCE WITH THE ATTACHED BORO'S DOCUMENTS: DESIGN CRITERIA ELECTRICAL N° 21466447-D-0000-EL-DES-00001.				
267.	5. MOTORS COULD BE CUSTOMIZED FOR OPERATION AT INDICATED SITE CONDITIONS ACCORDING TO BORO'S DOCUMENT: "DESIGN CRITERIA ELECTRICAL" N° 21466447-D-0000-EL-DES-00001. DE-RATED MOTORS COULD ALSO BE ACCEPTED. VENDOR SHALL INDICATE IN THE OFFER IF THEY ARE PROPOSING CUSTOMIZED OR DE-RATED MOTOR.				⚠
268.	6. VENDOR / MANUFACTURER MUST CHECK THE CONDITION OF THE EXISTING PUMPS AND ELECTRIC MOTORS FROM THE MARLIN MINE AND CONFIRM IF THEY CAN OPERATE AT THE PROJECTS SITE CONDITIONS (4100 masl).				
269.	7. EXISTING BORO INVENTORY.				
270.	8. THE VENDOR SHALL SUPPLY THE COUNTER FLANGES FOR THE SUCTION AND DISCHARGE CONNECTIONS OF THE PUMP.				⚠
271.	9. THE PUMPS AND THEIR COMPONENTS MUST WORK PROPERLY IN CONTACT WITH THE INDICATED CYANIDE CONTENT.				⚠

- Lista de repuesto de la bomba de molienda



WJGOLDER

REVISIONS:

NO.	DESCRIPTION
1	ISSUED
2	REVISED WITH COMMENTS (REVISED)
3	REVISED WITH COMMENTS
4	REVISED
5	REVISED

APPROVAL DOCUMENT

CUSTOMER	
P.O. NO.	450005148
SERIAL NO.	220620381_2
EQUIPMENT NO.	4110-PP3138A/S
SERVICE	CYCLONE FEED
APPROVAL SIGNATURE	
PRINTED NAME AND TITLE	
DATE	

ITEM NO.	QTY.	PART NO.	DESCRIPTION	WEIGHT LBS.
1	4	856 853 06 M4	CLAMP BOLT W/ NUT	3.8
2	4	856 854 28 M4	CLAMP WASHER	1.13
3	1	856 853 28 M4	EXPELLER RING	231.8
4	3	856 845 06 M4	FRAME/ADAPTOR PLATE STUD	13.4
5	4	856 844 06 M4	ISLAND BOLT W/ NUT & WASHER	8.7
6	1	856 845 28 M4	ISLAND SPLIT W/ NUTS & BOLTS	19.9
7	1	856 847 28 M4	GREASE CUP ADAPTER	8.5
8	1	856 867 28 M4	LANTERN RING	1.3
9	1	856 876 28 M4	HEX RING	1.8
10	2	856 871 28 M4	ISLAND PACKING	1.7
11	1	856 874 28 M4	SEAL RING	8.5
12	3	855 982 06 M4	ADJUSTING BOLT W/3 NUTS & 2 WASHERS	4.8
13	4	855 968 28 M4	O-RING	8.1
14	3	855 877 07 M4	RELEASE COLLAR	3.7
15	1	856 858 28 M4	COVER PLATE	548.5
16	8	856 858 06 M4	COVER PLATE BOLT W/ 2 NUTS	13.3
17	1	856 855 01 M4	DISCHARGE IDENT RING	2.4
18	1	856 857 27 M4	FRAME PLATE	1593.7
19	1	856 846 06 M4	FRAME PLATE LINER INSERT	474.2
20	8	856 842 06 M4	LINER STUD W/ LOCKWASHERS	8.5
21	1	856 855 28 M4	EXPELLER SVCS	1078.28
22	1	856 862 28 M4	INTAKE IDENT RING	1.4
23	1	856 853 06 M4	THROATROTH	544.1
24	1	856 844 28 M4	VOLUTE LINER	1228.77
25	2	856 846 28 M4	VOLUTE LINER SEAL	3.7
26	1	856 846 06 M4	BEARING ASSEMBLY	784.2
27	1	855 852 28 M4	EXPELLER	88.8
28	1	855 879 28 M4	SHIPT SLEEVE	19.7
29	1	856 852 28 M4	GREASE CUP	8.1
30	1	1215 864 06 M4	BASE	1759.2

SEURCO SLURRY

DATE: 06/11/2022
 TITLE: COMPONENT DRAWING
 CHECKED: PUMP ASSEMBLY
 PREPARED: CH-15521000000000000000
 ORIG.

- Cotización de la bomba SHURCO



RESUMEN DE OFERTA – 09 JUNIO 2022

Este documento deberá ser presentado como "Primera Hoja" en su Oferta.

Información del Postor:

Suministro	: Slurry Pumps – 21466447-PT-ME-RFO-00004 Rev C
N° Oferta	: EA030822 rev 2
Empresa	: Schurco Slurry
Nombre/Cargo	: Edmundo Alarcón / Gerente General South America
Fono/e-mail	: +56 9 4717 6282 / ealarcon@schurco.com
Dirección	: Santiago – Chile

Descripción, Alcance y Valores de la Oferta:

A continuación, el proveedor deberá presentar los valores de cada una de las partidas cotizadas:

Item	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario USD	Precio Total USD
1	TAG: 4125-PPP160A/B	2	Conjunto	46.724,91	93.449,82
2	TAG: 4110-PPP130A/B	2	Conjunto	129.330,61	258.661,22
3	TAG: 4131-PPP155A/B	2	Conjunto	104.759,35	209.518,70
4	TAG: 4131-PPP180A/B	2	Conjunto	8.800,02	17.600,04
5	TAG: 4131-PPP165	1	Conjunto	13.485,98	13.485,98
6	TAG: 4131-PPP150	1	Conjunto	8.638,84	8.638,84
7	TAG: 4131-PPP170	1	Conjunto	19.290,90	19.290,90
8	TAG: 4132-PPP105A/B	2	Conjunto	30.503,69	61.007,38
9	TAG: 4132-PPP160A/B	2	Conjunto	47.666,39	95.332,78
				Valor Total USD	776.985,66

El precio unitario de cada conjunto incluye: bomba eje libre; poleas, correas en V, protector de correas, base del motor (como se especifica), flanges compañeros FF slip-on, montaje/alineación del motor en fábrica, motor NEMA (TEFC, Servicio Severo).

Propuesta no considera (no incluye) el suministro de VFD (variador de frecuencia) para ningún TAG.

Valores cotizados no incluyen IGV.

Valores cotizados no incluyen impuestos.

Valores FCA Jacksonville, Florida – USA, según Incoterms 2020.

Moneda: Dólar Estadounidense (USD).

Información Comercial:


Periodo de Validez de la oferta:	90 días
Indicar si su oferta es a firme o presupuestal:	Oferta a firme
Términos de pago:	60 días después de recibir las facturas

- Modos de falla de la bomba de molienda, según fabricante

APPENDIX A – Fault Detection Chart

FAULTS		SYMPTOMS										
		Discharge failure	Reduced discharge delivery	Insufficient pressure	Pump loses prime	Excessive horsepower	Leakage from stuffing box	Packing has short life	Vibration and noise from pump	Short life of bearings	Overheating or seizure of pump	Hopper overflows
INTAKE	Pump not Primed.											
	Pump or intake pipe not completely filled with liquid.											
	Suction lift to high.											
	Insufficient margin between intake pressure and vapor pressure.											
	Excessive amount of air or gas in liquid.											
	Air pocket in intake line.											
	Air leaks into intake line.											
	Air leaks into pump through stuffing box.											
	Foot valve to small.											
	Foot valve partially clogged.											
	Intake pipe insufficiently submerged.											
	Blocked intake.											
	Intake pipe diameter too small or length of intake pipe to long.											
SYSTEM FAULTS	Speed too low.											
	Speed too high.											
	Wrong direction of rotation.											
	Total head of system higher than design head.											
	Total head of system lower than design head.											
	Specific gravity of liquid different from design.											
	Viscosity of liquid differs from that for which designed.											
	Operation at very low capacity.											
	Entrained air in pump. Pump hopper requires baffles.											
Badly installed pipe line or gaskets partly blocking pipe.												
MECHANICAL FAULTS	Misalignment.											
	Foundations not rigid.											
	Shaft bent.											
	Rotating part rubbing on stationary part.											
	Bearing worn.											
	Impeller damaged or worn.											
	Casing gasket defective, permitting internal leakage.											
	Shaft sleeves worn or scored at the packing.											
	Packing improperly installed.											
	Incorrect type of packing or operating conditions.											
	Shaft running off-center because of worn bearings or misalignment.											
	Impeller out of balance, resulting in vibration.											
	Gland too tight, resulting in no flow of liquid to lubricate packing.											
	Foreign matter in impeller.											
	Dirt or grit in sealing liquid, leading to scoring shaft sleeve.											
	Excessive thrust caused by a mechanical failure inside the pump.											
	Excessive amount of lubrication in bearing housing causing high temperature.											
Lack of lubrication.												
Improper installation of bearings.												
Dirt getting into bearings.												
Rusting of bearing due to water getting into housing.												
Expeller worn or blocked.												
Excessive clearance at bottom of stuffing box, forcing packing into pump.												

- Noma SAE JA1011, español

 <p>SAE The Engineering Society For Advancing Mobility Land Sea Air and Space® INTERNATIONAL</p> <p>400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001</p>	<p>NORMA PARA VEHÍCULOS AEROSPAZIALES Y DE SUPERFICIE</p>	<p>SAE JA1011</p>	<p>EMITIDA AGO1999</p>
		<p>Emitida 1999-08</p>	
<p>Criterios de Evaluación para Procesos de Mantenimiento Centrado en Confiabilidad</p>			
<p><i>Prólogo</i>— El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) fue desarrollado inicialmente por la industria comercial de aviación para mejorar la seguridad y la confiabilidad de sus equipos. Fue documentado por primera vez en un reporte escrito por F.S. Nowlan y H.F. Heap y publicado por el Departamento de Defensa de U.S. en 1978. Desde entonces, MCC ha sido utilizado para ayudar a formular estrategias de mantenimiento de activos físicos en casi todas las áreas de trabajo humano organizado, y en casi todos los países industrializados del mundo. El proceso definido por Nowlan and Heap ha servido de base a varios documentos de aplicación en los cuales el proceso MCC ha sido desarrollado y perfeccionado a través de los años. La mayoría de estos documentos conservan los elementos claves del proceso original. Sin embargo, el uso extendido del término "MCC" ha llevado a enaltecer un número de procesos que difieren significativamente del original, pero que sus defensores los llaman también "MCC". Muchos de estos otros procesos fallan en el logro de las metas de Nowlan and Heap, y algunos son activamente contraproducentes.</p> <p>Como resultado, ha habido un crecimiento de la demanda internacional por una norma que imponga los criterios que cualquier proceso deba cumplir para ser llamado "MCC". Este documento contempla esa necesidad. Los criterios en esta norma SAE están basados en los procesos MCC y los conceptos de tres documentos sobre MCC: (1) Libro de 1978 de Nowlan and Heap, "Reliability-Centered Maintenance," (2) MIL-STD-2173(AS) de la Aviación Naval de U.S. (Reliability-Centered Maintenance Requirements of Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment) y su sucesor, U.S. Naval Air Systems Command Management Manual 00-25-403 (Guidelines for the Naval Aviation Reliability-Centered Maintenance Process), y (3) "Reliability-Centered Maintenance (RCM 2)," por John Moubray. Estos documentos son considerados como los documentos sobre MCC disponibles más ampliamente usados y aceptados.</p> <p>Este documento describe los criterios mínimos que cualquier proceso debe cumplir para ser llamado "MCC". No intenta definir un proceso específico de "MCC".</p> <p>Este documento está concebido para cualquier persona que desee determinar si cualquier proceso que pretenda ser MCC es de hecho MCC. Es específicamente útil para personas que deseen contratar servicios de MCC (entrenamiento, análisis, facilidades, consultoría, o cualquier combinación de estos).</p>			

Traducción al español de la norma SAE JA1011 "Evaluation Criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) Processes" emitida en Agosto de 1.999.

TABLA DE CONTENIDO

1.	Alcance.....	2
1.1	Propósito	2
2.	Referencias	2
2.1	Publicaciones Relacionadas	2
2.1.1	Publicaciones SAE	2
2.1.2	Publicaciones del Departamento de Comercio de U.S.....	3
2.1.3	Publicaciones del Departamento de Defensa de U.S.....	3
2.1.4	Publicaciones de la Prensa Industrial.....	3
2.1.5	Publicaciones del Ministerio de Defensa de U.K.....	3
2.2	Otras Publicaciones	3
3.	Definiciones.....	4
4.	Siglas.....	6
5.	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC).....	6
5.1	Funciones.....	6
5.2	Fallas Funcionales	6
5.3	Modos de Falla.....	7
5.4	Efectos de Falla.....	7
5.5	Categorías de Consecuencias de Falla.....	7
5.6	Selección de las Políticas de Manejo de Fallas.....	7
5.7	Políticas de Manejo de Fallas— Tareas Programadas.....	8
5.8	Políticas de Manejo de Fallas— Cambio de Especificaciones y Operar hasta Fallar	9
5.9	Un Programa de Vida.....	10
5.10	Formulación Estadística y Matemática.....	10
6.	Notas	10
6.1	Palabras Claves	10

1. **Alcance**— Esta norma SAE para Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) está concebida para ser utilizada por cualquier organización que tiene o haga uso de activos físicos o sistemas que desee manejar responsablemente.

1.1 **Propósito**— Este documento está concebido para ser utilizado en la evaluación de cualquier proceso que pretende ser un proceso MCC, con la finalidad de determinar si es un verdadero proceso MCC. El mismo apoya tal evaluación especificando los criterios mínimos que un proceso debe tener para ser un proceso MCC.

2. Referencias

2.1 **Publicaciones Relacionadas**— Las siguientes publicaciones se dan sólo con propósitos informativos y no son parte requerida de este documento.

2.1.1 **PUBLICACIONES SAE** — Disponible en SAE, 400 Commonwealth Drive, Warrendale, PA 15096-0001.

SAE JA1012— A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard

- 2.1.2 PUBLICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE COMERCIO DE U.S.— Disponible en NTIS, Port Royal Road, Springfield, VA 22161

Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap, "Reliability-Centered Maintenance," Departamento de Defensa, Washington, D.C. 1978. Número de Reporte AD-A066579.

- 2.1.3 PUBLICACIONES DEL DEPARTAMENTO DE DEFENSA DE U.S.— Disponible en DODSSP, Subscription Services Desk, Building 4/Section D, 700 Robbins Avenue, Philadelphia, PA 19111-5098

MIL-STD 2173(AS)— "Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)

NAVAIR 00-25-403— "Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air System Command)

MIL-P-24534— "Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)

S9081-AB-GIB-010/MAINT— "Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)

- 2.1.4 PUBLICACIONES DE LA PRENSA INDUSTRIAL— Disponible en Industrial Press, Inc., 200 Madison Avenue, New York City, New York, 10016 (también disponible en Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford, Great Britain OX2 8DP).

Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997

- 2.1.5 PUBLICACIONES DEL MINISTERIO DE DEFENSA DE U.K.— Disponible en Reliability-centred Maintenance Implementation Team, Ships Support Agency, Ministry of Defence (Navy), Room 22, Block K, Foxhill, Bath, BA1 5AB United Kingdom.

NES 45— Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels"(Restricted-Commercial)

- 2.2 Otras Publicaciones— Las siguientes publicaciones fueron consultadas durante el desarrollo de esta SAE y no son una parte requerida de este documento.

Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990

Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995

"Dependability Management— Part 3-11: Application Guide— Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.

Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995

MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993

"Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984

"Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment," United States Air Force, MIL-STD-1843 (NOTA: Cancelado sin reemplazo en Agosto de 1995)

Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993

Zwinglestein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation," Hermés, Paris, 1996

3. *Definiciones*

- 3.1 **Cambio de Especificaciones**— Cualquier acción tomada para cambiar la configuración física de un activo o sistema (rediseño o modificación), cambiar el método utilizado por un operador o mantenedor para el desarrollo de una tarea específica, cambiar el contexto operacional del sistema, o cambiar la capacidad de un operador o mantenedor (entrenamiento).
- 3.2 **Capacidad Inicial**— El nivel de operación que el activo físico o sistema es capaz de lograr en el momento que entra en servicio.
- 3.3 **Consecuencias Ambientales**— Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias ambientales si puede violar cualquier norma ambiental corporativa, municipal, regional, nacional o internacional, o la regulación que aplica para el activo físico o sistema en consideración.
- 3.4 **Consecuencias de Falla**— Los efectos que puede provocar un modo de falla o una falla múltiple (evidencia de falla, impacto en la seguridad, en el ambiente, en la capacidad operacional, en los costos de reparación directos o indirectos).
- 3.5 **Consecuencias en la Seguridad**— Un modo de falla o falla múltiple tiene consecuencias en la seguridad si puede dañar o matar a un ser humano.
- 3.6 **Consecuencias No Operacionales**— Una categoría de consecuencias de falla que no afecta adversamente la seguridad, el ambiente, o las operaciones, y que sólo requiere reparación o reemplazo de cualquier componente (s) que podría ser afectado por la falla.
- 3.7 **Consecuencias Operacionales**— Una categoría de consecuencias de falla que afecta adversamente la capacidad operacional de un activo físico o sistema (producción, calidad del producto, servicio al consumidor, capacidad militar, o costos operacionales en adición al costo de reparación).
- 3.8 **Contexto Operacional**— Las circunstancias bajo las cuales se espera que opere el activo físico o sistema.
- 3.9 **Desempeño deseado**— El nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario de un activo físico o sistema.
- 3.10 **Desincorporación Programada**— Una tarea programada que trae consigo la desincorporación de un ítem en o antes de un límite de longevidad específico sin tener en cuenta su condición en el momento.
- 3.11 **Dispositivo Protector o Sistema Protector**— Un dispositivo o sistema que pretende evitar, eliminar, o minimizar las consecuencias de falla de cualquier otro sistema.
- 3.12 **Dueño**— Una persona u organización que puede sufrir o acarrear la responsabilidad por las consecuencias de un modo de falla en virtud de la propiedad del activo o sistema.
- 3.13 **Efecto de Falla**— Lo que pasa cuando ocurre un modo de falla.
- 3.14 **Falla Evidente**— Un modo de falla cuyos efectos se toman evidentes para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado.
- 3.15 **Falla Funcional**— Un estado en el que un activo físico o sistema no se encuentra disponible para ejercer una función específica a un nivel de desempeño deseado.
- 3.16 **Falla Múltiple**— Un evento que ocurre si una función protegida falla mientras su dispositivo o sistema protector se encuentra en estado de falla.

- 3.17 **Falla Oculta**— Un modo de falla cuyo efecto no es evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales, si el modo de falla ocurre aislado.
- 3.18 **Falla Potencial**— Una condición identificable que indica que una falla funcional está a punto de ocurrir o está en proceso de ocurrir.
- 3.19 **Función**— Lo que el dueño o usuario desea que realice un activo físico o sistema.
- 3.20 **Función Evidente**— Una función cuya falla aislada se vuelve evidente al personal de operaciones bajo circunstancias normales.
- 3.21 **Función Oculta**— Una función cuya falla aislada no se vuelve evidente para el personal de operaciones bajo circunstancias normales.
- 3.22 **Función(es) Primaria(s)**— La(s) función(es) que constituyen la(s) razón(es) principal(es) por las que el activo físico o sistema es adquirido por su dueño o usuario.
- 3.23 **Funciones Secundarias**— Las funciones que un activo físico o sistema tiene que cumplir a parte de su(s) función(es) primaria(s), tales como aquellas que se necesitan para cumplir con los requerimientos regulatorios y aquellas a las cuales conciernen los problemas de protección, control, contención, confort, apariencia, eficiencia de energía e integridad estructural.
- 3.24 **Intervalo P-F**— El intervalo entre el punto en que el potencial de falla se hace detectable y el punto en que este se degrada hasta una falla funcional (también conocido como "período para el desarrollo de falla" o "tiempo esperado para la falla".)
- 3.25 **Longevidad**— Una medida de exposición al esfuerzo, calculada desde el momento en el cual un elemento o componente entra en servicio cuando nuevo o vuelve a entrar en servicio después de una tarea designada para restaurar su capacidad inicial, y puede ser medida en términos de tiempo calendario, tiempo de operación, distancia recorrida, ciclos de durabilidad o unidades de producción o rendimiento.
- 3.26 **Modo de Falla**— Un evento único, que causa una falla funcional.
- 3.27 **Operar hasta Fallar**— Una política de manejo de fallas que permite que un modo de falla específico ocurra sin ningún esfuerzo para anticiparla o prevenirla.
- 3.28 **Política de Manejo de Fallas**— Un término genérico que abarca tareas basadas en condición, restauración programada, desincorporación programada, detección de falla, operar hasta fallar y cambios una vez.
- 3.29 **Probabilidad Condicional de Falla**— La probabilidad de que una falla ocurra en un período específico, dado que el ítem involucrado ha sobrevivido al comienzo de ese período.
- 3.30 **Programado**— Se establece como fijo, a intervalos predeterminados, incluye el "monitoreo continuo" (donde el intervalo es efectivamente cero).
- 3.31 **Restauración Programada**— Una tarea programada que restaura la capacidad de un elemento en o antes de un intervalo especificado (límite de longevidad), sin tener en cuenta su condición en el momento, a un nivel que proporciona una probabilidad tolerable de supervivencia hasta el final de otro intervalo especificado.
- 3.32 **Tarea Apropriada**— Una tarea que es técnicamente factible y al mismo tiempo vale la pena realizar (aplicable y efectiva).

- 3.33 **Tarea Basada en Condición**— Una tarea programada usada para detectar un potencial de falla.
- 3.34 **Tarea para Detectar Fallas**— Una tarea programada utilizada para determinar si ha ocurrido una falla oculta específica.
- 3.35 **Usuario**— Una persona u organización que opera un activo o sistema y podría sufrir o acarrear la responsabilidad por las consecuencias de un modo de falla de ese sistema.

4. *Siglas*

- 4.1 **MCC**— Mantenimiento Centrado en Confiabilidad

5. **Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC)**— Cualquier proceso MCC debe asegurarse de responder satisfactoriamente las siguientes siete preguntas y además, ser respondidas en la secuencia que se muestra:

- a. ¿Cuáles son las funciones deseadas y los estándares de desempeño asociados del activo en su contexto operacional presente (funciones)?
- b. ¿De qué maneras puede fallar al cumplir sus funciones (fallas funcionales)?
- c. ¿Qué causa cada falla funcional (modos de falla)?
- d. ¿Qué pasa cuando ocurre cada falla funcional (efectos de falla)?
- e. ¿De qué manera afecta cada falla (consecuencias de falla)?
- f. ¿Qué se debe hacer para predecir o prevenir cada falla (tareas proactivas e intervalos de tareas)?
- g. ¿Qué se debe hacer si una tarea proactiva que conviene no está disponible (acciones predeterminadas)?

Para responder cada una de las preguntas anteriores "satisfactoriamente", se debe recolectar la siguiente información, y se deben tomar las siguientes decisiones. Toda la información y decisiones deben ser documentadas de manera que estén totalmente disponibles para el dueño o usuario y sean aceptables para los mismos.

5.1 **Funciones**

- 5.1.1 Se debe definir el contexto operacional del activo.
- 5.1.2 Se deben identificar todas las funciones del activo/sistema (todas las funciones primarias y secundarias, incluyendo las funciones de todos los dispositivos de protección).
- 5.1.3 Todos los enunciados de una función deben contener un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (cuantificado en cada caso que se pueda hacer).
- 5.1.4 Los estándares de desempeño incorporados en los enunciados de una función deben tener el nivel de desempeño deseado por el dueño o usuario del activo/sistema en su contexto operacional.

- 5.2 **Fallas Funcionales**— Se deben definir todos los estados de falla asociados con cada función.

5.3 **Modos de Falla**

- 5.3.1 Se deben identificar los modos de falla "probables" que puedan causar cada falla funcional.
- 5.3.2 El método utilizado para decidir que constituye un modo de falla "probable" debe ser aceptado por el dueño o usuario del activo.

- 5.3.3 Se deben identificar los modos de falla en un nivel de causalidad que haga posible identificar una política de manejo de fallas apropiada.
- 5.3.4 Las listas de los modos de falla deben incluir los modos de falla que han ocurrido antes, los modos de falla que están siendo prevenidos actualmente por la existencia de programas de mantenimiento, y los modos de falla que no han ocurrido aún pero que se piensan probables (creíbles) en el contexto operacional.
- 5.3.5 Las listas de los modos de falla deben incluir cualquier evento o proceso que probablemente pueda causar una falla funcional, incluyendo deterioro, defectos de diseño, y errores humanos que pueden ser causados por operadores o mantenedores (a menos que el error humano esté siendo activamente dirigido por un proceso analítico aparte del MCC).
- 5.4 Efectos de Falla**
- 5.4.1 Los efectos de falla deben describir lo que puede pasar si no se realiza ninguna tarea específica para anticipar, prevenir o detectar la falla.
- 5.4.2 Los efectos de falla deben incluir toda la información necesaria para soportar la evaluación de las consecuencias de la falla, tales como:
- ¿Qué evidencia (si existe alguna) que la falla ha ocurrido (en el caso de funciones ocultas, que podría pasar si ocurre una falla múltiple)?
 - ¿Qué hace (si ocurre algo) para matar o dañar a alguien, o para tener efectos adversos en el ambiente?
 - ¿Qué hace (si hace algo) para tener un efecto adverso en la producción o en las operaciones?
 - ¿Qué daño físico (si existe alguno) causa la falla?
 - ¿Qué (si existe algo) debe ser hecho para restaurar la función del sistema después de la falla?
- 5.5 Categorías de Consecuencias de Falla**
- 5.5.1 Las consecuencias de cada modo de falla deben ser formalmente categorizadas como sigue:
- 5.5.1.1 El proceso de categorización de consecuencias debe separar los modos de falla ocultos de los modos de falla evidentes.
- 5.5.1.2 El proceso de categorización de consecuencias debe distinguir claramente los eventos (modos de falla y fallas múltiples) que tengan consecuencias en la seguridad y/o el ambiente de los que sólo tengan consecuencias económicas (consecuencias operacionales y no operacionales).
- 5.5.2 La valoración de las consecuencias de falla se debe llevar a cabo como si ninguna tarea específica se esté llevando a cabo actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla.
- 5.6 Selección de las Políticas de Manejo de Fallas**
- 5.6.1 El proceso de selección de manejo de fallas debe tomar en cuenta el hecho de que la probabilidad condicional de algunos modos de falla se incrementará con el tiempo (o con la exposición al esfuerzo), que la probabilidad condicional de otros no cambiará con el tiempo y que la probabilidad condicional de otros tampoco decrecerá con el tiempo.
- 5.6.2 Todas las tareas programadas deben ser técnicamente factibles y que valgan la pena hacerlas (aplicables y efectivas), y los medios por los cuales este requerimiento deberá ser satisfecho están fijados en 5.7.

SAE JA1011 Issued AUG1999 (Traducción)

- 5.6.3 Si dos o más políticas de manejo de fallas propuestas son técnicamente factibles y valen la pena hacerlas (aplicables y efectivas), se debe seleccionar la política que sea mejor costo-efectiva.
- 5.6.4 La selección de las políticas de manejo de fallas debe ser llevada a cabo como si ninguna tarea específica estuviese siendo realizada actualmente para anticipar, prevenir o detectar la falla.
- 5.7 Políticas de Manejo de Fallas— Tareas Programadas**
- 5.7.1 Todas las tareas programadas deben cumplir con los siguientes criterios:
- 5.7.1.1 En el caso de que un modo de falla evidente tenga consecuencias en la seguridad o en el ambiente, la tarea debe reducir la probabilidad del modo de falla a un nivel que sea tolerable para el dueño o usuario del activo.
- 5.7.1.2 En el caso de un modo de falla oculta en el que la falla múltiple asociada tenga consecuencias en la seguridad o en el ambiente, la tarea debe reducir la probabilidad del modo de falla oculta a una magnitud que disminuya la probabilidad de la falla múltiple asociada a un nivel tolerable para el dueño o usuario del activo.
- 5.7.1.3 En el caso de un modo de falla evidente que no tenga consecuencias en la seguridad o en el ambiente, los costos directos o indirectos de la tarea deben ser menores que los costos directos o indirectos del modo de falla cuando se calculan en períodos de tiempo comparables.
- 5.7.1.4 En el caso de un modo de falla oculta en el que la falla múltiple asociada no tenga consecuencias en la seguridad o en el ambiente, los costos directos o indirectos de la tarea deben ser menores que los costos directos o indirectos de una falla múltiple más el costo de reparación del modo de falla oculta cuando se calculen en períodos de tiempo comparables.
- 5.7.2 Tareas Basadas en Condición— Cualquier tarea basada en condición que se seleccione (o predictiva, o basada en condición, o tarea de monitoreo de condición) debe satisfacer los siguientes criterios adicionales:
- 5.7.2.1 Debe existir un potencial de falla claramente definido.
- 5.7.2.2 Debe existir un intervalo P-F identificable (o período para el desarrollo de falla).
- 5.7.2.3 El intervalo de la tarea debe ser menor que el intervalo P-F probable más corto.
- 5.7.2.4 Debe ser físicamente posible realizar la tarea en intervalos menores que el intervalo P-F.
- 5.7.2.5 El tiempo más corto entre la detección de un potencial de falla y la ocurrencia de una falla funcional (el intervalo P-F menos el intervalo de la tarea) debe ser suficientemente largo para predeterminar la acción a ser tomada para evitar, eliminar o minimizar las consecuencias del modo de falla.
- 5.7.3 Tareas de Desincorporación Programada— Cualquier tarea de desincorporación programada seleccionada debe satisfacer los siguientes criterios adicionales:
- 5.7.3.1 Debe estar claramente definida (preferiblemente demostrable) la longevidad en la cual hay un incremento en la probabilidad condicional del modo de falla en consideración.
- 5.7.3.2 Debe existir una proporción suficientemente grande de las ocurrencias de este modo de falla después de esta longevidad para reducir la probabilidad de una falla prematura a un nivel que sea tolerable para el dueño o usuario del activo.

SAE JA1011 Issued AUG1999 (Traducción)

- 5.7.4 Tareas de Restauración Programada— Cualquier tarea de restauración programada seleccionada debe satisfacer los siguientes criterios adicionales:
- 5.7.4.1 Debe estar claramente definida (preferiblemente demostrable) la longevidad a la cual hay un incremento en la probabilidad condicional del modo de falla en consideración.
 - 5.7.4.2 Debe existir una proporción suficientemente grande de las ocurrencias de este modo de falla después de esta longevidad para reducir la probabilidad de una falla prematura a un nivel que sea tolerable para el dueño o usuario del activo.
 - 5.7.4.3 La tarea debe restaurar la resistencia a fallar (condición) del componente a un nivel que sea tolerable para el dueño o usuario del activo.
- 5.7.5 Tareas de Detección de Fallas— Cualquier tarea de detección de fallas seleccionada debe satisfacer los siguientes criterios adicionales (detección de fallas no aplica para modos de falla evidentes):
- 5.7.5.1 La base sobre la cual se selecciona el intervalo de tarea debe tomar en cuenta la necesidad de reducir la probabilidad de una falla múltiple del sistema protector asociado a un nivel que sea tolerable para el dueño o usuario del activo.
 - 5.7.5.2 La tarea debe confirmar que todos los componentes cubiertos por la descripción del modo de falla estén funcionales.
 - 5.7.5.3 La tarea de detección de falla y el proceso de selección del intervalo asociado deben tomar en cuenta cualquier probabilidad de que la tarea por si misma pueda dejar la función oculta en un estado de falla.
 - 5.7.5.4 Debe ser físicamente probable hacer la tarea en los intervalos especificados.
- 5.8 Políticas de Manejo de Fallas— Cambios Una Vez y Operar hasta Fallar
- 5.8.1 Cambios una vez
 - 5.8.1.1 El proceso MCC se esfuerza por obtener el desempeño deseado del sistema considerando como está configurado y operado actualmente, a través de la aplicación de tareas programadas apropiadas.
 - 5.8.1.2 En los casos donde tales tareas no estén disponibles, pueden ser necesarios cambios una vez del activo o sistema, sujeto a los siguientes criterios:
 - 5.8.1.2.1 En los casos donde la falla es oculta, y la falla múltiple asociada tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, es mandatorio cambios una vez que reduzcan la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable para el dueño o usuario del activo.
 - 5.8.1.2.2 En los casos donde el modo de falla es evidente y tiene consecuencias en la seguridad y en el ambiente, es mandatorio cambios una vez que reduzcan la probabilidad de una falla múltiple a un nivel tolerable para el dueño o usuario del activo.
 - 5.8.1.2.3 En casos donde el modo de falla es oculto y la falla múltiple asociada no tiene consecuencias en la seguridad ni en el ambiente, cualquier cambio una vez debe ser costo-efectivo en opinión del dueño o usuario del activo.
 - 5.8.1.2.4 En casos donde el modo de falla es evidente y no tiene consecuencias en la seguridad ni en el ambiente, cualquier cambio una vez debe ser costo-efectivo en opinión del dueño o usuario del activo.

- 5.8.2 Operar hasta Fallar— Cualquier política de operar hasta fallar seleccionada debe satisfacer los criterios apropiados como sigue:
- 5.8.2.1 En casos donde la falla es oculta y no hay ninguna tarea programada apropiada, la falla múltiple asociada no debe tener consecuencias en la seguridad ni el ambiente.
 - 5.8.2.2 En casos donde la falla es evidente y no hay ninguna tarea programada apropiada, el modo de falla asociado no debe tener consecuencias en la seguridad ni en el ambiente.
- 5.9 **Un Programa de Vida**
- 5.9.1 Este documento reconoce que (a) Muchos de los datos usados en el análisis inicial son inherentemente imprecisos, y que los datos más precisos estarán disponibles en el tiempo, (b) La manera en la cual el activo es utilizado, junto a las expectativas de desempeño asociadas, también cambiarán con el tiempo, y (c) La tecnología de mantenimiento continúa evolucionando. De modo que, una revisión periódica es necesaria si el programa de manejo de activos del MCC derivado es asegurar que los activos continúen cumpliendo las expectativas funcionales actuales de sus dueños y usuarios.
 - 5.9.2 Por consiguiente cualquier proceso MCC debe proveer una revisión periódica de las decisiones y al mismo tiempo de la información usada para soportar dichas decisiones. El proceso suele conducir de tal manera, que una revisión deba asegurar que todas las siete preguntas de la sección 5 continúen siendo respondidas satisfactoriamente y en una manera consistente con el criterio que parte desde 5.1 hasta 5.8.
- 5.10 **Formulación Estadística y Matemática**
- 5.10.1 Cualquier formulación estadística y matemática que se pueda utilizar en la aplicación del proceso (especialmente aquellos usados para computar los intervalos de algunas tareas) debe ser lógicamente robusta, y debe estar disponible y ser aprobada por el dueño o usuario del activo.
6. **Notas**
- 6.1 **Palabras Claves**— Mantenimiento basado en condición, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo, mantenimiento proactivo, MCC, mantenimiento centrado en confiabilidad, mantenimiento programado.

PREPARADO POR EL SUBCOMITÉ MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD SAE G-11 DEL
COMITÉ DE SOPORTABILIDAD SAE G-11

SAE JA1011 Issued AUG1999 (Traducción)

Razón— No aplicable.

Relación de la Norma SAE a la Norma ISO— No aplicable.

Aplicación— Esta Norma SAE para Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) está concebida para ser utilizada por cualquier organización que tenga o haga uso de activos físicos o sistemas los cuales desee manejar responsablemente.

Sección de Referencias

- SAE JA1012— A Guide to Reliability-Centered Maintenance (RCM)
- Nowlan, F. Stanley, and Howard F. Heap, "Reliability-Centered Maintenance," Department of Defense, Washington, D.C. 1978. Report Number AD-A066579.
- MIL-STD 2173(AS)— "Reliability-Centered Maintenance Requirements for Naval Aircraft, Weapons Systems and Support Equipment" (U.S. Naval Air Systems Command)
- NAVAIR 00-25-403— "Guidelines for the Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process" (U.S. Naval Air Systems Command)
- MIL-P-24534— "Planned Maintenance System: Development of Maintenance Requirement Cards, Maintenance Index Pages, and Associated Documentation" (U.S. Naval Sea Systems Command)
- S9081-AB-GIB-010/MAINT— "Reliability-Centered Maintenance Handbook" (U.S. Naval Sea Systems Command)
- Moubray, John, "Reliability-Centered Maintenance," 1997
- NES 45— Naval Engineering Standard 45, "Requirements for the Application of Reliability-Centred Maintenance Techniques to HM Ships, Royal Fleet Auxiliaries and other Naval Auxiliary Vessels" (Restricted-Commercial)
- Anderson, Ronald T. and Neri, Lewis, "Reliability-Centered Maintenance: Management and Engineering Methods," Elsevier Applied Science, London and New York, 1990
- Blanchard, B.S., Verma, D., and Peterson, E.L., "Maintainability: A Key to Effective Serviceability and Maintenance Management," John Wiley and Sons, New York, 1995
- "Dependability Management— Part 3-11: Application Guide— Reliability Centred Maintenance," International Electrotechnical Commission, Geneva, Document No. 56/651/FDIS.
- Jones, Richard B., "Risk-Based Management: A Reliability-Centered Approach," Gulf Publishing Company, Houston, TX, 1995
- MSG-3, "Maintenance Program Development Document," Air transport Association, Washington DC, Revision 2 1993
- "Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis," Department of Defense, Washington, DC, Military Standard MIL-DTD. 1629A, Notice 2, 1984
- "Reliability Centered Maintenance for Aircraft, Engines, and Equipment, United States Air Force," MIL-STD-1843 (NOTE: Cancelled without Replacement, August 1995)
- Smith, Anthony M., "Reliability Centered Maintenance," McGraw-Hill, New York, 1993

SAE JA1011 Issued AUG1999 (Traducción)

Zwingelstein, G., "Reliability Centered Maintenance, A Practical Guide for Implementation,"
Hermés, Paris, 1996

Desarrollado por el Subcomité Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (MCC) SAE G11

Patrocinado por el Comité de Soportabilidad SAE G11