



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

**DISEÑO DE MANUAL DE PROCESOS PARA EL
MANTENIMIENTO DE MOLINOS CHILENOS, EN LA EMPRESA
PRODUMIN S.A, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS Y
TIEMPOS**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A INDUSTRIAL

AUTORES:

ROBERT EDÚ CAMPOZANO RIOFRIO

KAREN ALEJANDRA GARCÉS SOLIS

Riobamba – Ecuador

2024



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

DISEÑO DE MANUAL DE PROCESOS PARA EL
MANTENIMIENTO DE MOLINOS CHILENOS, EN LA EMPRESA
PRODUMIN S.A, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS Y
TIEMPOS

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A INDUSTRIAL

AUTORES: ROBERT EDÚ CAMPOZANO RIOFRIO

KAREN ALEJANDRA GARCÉS SOLIS

DIRECTOR: Ing. JAIME IVÁN ACOSTA VELARDE

Riobamba – Ecuador

2024

© 2024, Robert Edú Campozano Riofrio; & Karen Alejandra Garcés Solis

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Robert Edú Campozano Riofrio y Karen Alejandra Garcés Solis, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 13 mayo de 2024



Robert Edú Campozano Riofrio
C.I 070501927-1



Karen Alejandra Garcés Solis
C.I 060610785-2

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO DE MANUAL DE PROCESOS PARA EL MANTENIMIENTO DE MOLINOS CHILENOS, EN LA EMPRESA PRODUMIN S.A, MEDIANTE LA APLICACIÓN DE MÉTODOS Y TIEMPOS**, realizado por el señor: **ROBERT EDÚ CAMPOZANO RIOFRIO** y la señorita: **KAREN ALEJANDRA GARCÉS SOLIS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Edwin Fernando Viteri Nuñez, PhD PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2024-05-27
Ing. Jaime Iván Acosta Velarde, Mgs DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27
Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano, Mgs ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2024-05-27

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a quienes han contribuido en nuestro proceso de formación académica, a lo largo de la carrera y en este tramo final de proyecto de grado. Al Ing. Iván Acosta y al Ing. Luis Buenaño, quienes han dado seguimiento a esta tesis, con calidad y calidez. Desde luego, al personal docentes y administrativo de la carrera de Ingeniería Industrial, que nos ha guiado en cada paso. Presentamos nuestra gratitud al personal del Departamento Técnico de PRODUMIN, S.A., por sus valiosos aportes en el trabajo de campo de este proyecto. Por supuesto, a nuestras familias, por ser un puntal económico y afectivo, que permitió que lleguemos a la culminación de nuestra carrera.

Edú y Karen

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
SUMMARY / ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Justificación	4
1.3. Objetivos	4
1.3.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>	5
CAPÍTULO II	
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Referencias teóricas	6
2.1.1. <i>Molinos chilenos</i>	6
2.1.1.1. <i>Cambio de calces</i>	7
2.1.1.2. <i>Cambio de cintas y calces</i>	7
2.1.1.3. <i>Cambio de faldones</i>	8
2.1.2. <i>Norma Internacional ISO 55001</i>	8
2.1.3. <i>Mantenimiento Productivo Total (TPM)</i>	8
2.1.3.1. <i>Mejoras Orientadas</i>	9
2.1.3.2. <i>Mantenimiento autónomo</i>	10
2.1.3.3. <i>Mantenimiento planificado o programado</i>	10
2.1.4. Tipos de mantenimiento	11
2.1.4.1. <i>Mantenimiento preventivo</i>	11
2.1.4.2. <i>Mantenimiento predictivo</i>	11

2.1.5. Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad	12
2.1.6. Disponibilidad Operacional Generalizada	12
2.1.6.1. <i>Tiempo medio entre mantenimientos</i>	13
2.1.6.2. <i>Tiempo neto de mantenimiento activo</i>	13
2.1.7. Diagrama AMEF	13
2.1.7.1. <i>Severidad o gravedad</i>	14
2.1.7.2. <i>Ocurrencia</i>	15
2.1.7.3. <i>Detección</i>	16
2.1.7.4. <i>Número de prioridad de riesgo (NPR)</i>	17
2.1.8. Taxonomía de equipos	18
2.1.9. Codificación de equipos	18
2.1.9.1. <i>Codificación Significativa</i>	18
2.1.10. Manual de procesos	19
2.1.10.1. <i>Manual</i>	19
2.1.10.2. <i>Manual de procesos</i>	19
2.1.10.3. <i>Beneficios de un Manual de Procesos</i>	20
2.1.10.4. <i>Contenido del Manual de Procesos</i>	20
2.1.11. Estandarización de procesos de mantenimiento	21
2.1.12. Estudio de métodos y tiempos	21
2.1.12.1. <i>Análisis de Métodos</i>	22
2.1.12.2. <i>Técnica de medición</i>	22
2.1.12.3. <i>Suplementos OIT</i>	23
2.1.12.4. <i>Tiempo normal</i>	23
2.1.12.5. <i>Tiempo estándar</i>	23
2.1.13. Hoja de trabajo estandarizada	23
2.1.14. Lista de verificación	24
2.1.14.1. <i>Lista de verificación para el estado de componentes</i>	24
2.1.14.2. <i>Lista de verificación para procesos de mantenimiento</i>	25
2.1.15. Control de procesos	25

2.1.16. <i>Simulación de eventos continuos</i>	26
2.1.17. <i>Simulación de eventos discretos</i>	26
2.1.18. <i>Distribución exponencial</i>	27
2.1.19. <i>Distribución de Weibull</i>	27
2.1.19.1. <i>Parámetros de la distribución de Weibull</i>	27
2.1.20. <i>OEE</i>	28
2.1.21. <i>Prueba t de Student para muestras pareadas</i>	29
2.1.22. <i>Matriz INSHT</i>	30
2.1.23. <i>Matriz NTP 330</i>	32
 CAPÍTULO III	
3. MARCO METODOLÓGICO	37
3.1. Metodología	37
3.1.1. <i>Método Inductivo</i>	37
3.1.2. <i>Metodología de aplicación de tres pilares de TPM</i>	37
3.1.2.1. <i>Mantenimiento autónomo</i>	38
3.1.2.2. <i>Mejoras orientadas</i>	38
3.1.2.3. <i>Mantenimiento programado</i>	38
3.1.3. <i>Enfoque Mixto</i>	38
3.1.4. <i>Tipos de investigación</i>	39
3.1.4.1. <i>Investigación Aplicada</i>	39
3.1.4.2. <i>Investigación Descriptiva y Correlacional</i>	39
3.1.4.3. <i>Investigación de Campo y Documental</i>	39
3.2. Técnicas de investigación	39
3.2.1. <i>Observación participante</i>	39
3.2.2. <i>Revisión documental</i>	40
3.3. Ubicación de la empresa	40
3.4. Fases del proyecto	41
3.4.1. <i>Diagnóstico de la situación actual</i>	41
3.4.1.1. <i>Funciones de los obreros</i>	41

3.4.1.2. <i>Frecuencia de fallas</i>	42
3.4.1.3. <i>Registro de mantenimientos</i>	43
3.4.1.4. <i>Análisis de Modo y Efectos de fallas</i>	43
3.4.1.5. <i>Análisis de Weibull</i>	43
3.4.1.6. <i>Disponibilidad Operacional Generalizada</i>	45
3.4.1.7. <i>OEE</i>	45
3.4.1.8. <i>Prueba T pareada</i>	46
3.4.1.9. <i>Procesos actuales de mantenimiento</i>	46
3.4.1.10. <i>Evaluación de riesgos</i>	49
3.4.2. Propuesta	50
3.4.2.1. <i>Mantenimiento autónomo</i>	50
3.4.2.2. <i>Mejoras orientadas</i>	51
3.4.2.3. <i>Mantenimiento planificado</i>	53
3.4.3. Diseño del manual de procesos	53
3.4.3.1. <i>Objetivo del manual</i>	54
3.4.3.2. <i>Alcance del manual</i>	54
3.4.3.3. <i>Público objetivo</i>	54
3.4.3.4. <i>Terminología</i>	54
3.4.3.5. <i>Documentos de referencia</i>	54
3.4.3.6. <i>Mantenimiento rutinario</i>	55
3.4.3.7. <i>Mantenimiento preventivo</i>	55
3.4.3.8. <i>Recursos</i>	55
3.4.4. Evaluación del manual	56
CAPÍTULO IV	
4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	58
4.1. Resultados de la evaluación de riesgos	58
4.1.1. Resultados de la evaluación de riesgos en cambio de cintas y calces	58
4.1.2. Evaluación de riesgos en cambio de calces	59
4.1.3. Evaluación de riesgos en cambio de faldones	59

4.2.	Medidas de control de riesgos laborales	60
4.3.	Comparación de resultados	61
4.3.1.	<i>AMEF</i>	61
4.3.2.	<i>Procesos propuestos de mantenimiento</i>	62
4.3.2.1.	<i>Cambio de cintas mejorado</i>	62
4.3.2.2.	<i>Cambio de calces</i>	63
4.3.2.3.	<i>Cambio de faldones</i>	63
4.3.3.	<i>Indicadores de mantenimiento</i>	64
CAPÍTULO IV		
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
5.1.	Conclusiones	93
5.2.	Recomendaciones	94

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1: Hoja de trabajo de un AMEF de un proceso	14
Tabla 2-2: Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/ usuario	15
Tabla 2-3: Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo	16
Tabla 2-4: Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo	17
Tabla 2-5: Interpretación de la codificación de un equipo.....	19
Tabla 2-6: Niveles de riesgo	31
Tabla 2-7: Valoración de riesgos	31
Tabla 2-8: Nivel de deficiencia acorde a la matriz NPT 330.....	32
Tabla 2-9: Nivel de exposición acorde al método NPT 330	33
Tabla 2-10: Nivel de probabilidad acorde con el método NPT 330.....	33
Tabla 2-11: Interpretación de los niveles de probabilidad acorde a la matriz NPT 330	34
Tabla 2-12: Nivel de consecuencia.....	35
Tabla 2-13: Nivel de Riesgo	35
Tabla 2-14: Nivel de intervención	36
Tabla 3-1: Análisis de Weibull de los molinos	44
Tabla 3-2: Método Puntual de los molinos	45
Tabla 3-3: Cálculo de OEE	46
Tabla 3-4: Tiempo Total	47
Tabla 3-5: Resumen cambio de cintas	47
Tabla 3-6: Resumen cambio de calces.....	48
Tabla 3-7: Resumen cambio de faldones	49
Tabla 3-8: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos acorde a la matriz INSHT	50
Tabla 3-9: Tabla Resumen de evaluación de Riesgos acorde a la matriz NPT 330.....	50
Tabla 3-10: Lista de equipos.....	51
Tabla 3-11: Codificación	52
Tabla 3-12: Niveles de taxonomía	52
Tabla 4-1: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos acorde a la matriz INSHT	58
Tabla 4-2: Tabla Resumen de evaluación de Riesgos acorde con la matriz NPT 330.....	58
Tabla 4-3: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos en cambio de calces	59
Tabla 4-4: Resumen de evaluación de Riesgos acorde a la matriz NPT 330.....	59
Tabla 4-5: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos en cambio de faldones.....	59
Tabla 4-6: Resumen de evaluación de Riesgos acorde con la matriz NPT 330.....	60
Tabla 4-7: Equipo de protección personal.	60

Tabla 4-8: Resumen cambio de cintas propuesto.....	61
Tabla 4-9: Resumen cambio de cintas propuesto.....	62
Tabla 4-10: Resumen cambio de calces propuesto	63
Tabla 4-11: Resumen cambio de faldones propuesto	64
Tabla 4-12: Comparación de resultados.....	65
Tabla 4-13: Comparación de resultados.....	65
Tabla 4-14: Análisis de significancia.....	67
Tabla 4-15: Análisis de la disponibilidad actual y mejorada	68

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2: Molino chileno	6
Ilustración 2-2: Rueda con calce desgastado.....	7
Ilustración 3-2: Vista interior del molino	8
Ilustración 4-2: Vista interior del molino	18
Ilustración 5-2: Contenido del Manual de Procesos.....	20
Ilustración 6-2: Ejemplo de Hoja de Trabajo Estandarizada.....	24
Ilustración 7-2: Ejemplo de Distribución Exponencial	27
Ilustración 8-2: Distribución de Weibull.....	28
Ilustración 1-3: Ubicación de la empresa	41
Ilustración 2-3: Trabajos de mantenimiento.....	42
Ilustración 3-3: Diagrama de mantenimiento rutinario	53
Ilustración 4-3: Trabajos de mantenimiento.....	56
Ilustración 5-3: Parámetros de los trabajos de mantenimiento.....	57
Ilustración 1-4: Disponibilidad operacional generalizada	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ INSHT DE CINTAS

ANEXO B: MATRIZ INSHT DE CALCES

ANEXO C: MATRIZ INSHT DE FALDONES

ANEXO D: MATRIZ NPT 330 DE CINTAS

ANEXO E: MATRIZ NPT 330 DE CALCES

ANEXO F: MATRIZ NPT 330 DE FALDONES

ANEXO G: DIAGRAMA DE FLUJO DE CINTAS

ANEXO H: DIAGRAMA DE FLUJO DE CALCES

ANEXO I: DIAGRAMA DE FLUJO DE FALDONES

ANEXO J: ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA

ANEXO K: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CINTAS

ANEXO L: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CALCES

ANEXO M: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE FALDONES

ANEXO N: OBSERVACIONES DE CAMBIO DE CINTAS

RESUMEN

En la empresa PRODUMIN S.A no se cuenta con información documentada acerca de los pasos a seguir para realizar mantenimiento en los equipos de la planta. El área en donde se realizan más mantenimientos es la de molienda, pero no contar con información que detalle los procesos a cumplir ocasiona tiempos largos en los mantenimientos y reprocesos de estas actividades. Así, se propuso diseñar un Manual de Procesos de Mantenimiento para molinos chilenos, utilizando métodos y tiempos; para optimizar las actividades de mantenimiento y mejorar la disponibilidad de los equipos. El proceso se desarrolló en varias etapas. Primero, se diagnosticó las funciones de los obreros y los procesos de mantenimiento actuales. Además, se realizó un Análisis de Modos y Efectos de Fallas, para determinar el grado de criticidad de los componentes; y se calculó los valores de disponibilidad y Efectividad Total del Equipo (OEE por sus siglas en inglés) para cada molino. Luego, se elaboró el manual, que incluye descripciones detalladas de los procesos de mantenimiento, listas de verificación, terminología y directrices para el mantenimiento preventivo y rutinario, integrando recomendaciones del TPM, centrándose en los pilares de Mantenimiento Autónomo, Mejoras Orientadas y Mantenimiento Programado. La aplicación del manual se evaluó mediante simulaciones de eventos discretos, que demostraron mejoras significativas en la disponibilidad y OEE de los molinos, en porcentajes que van desde el 6.03% hasta el 9.96% para la disponibilidad y de 9.52% hasta el 12.37% para el OEE.

Palabras clave: <MOLINO CHILENO> <MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL> <DISPONIBILIDAD OPERACIONAL GENERALIZADA> <SIMULACIÓN DE EVENTOS DISCRETOS> <MANUAL DE PROCESOS>.

0804-DBRA-UPT-2024



ABSTRACT

PRODUMIN S.A. has no documented information concerning the steps to follow to perform maintenance on the equipment of the plant. The area where most maintenance is performed is the milling area, but the lack of detailed information on the processes to be followed generates extended maintenance periods and reprocessing of those activities. Therefore, it was proposed to design a Maintenance Process Manual for Chilean mills, applying methods and times, in order to optimize maintenance activities and improve equipment efficiency. The process was developed in several stages. First, the functions of the workers and the current maintenance processes were diagnosed. In addition, a Failure Modes and Effects Analysis was made to determine the degree of criticality of the components, and the availability and Overall Equipment Effectiveness (OEE), those values were calculated for each mill. Then, the manual was elaborated, which includes detailed descriptions of maintenance processes, checklists, terminology and guidelines for preventive and routine maintenance, integrating TPM recommendations, focusing on the pillars of Autonomous Maintenance, Targeted Improvements and Scheduled Maintenance. The implementation of the manual was evaluated through single event simulations, which showed significant improvements in mill availability and OEE, in percentages ranging from 6.03% to 9.96% for availability and from 9.52% to 12.37% for OEE.

Keywords: <CHILEAN MILL> <TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE>
<GENERALIZED OPERATIONAL AVAILABILITY> <DISCRETED EVENT
SIMULATION> <MANUAL OF PROCES>.



Mgs. Mónica Paulina Catillo Niama.

C.I. 060311780-5

INTRODUCCIÓN

La extracción de minerales, especialmente del material aurífero (oro) desempeña un papel fundamental en la economía nacional, siendo una fuente potencial de puestos de trabajo para la sociedad. En este contexto, PRODUMIN S.A ha establecido su participación en el sector como una organización en constante crecimiento.

La demanda significativa que posee el sector minero hace que las empresas dedicadas a la extracción de minerales busquen herramientas y metodologías idóneas que permitan la estandarización de procesos, cuyo propósito es la mejora constante en el área productiva y administrativa logrando el desarrollo de actividades capaces.

Entre las metodologías que permiten la estandarización de procesos a nivel industrial, es el estudio de métodos y tiempos, en donde además se incorporan herramientas tales como el Mantenimiento Productivo Total (TPM), que se caracteriza por centrar, mejorar y mantener la eficiencia de activos en una industria. Su propósito es la reducción de paros en la producción, minimización de averías y el funcionamiento óptimo de la maquinaria. Una de las características es que el TPM promueve la participación de todos los miembros de la empresa en la gestión de mantenimiento, inculcando la responsabilidad compartida. Otra característica es la descripción detallada, ordenada y técnica de documentación de cada uno de los procedimientos y pasos que se deben realizar para operar en cierta área, como en este caso de la molienda de minerales. Los manuales de procesos son considerados como otra herramienta esencial en la gestión de actividades, con la finalidad de la estandarización de operaciones.

La aplicación de modelos de gestión es crucial para el correcto mantenimiento de maquinarias, con el fin de garantizar la vida útil de activos, incrementando su disponibilidad. Las herramientas mencionadas con anterioridad facilitarán la identificación de inestabilidad en el proceso en función de los tiempos tomados en la línea de producción. Adicionalmente, la evaluación del desempeño por medio de indicadores facilita evidenciar el desarrollo de proyecto en cuestión, cuyo enfoque es la estandarización de procesos en el sector minero.

En el presente documento, en el capítulo I, se encuentra el planteamiento del problema, la justificación desde diferentes ámbitos teóricos, prácticos y de factibilidad, así como los objetivos, general y específicos.

En el capítulo II, se muestran los antecedentes de estudios similares en distintos contextos y luego, un marco conceptual de los temas correspondientes a esta investigación, tales como: los procesos de mantenimiento de los molinos, técnicas de mantenimiento, estudio de métodos y tiempos, y, lo relacionado con la simulación, como las distribuciones.

En el capítulo III, se establece la metodología desde el campo amplio de la investigación en general, como los métodos y técnicas. Pero, también, la metodología particular de la ingeniería industrial, que es la aplicación de tres pilares de TPM, que cuenta con las fases de diagnóstico y propuesta. El diagnóstico tiene los siguientes componentes: la revisión de la frecuencia de fallas, registros de mantenimiento, análisis de modos y efectos de falla; análisis de Weibull; cálculo de indicadores; estudio de métodos y tiempos; y análisis de riesgos. La propuesta, se desarrolla en los siguientes pasos: desarrollo de la taxonomía de los equipos; codificación; desarrollo y evaluación del manual

En el capítulo IV se encuentra la propuesta central del proyecto de investigación, que corresponde a los resultados de las diferentes fases de la metodología. En primer lugar, se desglosan los datos de análisis de riesgos y tiempos, con una orientación sobre las medidas de mitigación. Luego, el desarrollo del manual. A continuación, se muestran los indicadores comparativos, producto de las simulaciones. El capítulo V corresponde a las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

La empresa PRODUMIN S.A se encuentra ubicada en el cantón Camilo Ponce Enríquez de la Provincia del Azuay, a 1 kilómetro de la parroquia La López. Esta organización cuenta con una cantidad promedio de 680 trabajadores en todo el campamento minero. Se dedica a la extracción aurífera desde la exploración hasta su fundición y venta. La molienda es una parte esencial del proceso, debido a que en esta operación se realiza la reducción de granulometría del material, ingresando alrededor de 100 toneladas diarias de material triturado. La disponibilidad de los molinos chilenos que componen el área es fundamental para la tarea operativa, debido a que la inactividad de los equipos representa un impacto negativo en la producción diaria.

El Departamento Técnico de la empresa es el encargado de ejecutar tareas de mantenimiento preventivo y correctivo en los equipos de la planta e interior mina, además de contar con un taller mecánico y taller electromecánico donde se realizan los trabajos que requiera la empresa. El mantenimiento en molinos de minería presenta varios retos, incluyendo la complejidad de los equipos, condiciones ambientales y altas cargas de trabajo soportadas. La falta de estandarización de estos procesos ocasiona ineficiencias, tiempos de inactividad no planificadas, y en peores casos accidentes y daños costosos.

Una primera causa de este problema es la ausencia de hojas que trabajo que permitan el desarrollo las actividades en un orden definido. Por consiguiente, se realizan las operaciones de forma empírica, por lo que varía el tiempo de ejecución, se generan errores y se retrasa el proceso.

Una segunda causa es la inexistencia de uniformidad en los procedimientos; como consecuencia las actividades son generadas de manera inconsistente, dificultando el seguimiento y control de calidad.

Una tercera causa es el descuido en el manejo de equipos y equipos de protección personal (EPP) por parte del personal que ejecuta el trabajo; potenciando el riesgo de accidentes por quemaduras, golpes, cortes, inhalación de gases y explosiones.

1.2. Justificación

El presente proyecto, desarrollado en la empresa PRODUMIN S.A, busca identificar y abordar los problemas relacionados con la falta de estandarización en los procesos de mantenimiento del área de molinos. En la estandarización de los procesos implica herramientas y enfoques técnicos tales como: la evaluación de riesgos, diagramas de procesos, diagramas de flujo, economía de movimientos, estudio de métodos y tiempos y otras herramientas de documentación apropiadas.

Los documentos generados, permitirán a los obreros, contar con una guía clara y exhaustiva en donde se establezcan procedimientos a seguir, reduciendo las posibilidades de cometer errores durante la realización de las actividades, la ejecución de tareas mediante información acerca de las precauciones y medidas de seguridad necesarias para ejecutar el trabajo de manera segura y sobre todo efectiva.

Este proyecto, por medio de la implementación de estas herramientas, contribuirá a la empresa en diversos aspectos considerables. En primera instancia, la información documentada de procedimientos de mantenimiento garantiza la realización de las actividades de manera consistente, coherente y uniforme. Del mismo modo, ayuda a mejorar la calidad final del trabajo, lo que se traduce a generar beneficios económicos para la empresa a largo plazo.

Además, la estandarización de procesos y la documentación de procedimientos de mantenimiento permitirán la identificación de áreas específicas para aplicar mejor continua, dando como resultado la optimización de procesos, aumentando la eficiencia e incluso la competitividad de la empresa en el mercado.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un manual de procesos para el mantenimiento de molinos chilenos, en la empresa PRODUMIN S.A, mediante la aplicación de métodos y tiempos, para la estandarización de los procesos.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las funciones de los obreros en el mantenimiento de molinos chilenos, a través de técnicas de investigación, para la determinación de elementos de análisis.
- Analizar los procesos actuales de mantenimiento de molinos, mediante observación participativa, para la evaluación de métodos y tiempos.
- Determinar la disponibilidad operacional generalizada de los molinos, mediante la aplicación del análisis de Weibull, identificando la frecuencia de falla en los equipos.
- Valorar los riesgos existentes y equipos de protección personal necesarios para el mantenimiento de molinos, por medio de matrices de evaluación de riesgos.
- Desarrollar y evaluar un manual de procesos de mantenimiento para molinos chilenos, con indicaciones detalladas en cada etapa, mediante la aplicación del mantenimiento productivo total (TPM).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Referencias teóricas

2.1.1. Molinos chilenos

Son equipos que se utilizan en la pequeña minería, debido a su capacidad de procesamiento y las ventajas económicas que representa su manejo, montaje y mantenimiento. Los molinos chilenos reducen la granulometría del material mediante la fricción entre dos metales rodantes (rueda y pista), pueden ser de dos o más ruedas, esto dependerá de su capacidad de procesamiento, en este caso, los equipos analizados constan de cuatro ruedas de 1,20 m de diámetro accionadas por un motor de 30 HP y una pista de 25 cm.

(Herrera, 2013) indica que este tipo de molinos se ha mantenido a lo largo de los siglos, por la relación existente entre la molienda y la amalgamación del oro, con el uso de este equipo, que sigue en vigencia desde el siglo XIX (pág. 108).



Ilustración 2-1: Molino chileno

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

En cuanto a las ruedas, su exterior está revestido con forros metálicos soldados llamados calces, los cuales se encuentran soldados a una plancha metálica soldada a la rueda que recibe el nombre

de cinta. Estos calces capturan y fragmentan el material contra la pista, la cual está cubierta con planchones metálicos conocidos como quesos. El desgaste ocasionado por la fricción entre materiales y el desgaste de otros componentes mecánicos, exigen un control y mantenimiento periódico (León, 1999, págs. 17-19).

2.1.1.1. Cambio de calces

Los calces son planchas de hierro negro con espesor de 2 pulgadas que van soldadas a las cintas, y estas a las ruedas, estas piezas experimentan desgaste constante durante su funcionamiento. Para realizar el cambio, se deben cortar los calces desgastados con oxicorte, pulir la cinta para eliminar los residuos, para montar y soldar los calces nuevos.



Ilustración 2-2: Rueda con calce desgastado

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Este cambio se realiza cuando únicamente los calces se encuentran desgastados y las cintas aún están en buen estado.

2.1.1.2. Cambio de cintas y calces

Al igual que los calces, las cintas presentan un desgaste durante su funcionamiento, además de estar sometidas a fatiga debido a la compresión del material con la rueda y el piso. Durante el proceso de cambio se cortan las cintas desgastadas con ayuda del oxicorte, se pule la superficie de las ruedas, se montan y sueldan las cintas nuevas que miden 120 cm x 15 cm x ½”.

2.1.1.3. Cambio de faldones

Los faldones son planchas de acero que cubren el contorno interior del molino, estas piezas de igual manera presentan desgaste por lo que necesitan ser cambiados periódicamente. El proceso de cambio consiste en cortar los faldones desgastados, retirarlos y soldar las piezas nuevas, para que el equipo funcione de manera correcta.



Ilustración 2-3: Vista interior del molino

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.2. Norma Internacional ISO 55001

La norma ISO 55001 brinda cada uno de los parámetros que permiten implementar, mantener y sobre todo mejorar el sistema de gestión de activos. Tiene como primordial propósito que las organizaciones procuren la eficiencia y eficacia de activos, desde su adquisición hasta su vida útil o disposición de los mismos.

2.1.3. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una metodología de mejora que permite asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones, de los equipos, y del sistema, mediante la aplicación de los conceptos de: prevención, cero defectos, cero accidentes, y participación total de las personas (Salazar, 2019, pág. 5).

En el TPM el operario del equipo toma un papel protagónico en el mantenimiento preventivo de su unidad productiva y se compromete en el incremento de la productividad a la totalidad del personal de una empresa, incluyendo la alta gerencia; para tomar ese papel protagónico el operador debe ser sensibilizado y capacitado, para ejecutar tareas básicas contempladas en el Mantenimiento Autónomo (Montilla, 2016, págs. 36-37). Según (Suzuki, 1996), el TPM tiene ocho pilares fundamentales, los cuales son:

- Mejoras orientadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento planificado
- Mantenimiento de calidad
- Mantenimiento de desarrollo
- Gestión temprana de los equipos
- Actividades de departamentos administrativos y de apoyo
- Gestión de seguridad, salud y medio ambiente

Este proyecto aborda tres de los ocho pilares mencionados anteriormente, que son: Mejoras Orientadas, Mantenimiento Autónomo y Mantenimiento Planificado.

2.1.3.1. Mejoras Orientadas

Este pilar tiene que ver con el desarrollo y la realización de mejoras en los procesos existentes, mediante pequeños cambios dirigidos. Hace hincapié en la introducción de mejoras graduales en los procesos existentes, con el fin de maximizar la eficacia y reducir los costes. Estas mejoras concretas se aplican utilizando un enfoque científico como el ciclo: Planificar-Hacer-Verificar-Actuar (PDCA, por sus siglas en inglés), que permite identificar pequeños problemas, crear soluciones para ellos y evaluar posteriormente su eficacia antes de aplicar cualquier cambio (Suzuki, 1996)

Una herramienta útil para la evaluación de los posibles fallos que pueden ocurrir en un equipo es el Análisis de Modos de Falla y Efectos (AMEF), priorizando aquellos componentes cuya severidad sea alta y condicione al sistema de su funcionamiento normal. Los componentes para analizar son las ruedas, motor eléctrico, reductor, calces, cintas, eje principal y poleas.

2.1.3.2. Mantenimiento autónomo

El mantenimiento autónomo es aquel que se realiza con la asistencia de los operarios del involucrados en el proceso. Consiste en realizar diariamente actividades no especializadas, tales como la inspecciones, limpieza, lubricación, ajustes menores, estudios de mejoras, análisis de fallas, entre otras. Es importante que los operarios sean capacitados y polivalentes para llevar a cabo estas funciones, de tal manera que debe contar con total dominio del equipo que opera, y de las instalaciones de su entorno (Salazar, 2019, pág. 5)

Las actividades que se realizan en este pilar corresponden al encendido y apagado de equipos, cambios de quesos, las mismas que son operaciones ejecutadas por los operarios del área de producción debido a que son tareas que no presentan mayor complejidad técnica. Teniendo en consideración que la sencillez de las actividades mencionadas con anterioridad se ejecuta de forma manual, en caso de presentarse alguna complejidad se debe notificar al Departamento Técnico para que proceda con la reparación pertinente.

2.1.3.3. Mantenimiento planificado o programado

El mantenimiento planificado incluye tres formas de mantenimiento: correctivo, preventivo y predictivo. La finalidad de realizar el mantenimiento preventivo y predictivo es tener cero averías, aunque incluso cuando se realizan prácticas de mantenimiento sistemático, siguen ocurriendo fallas inesperadas. Dentro del TPM, las actividades de mantenimiento programado tienden a establecer indicadores, sobre todo el tiempo medio entre fallos, que servirá para programar las tareas de manera semanal, mensual, trimestral, etc (Suzuki, 1996, págs.15-16).

Un plan de mantenimiento que contenga de manera detallada las tareas específicas que se deben realizar, garantiza la realización óptima de las actividades en cada una de las áreas, teniendo en consideración los intervalos de tiempo y de recursos necesarios. El uso de documentación permite la asignación eficiente de los recursos indispensables, juntamente con la minimización de tiempos muertos.

El desarrollo de las listas de verificación en cada una de las actividades de mantenimiento permite al personal técnico ejecutar tareas de tal modo que sean sistemáticas, y que garantice el cumplimiento de todos los procedimientos necesarios.

La técnica de termografía permite la detección de las variantes con respecto a la temperatura en los equipos, permite la identificación de los componentes que tienen un exceso de calentamiento, e incluso los puntos calientes existentes y problemas eléctricos.

2.1.4. Tipos de mantenimiento

Los tipos de mantenimiento más frecuentes en la industria minera pueden resumirse en tres conceptos generales como son: correctivo, programado, preventivo y predictivo.

2.1.4.1. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de labores o actividades planificadas que se llevan a cabo dentro de periodos definidos. Se diseña con el objetivo de garantizar que los activos de las empresas cumplan con las funciones requeridas en horario laboral, para prevenir y adelantarse a las fallas de los elementos, componentes, o equipos. También incluye diferentes acciones, como cambios, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc., realizadas en períodos de tiempos (Pérez, 2021, pág. 39).

La finalidad más importante es incrementar al máximo los valores de disponibilidad y confiabilidad de los equipos, permitiendo una mayor eficiencia de los sistemas productivos. La disponibilidad se define como la probabilidad de que una máquina se encuentre en condiciones de operación cada vez que se le requiera. Mientras que, la confiabilidad es la probabilidad de que la máquina esté realizando su función principal en un intervalo de tiempo sin presentar fallas.

Las inspecciones del mantenimiento preventivo se pueden realizar de manera periódica (cada cierto número de horas de trabajo) y conforme los intervalos sean más largos, se van incrementan los puntos de inspección o control, hasta que, para un número de horas establecido, es necesario llevar los equipos al taller y realizar una revisión general desmontándolos para poder examinar detenidamente aquellos componentes que no son visibles desde el exterior (Herrera, 2022, pág. 6).

2.1.4.2. Mantenimiento predictivo

Consiste en estudiar los síntomas de falla y predecir la ocurrencia de una avería, midiendo y analizando los cambios en las variables de operación de esta. El Mantenimiento predictivo es una fase avanzada del preventivo, utilizando técnicas de inspección o de reconocimiento no

destrutivo que miden el progreso de los desgastes a lo largo del tiempo, prediciendo de manera más precisa el momento del fallo con técnicas estadísticas, donde no solo se prevén los momentos y los elementos necesarios, sino que también coordinan con los almacenes y proveedores para evitar retrasos logísticos (Herrera, 2009, pág. 9).

2.1.5. *Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad*

El Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad o *RCM* por sus siglas en inglés, es una filosofía que optimiza la confiabilidad operacional de un sistema que funciona bajo condiciones de trabajo definidas, en función de la criticidad de los activos, tomando en cuenta los posibles efectos que originarán los modos de falla de dichos activos, sobre la seguridad, al ambiente, a las operaciones. En este sistema de mantenimiento se pone especial énfasis en el funcionamiento global del sistema, más que en el de cada equipo individualmente; un equipo no es lo únicamente importante, sino por la función que desempeñe dentro de un proceso productivo (Montilla, 2016, pág. 37).

El *RCM* se apoya en estadísticas de falla, con las cuales se llevan a cabo un análisis de criticidad de las secciones de la máquina, y posteriormente se determina la criticidad de los subsistemas que, aplicando una metodología de Análisis de Modo y Efecto de Falla (AMEF) por intermedio de un parámetro llamado; Número de Prioridad de Riesgo (NPR); para determinar un plan de acción para dicho subsistema; el cual puede indicar la aplicación de correctivo, preventivo, predictivo, modificativo o rediseño (Montilla, 2016, pág. 37)

2.1.6. *Disponibilidad Operacional Generalizada*

Este tipo de disponibilidad se calcula tomando en cuenta no solo los tiempos específicos de mantenimiento, sino también los retrasos logísticos y administrativos que afectan el desarrollo del proceso de mantenimiento e impiden la reactivación rápida de los equipos. Se usa cuando los equipos se encuentran en condiciones operativas, pero no producen, esta condición se conoce como *ready time*. ((Mora, 2009, pág. 72).

$$A_{GO} = \frac{MTBM'}{MTBM' + \overline{M}}$$

Ecuación 2-1

Los retrasos logísticos y administrativos incluyen situaciones tales como: falta de repuestos y materiales, dificultad para detener la producción inmediatamente, asignación de personal, y

lavado previo del molino; actividad en la cual se retiran todos los residuos del material procesado dentro del equipo.

2.1.6.1. *Tiempo medio entre mantenimientos*

El MTBM (*Mean Time Between Maintenance*) se define como el tiempo útil promedio entre actividades de mantenimiento, pudiendo ser preventivo o correctivo. El tiempo útil del equipo entre mantenimientos planeados se conoce como MTBM_p, mientras que el MTBM_c indica el tiempo medio que la maquinaria trabaja sin que exista alguna falla (Zegarra, 2016).

$$MTBM = \frac{1}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Ecuación 2-2

2.1.6.2. *Tiempo neto de mantenimiento activo*

También conocido como *Mean Time Active Maintenance*, es el tiempo medio de mantenimientos realizados a un equipo. Está dado en función de los tiempos medios de mantenimientos planeados (M_p) y mantenimientos correctivos (MTTR) o tiempos de reparación (Mora, 2009, pág. 83).

$$\bar{M} = \frac{\frac{MTTR}{MTBM_c} + \frac{M_p}{MTBM_p}}{\frac{1}{MTBM_c} + \frac{1}{MTBM_p}}$$

Ecuación 2-3

2.1.7. *Diagrama AMEF*

El análisis de Modo y Efecto de Fallas conocido como AMEF, es una herramienta que permite identificar posibles en procesos y sistemas, con un enfoque proactivo. También evalúa y clasifica los efectos, causas y elementos de identificación para crear acciones preventivas (Salazar, 2019, párr. 1). Esta herramienta tiene un mayor uso con los equipos más críticos evaluados dentro de la empresa (Aguiar y Rodríguez, 2014). Entre los beneficios que ofrece este tipo de análisis se encuentran: identificar posibles fallas, conocer los efectos que generan las fallas y evaluar su criticidad, generar planes de mejora, entre otros (Salazar 2019, párr. 8).

Tabla 2-1: Hoja de trabajo de un AMEF de un proceso

Proceso / Función	Falla Potencial	Modo de Falla	Efecto	Control/Prevención/Detección	S	O	D	NPR	Acción Recomendada
Inyección de Pieza	Acabado con rebanadas	Presión excesiva	Retrabajo	Presión regulada por el operador e inspección visual de la falla	9	6	10	540	Instalar sensores y válvula limitadora de presión en la inyectora

Fuente: Predictiva 2021, pág.1.

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.7.1. Severidad o gravedad

De acuerdo con la norma (NPT 679, 2004), se refiere a la probabilidad de fallos en el proceso, está basada únicamente en el efecto de fallo; todas las causas potenciales de fallo para un efecto particular también reciben la misma clasificación.

Tabla 2-2: Clasificación de la gravedad del modo fallo según la repercusión en el cliente/ usuario

GRAVEDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Repercusiones imperceptibles	No es razonable esperar que este fallo de pequeña importancia origine efecto real alguno sobre el rendimiento del sistema. Probablemente, el cliente ni se daría cuenta del fallo.	1
Baja Repercusiones irrelevantes apenas perceptibles	El tipo de fallo originaría un ligero inconveniente al cliente. Probablemente, éste observaría un pequeño deterioro del rendimiento del sistema sin importancia. Es fácilmente subsanable.	2-3
Moderada Defectos de relativa importancia	El fallo produce cierto disgusto e insatisfacción en el cliente. El cliente observará deterioro en el rendimiento del sistema.	4-6
Alta	El fallo puede ser crítico y verse inutilizado el sistema. Produce un grado de insatisfacción elevado.	7-8
Muy Alta	Modalidad de fallo potencial muy crítico que afecta el funcionamiento de seguridad del producto o proceso y/o involucra seriamente el incumplimiento de normas reglamentarias. Si tales incumplimientos son graves corresponde un 10.	9-10

Fuente: (NTP 679, 2004).

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.7.2. Ocurrencia

Frecuencia en la cual se presentan las fallas, cuando se asigna esta clasificación, se deben considerar dos probabilidades: La probabilidad de que se produzca una falla. La probabilidad de que, una vez ocurrida la falla, esta provoque el efecto nocivo indicado (NTP 679, 2004).

Tabla 2-3: Clasificación de la frecuencia/ probabilidad de ocurrencia del modo de fallo

FRECUENCIA	CRITERIO	VALOR
Muy Baja Improbable	Ningún fallo se asocia a procesos casi idénticos, ni se ha dado nunca en el pasado, pero es concebible	1
Baja	Fallos aislados en procesos similares o casi idénticos. Es razonablemente esperable en la vida del sistema, aunque es poco probable que suceda.	2-3
Moderada	Defecto aparecido ocasionalmente en procesos similares o previos al actual. Probablemente aparecerá algunas veces en la vida del componente/sistema.	4-6
Alta	El fallo se ha presentado con cierta frecuencia en el pasado en procesos similares o previos procesos que han fallado.	7-8
Muy Alta	Fallo casi inevitable. Es seguro que el fallo se producirá frecuentemente.	9-10

Fuente: (NTP 679, 2004).

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.7.3. *Detección*

De acuerdo con la norma (NPT 679 2004), la detección indica la probabilidad de que la causa y/o modo de fallo, supuestamente aparecido, llegue a ser informado. Se está definiendo la “no detección”, para que el índice de prioridad crezca de forma análoga del resto de índices a medida que aumenta el riesgo. Tras lo dicho se puede deducir que este índice está íntimamente relacionado con los controles de detección actuales y la causa.

Tabla 2-4: Clasificación de la facilidad de detección del modo de fallo

DETECTABILIDAD	CRITERIO	VALOR
Muy Alta	El defecto es obvio. Resulta muy improbable que no sea detectado por los controles existentes	1
Alta	El defecto, aunque es obvio y fácilmente detectable, podría en alguna ocasión escapar a un primer control, aunque sería detectado con toda seguridad a posteriori.	2-3
Mediana	El defecto es detectable y posiblemente no llegue al cliente. Posiblemente se detecte en los últimos estadios de producción	4-6
Pequeña	El defecto es de tal naturaleza que resulta difícil detectarlo con los procedimientos establecidos hasta el momento.	7-8
Improbable	El defecto no puede detectarse. Casi seguro que lo percibirá el cliente final	9-10

Fuente: (NTP 679, 2004).

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.7.4. Número de prioridad de riesgo (NPR)

Dentro del desarrollo del AMEF se determina el NPR, el cual se da por la multiplicación por tres índices de probabilidad, los cuales son la gravedad o severidad, el nivel de ocurrencia y facilidad de detección.

$$\text{NPR} = \text{Gravedad} \times \text{Ocurrencia} \times \text{Detección}$$

Ecuación 2-4

Estos índices de evaluación se van determinando en escalas de 1 hasta 10 en función de las características que se describan para cada uno de ellos, donde un NPR elevado, significa un equipo con criticidad alta (Moreno,2017, pág.13).

2.1.8. Taxonomía de equipos

De acuerdo con la Norma ISO 14224, la taxonomía es una clasificación sistemática de ítems en grupos genéricos basados en factores posiblemente comunes a varios ítems (ubicación, uso, subdivisión de equipos, etc.), una clasificación de datos relevantes recolectado está representada por una jerarquía con sus respectivos niveles de taxonomía.

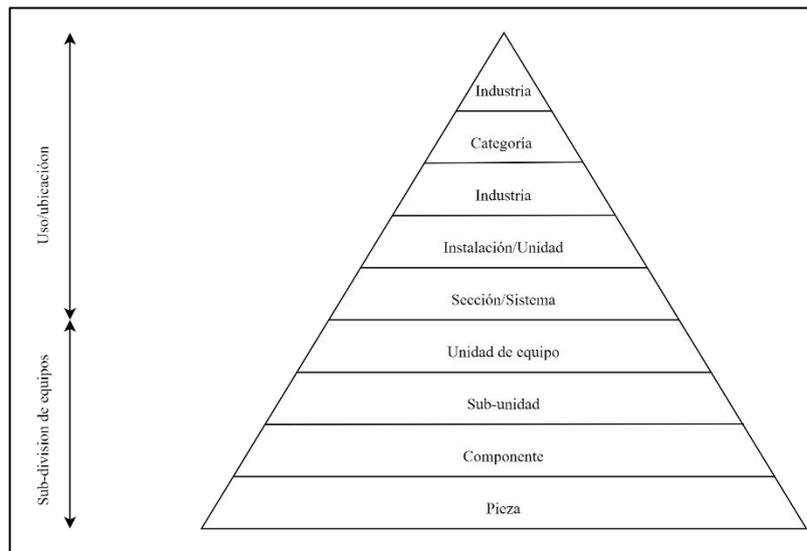


Ilustración 2-4: Vista interior del molino

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.9. Codificación de equipos

La codificación de equipos implica asignar códigos exclusivos a cada dispositivo o equipo con el fin de facilitar su identificación, ubicación y manejo. Esta asignación de códigos puede llevarse a cabo a través de sistemas correlativos o significativos, que ofrecen información adicional sobre los equipos. El propósito fundamental es mejorar la eficiencia en la administración y control de los equipos en un entorno particular (García,2003, pág.13).

2.1.9.1. Codificación Significativa

La codificación significativa es un método que se utiliza para asignar códigos a equipos o dispositivos, con el fin de proporcionar información adicional sobre ellos. A diferencia de los códigos correlativos simples, los sistemas de codificación significativa incluyen detalles relevantes, como el tipo de equipo, la ubicación, la función u otra información útil, dentro del código asignado. Esto permite una identificación más precisa y facilita la gestión, la localización

y el control de los equipos en un entorno específico. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos códigos significativos tienden a ser más largos en comparación con los códigos correlativos simples (García,2003, pág.13).

Tabla 2-5: Interpretación de la codificación de un equipo

CARACTÉR	SIGNIFICADO
Número	Área
Alfanumérico	Tipo de equipo
Número	Numero correlativo

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.10. Manual de procesos

2.1.10.1. Manual

Los manuales son caracterizados por ser una guía que brinda información sistemática, concisa y ordenada correspondiente a actividades y operaciones que un operario utiliza para realizar la actividad designada.

Un manual es considerado como una herramienta que poseen información clave y detallada acerca de los procedimientos que se deben llevar a cabo en un área de trabajo, en donde las instrucciones son netamente necesarias para la ejecución de una operación dentro de las áreas de trabajo.

2.1.10.2. Manual de procesos

El manual de procedimientos es una herramienta, en donde se obtiene información concisa ordenada y sistemática que contiene todas las instrucciones, responsabilidades e información sobre políticas, funciones, sistemas y procedimientos de las distintas operaciones o actividades que se realizan en una empresa (Muyulema 2019). Su objetivo principal es estandarizar y documentar las prácticas operativas para garantizar la coherencia, eficiencia y calidad en la ejecución de procesos, así como servir como referencia centralizada para la capacitación y la toma de decisiones.

2.1.10.3. Beneficios de un Manual de Procesos

El objetivo clave de implementar un manual de procesos en cada uno de los departamentos es realizar una serie de pasos de manera estandarizada por parte de los operarios en un tiempo determinado, en donde se va a erradicar la duplicidad de tareas por parte de los operarios. Según (Vivanco, 2017, pág. 4), las principales ventajas que acarrea el desarrollo de un manual de procesos son:

- Permiten la estandarización de procesos y actividades.
- Ayudan a que las actividades sean realizadas de manera eficiente, en donde la documentación es conocida por todo el personal que lo requiera.
- La información debe ser autorizada dentro de la empresa
- Delimitan las funciones de los operarios
- Son documentos de apoyo con el propósito de mejora continua
- Permiten decidir fácilmente.
- Son documentos utilizados como base de adiestramiento de nuevo personal.

2.1.10.4. Contenido del Manual de Proceso

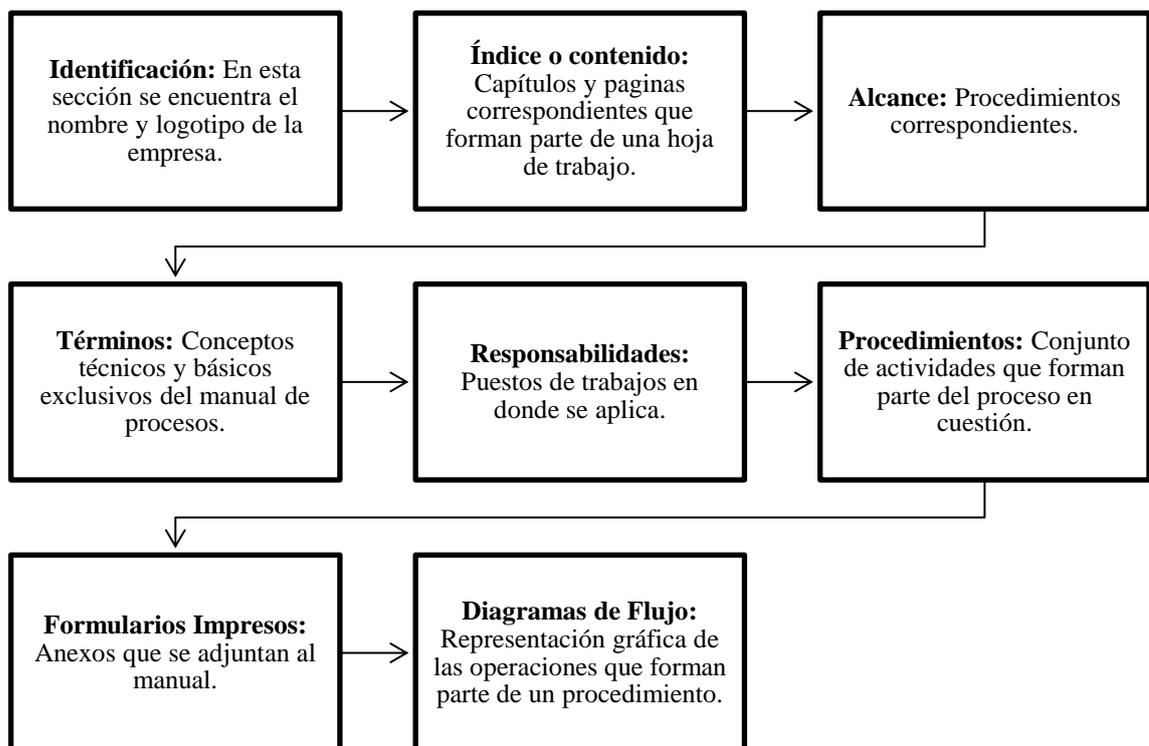


Ilustración 2-5: Contenido del Manual de Procesos

Fuente: (Vivanco 2017, pág. 4)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.11. Estandarización de procesos de mantenimiento

La estandarización de procesos de mantenimiento se refiere al proceso de definir y documentar de manera clara y detallada los pasos, procedimientos, prácticas y criterios que se deben seguir de manera consistente en una serie de actividades relacionadas al mantenimiento de activos de una empresa u organización. El objetivo principal de la estandarización de procesos es asegurar la uniformidad y calidad en la ejecución de las tareas, optimizar la eficiencia y facilitar la capacitación y entrenamiento del personal (Fajardo,2019, pág. 26.)

Las hojas de trabajo estandarizadas son documentaciones detalladas que permiten la descripción paso a paso de la forma correcta de ejecutar una tarea propia de mantenimiento. Los procedimientos operativos estándar (SOP) son los que normalizan la ejecución de las tareas.

Las listas de verificación son denominadas hojas de control, capaces de contener los puntos estratégicos que se deben verificar o realizar en el lapso de duración de una tarea de mantenimiento. Este tipo de hojas garantizan el cumplimiento de todos los pasos esenciales.

Los indicadores de desempeño (*KPI*) propios del área de mantenimiento, tales como: tiempo medio entre fallas (*MTBF*) o el tiempo medio de reparación (*MTTR*), sirven para la evaluación de la eficacia de los procesos y tomar decisiones que permitan mejoras.

2.1.12. Estudio de métodos y tiempos

El estudio de métodos y tiempos es considerado como una técnica que se utiliza específicamente en la gestión de actividades dentro de una empresa con el propósito de analizar y mejorar la eficiencia de los procesos involucrados. Esta metodología se permite el análisis concreto de cada actividad para determinar los tiempos que se requieren en cada una de las operaciones.

Acorde con Hernández, el estudio de tiempos es considerada como una de las técnicas más importantes aplicables dentro de una empresa, puesto que permite determinar con mayor exactitud a partir del número de observaciones el tiempo idóneo que debe otorgarse a una persona para poder cumplir una actividad determinada.

En el análisis de métodos se realiza las correspondientes identificaciones y evaluaciones de los métodos existentes que se involucran en las tareas de mantenimiento. Se desglosan cada una de

las operaciones específicas que se involucran en las actividades correspondientes. La creación de diagramas de flujo con el respectivo análisis de procesos permite la representación sistemática de los procesos de mantenimiento, e incluso facilitan el análisis para la identificación de los posibles cuellos de botellas o áreas de mejoras.

2.1.12.1. Análisis de Métodos

Se considera una de las estrategias que permite analizar de manera concisa la manera en que se realizan todas las actividades involucradas dentro de un proceso, cuyo objetivo radica en identificar y eliminar cada una de las irregularidades, combinar operaciones, simplificar operaciones para mejorar la productividad. El análisis de métodos se lo realiza de la siguiente manera:

- **Observación del proceso:** En primera instancia se debe comprender, analizar las tareas dentro del proceso en cuestión, por medio de una observación participativa.
- **Descomposición de tareas:** Identificar cada una de las acciones involucradas en una actividad, desde su inicio hasta su fin.
- **Identificación de ineficiencias:** Durante el análisis se indagan ineficiencias existentes dentro del proceso, tales como son los movimientos innecesarios, tiempos de espera, pasos repetidos, etc.
- **Propuestas de mejora:** Se caracterizan por incluir la simplificación de pasos redundantes, reorganización de tareas, eliminar actividades que no generan valor.
- **Pruebas de validación:** Previo a la implementación de cambios se requiere realizar pruebas para poder validar su efectividad, tales como son las pruebas piloto, comparación de resultados antes y después.
- **Documentación:** Se requiere implementar los cambios realizados incluyendo los nuevos estándares dentro del proceso, ya que garantiza que las mejoras perduren.

2.1.12.2. Técnica de medición

En la medición de tiempo se utiliza la técnica de cronometraje de lectura continua, en donde se registran los tiempos de las fases inmiscuidas en las actividades de mantenimiento. Teniendo en consideración que el registro de tiempos se lo realiza al término de cada una de las actividades sin pausar el cronómetro.

El establecimiento de los tiempos estándares determinados para tareas específicas, se basan en el registro y análisis de datos ya cronometrados. Es considerado uno de los parámetros claves en la gestión efectiva de las operaciones, sirve de cimiento para la planificación, evaluación del rendimiento futuros.

2.1.12.3. Suplementos OIT

El sistema de suplementos desarrollado por la Organización Internacional del Trabajo (OIT), ofrece pequeñas cantidades que se añaden al tiempo normal calculado de las observaciones de trabajo, estas asignaciones se realizan de manera objetiva, de manera que se compensen las demoras y retrasos que se presenten durante el proceso (Muyulema, 2018, p. 20).

2.1.12.4. Tiempo normal

Según (Meyers,2000) el tiempo normal se obtiene al sumar los tiempos promedios de cada actividad desarrollada durante el proceso general. Este tiempo se multiplicará con las valoraciones y suplementos fijos y variables acordados por la OIT (pág. 124).

2.1.12.5. Tiempo estándar

El tiempo tipo o estándar es el tiempo necesario para efectuar una tarea, donde se incluyen los tiempos de las actividades repetitivas, así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el levantamiento de la información (Meyers,2000, pág. 124.)

2.1.13. Hoja de trabajo estandarizada

Una hoja de trabajo estandarizada es una representación visual de la secuencia de actividades que realiza un operador, los tiempos que se requieren y recorridos que realiza el operador, así como los puntos de atención con respecto a la calidad, inspección y seguridad. Las hojas estandarizadas de trabajo sirven para que el trabajador esté enterado de la secuencia del proceso de trabajo y lo que se debe de realizar dentro de la operación de la máquina (Antón, Clavijo 2019, pág. 21).

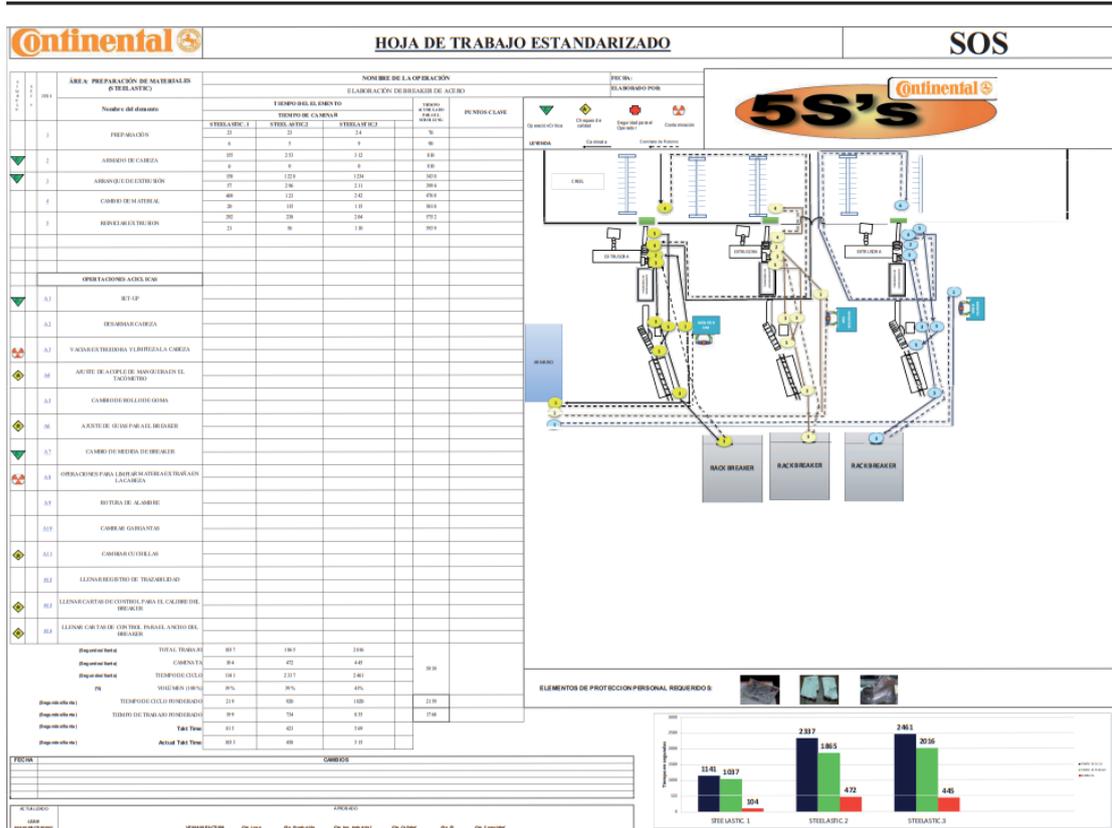


Ilustración 2-6: Ejemplo de Hoja de Trabajo Estandarizada

Fuente: (Alomía, 2011)

2.1.14. Lista de verificación

2.1.14.1. Lista de verificación para el estado de componentes

Moreno (2010) asegura que una lista de verificación para el estado de componentes es uno de los instrumentos que se usan en el ambiente del mantenimiento, con el fin de inspeccionar y evaluar cómo se encuentran todos los componentes de un equipo. Se caracteriza por contener una serie de ítems o incluso criterios que deben ser inspeccionados para certificar el funcionamiento idóneo de esos componentes.

La lista de verificación para el estado de componentes es considerada como una de las herramientas capaces de ser implementadas en diversos campos dentro de la industria, principalmente en la minería. Su principal objetivo es la evaluación y verificación del estado de componentes de los molinos para asegurarse que cada uno de los componentes se encuentren en condiciones de funcionamiento pertinentes. Además, se pueden identificar posibles problemas o defectos para planificar las acciones correctivas.

2.1.14.2. Lista de verificación para procesos de mantenimiento

Según la implementación de cualquier tipo de mantenimiento dentro de una industria, primero se deben identificar las disciplinas clave para que el sistema de gestión de mantenimiento sea preciso (Hafiz et al. 2012). Se pueden clasificar en disciplinas identificadas para el estudio tales como:

- Mantenimiento preventivo para equipos críticos.
- Sistema de gestión para repuestos en bodega.
- Análisis de fallas e incluso tiempos de inactividad para identificar problemas recurrentes.
- Capacitación del personal de mantenimiento para la mejor aplicación de TPM.
- Realizar inspecciones regulares de los equipos involucrados.
- Establecer indicadores clave de rendimiento para monitorear la eficacia del mantenimiento.
- Mejorar la confiabilidad de los procesos a través de la optimización del mantenimiento.
- Implementar un sistema de gestión del mantenimiento informatizado para facilitar el seguimiento y la planificación.
- Realizar análisis de costos de producción que se han perdido debido a fallas en el equipo en cuestión.
- Evaluar el rendimiento del sistema de mantenimiento antes y después de la implementación de las disciplinas de TPM.
- Realizar revisiones periódicas del sistema de mantenimiento para identificar áreas de mejora.
- Establecer metas de tiempo de inactividad objetivo y trabajar hacia su cumplimiento.

2.1.15. Control de procesos

El control de procesos expresado por López manifiesta que dentro del mismo se deben tener en consideración las mediciones y análisis de las variables que determinan el funcionamiento de un proceso, para poder almacenar información para fines de mantenimiento (López, 2011, pág. 4.)

Al establecer un control de los procesos de mantenimiento se podrá optimizar la confiabilidad y el rendimiento de los equipos, esto ayudará a tomar decisiones que mantengan el funcionamiento de los molinos de manera segura y eviten paros en la producción.

2.1.16. Simulación de eventos continuos

La simulación de eventos continuos (SEC) es una herramienta que modela sistemas donde los eventos e interacciones se originan de manera continua con el paso del tiempo, permitiendo la representación minuciosa de procesos dinámicos. En la SEC, se emplean modelos matemáticos y estadísticos para describir las relaciones del sistema en función del tiempo. Esta herramienta es útil cuando analizan procesos que se desarrollan de manera continua, sin la necesidad de realizar observación todo el tiempo (Urquía y Martín, 2016, pág. 23).

Los procesos de mantenimiento que se rigen a un desarrollo estandarizado son considerados eventos continuos, debido a que existe una continuidad de las actividades conforme pasa el tiempo, sin embargo, esto no lo exime de que puedan presentarse eventos inesperados (eventos discretos).

2.1.17. Simulación de eventos discretos

La simulación de eventos discretos (SED) es considerada como una herramienta que permite la modelización de modelos de producción, en conjunto con el análisis de sistemas dinámicos que se desarrollan en el transcurso del tiempo, pero donde los cambios en el estado del sistema ocurren en momentos discretos y son provocados por eventos específicos en lugar de desarrollarse de manera continua. Su principal objetivo es la evaluación de diferentes escenarios con la ayuda de herramientas estadísticas, para determinar que escenario presenta condiciones ideales para el desarrollo del proceso estudiado (Zarza,2023, pág. 110).

La simulación de eventos discretos enfocado en la evaluación de un manual de procesos de mantenimiento permite representar los equipos y eventos no continuos del proceso. Por medio de simulaciones, se pueden experimentar diversos escenarios y posibilidades que tienen el propósito de mejorar la eficiencia y la efectividad de la aplicación de las operaciones, identificando problemáticas y tomando decisiones basadas en resultados dinámicos. Este tipo de simulación permite obtener variables discretas (solo valores enteros), que, en este caso, corresponden al número de paras dentro del sistema productivo.

2.1.18. Distribución exponencial

La distribución exponencial es una distribución de tipo continua conexa con la distribución de probabilidad discreta Poisson. Si el número de fallas por unidad de tiempo sigue una distribución Poisson con parámetro λ , entonces el tiempo medio entre fallas (MTBF) sigue una distribución exponencial. Además, como ya se mencionó, la distribución exponencial tiene una función de tasa de fallas constante. La distribución exponencial, es una distribución que se caracteriza de emplear un solo parámetro, expresado en términos de su media β , o el inverso de su media $\lambda = 1/\beta$.

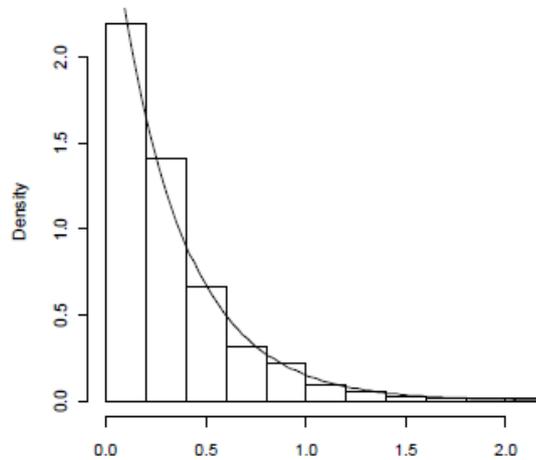


Ilustración 2-7: Ejemplo de Distribución Exponencial

Fuente: (Lemn, 2023, pág.2)

2.1.19. Distribución de Weibull

La distribución Weibull demostró la versatilidad de la distribución para ser usada con muestras pequeñas y su flexibilidad para ser ajustada a una gran variedad de conjuntos de datos. Dadas sus características, la distribución Weibull ha sido ampliamente usada especialmente en el campo de la confiabilidad. Además de ser la función de densidad más útil para los cálculos de confiabilidad, el análisis de la distribución de Weibull proporciona la información necesaria para la solución de problemas, clasificación del tipo de fallas, programación de planes de mantenimiento y determinación de frecuencias de inspección.

2.1.19.1. Parámetros de la distribución de Weibull

- **Parámetro de forma (β):** Por medio de este parámetro se puede determinar la forma de la distribución, ya que, si el parámetro es mayor a 1, corresponde a una distribución creciente, lo

que nos da a notar que la tasa de falla aumenta con respecto al tiempo. Si es menor a 1, la distribución es decreciente, ya que la tasa de falla disminuye con el tiempo.

- **Parámetro de escala (λ):** Mediante lambda permite determinar la ubicación de la distribución con respecto al eje horizontal. En cuanto mayor sea este parámetro se va a desplazar a la derecha, además de indicar el tiempo de ocurrencia de la primera falla y el punto de inflexión de la tasa de falla.

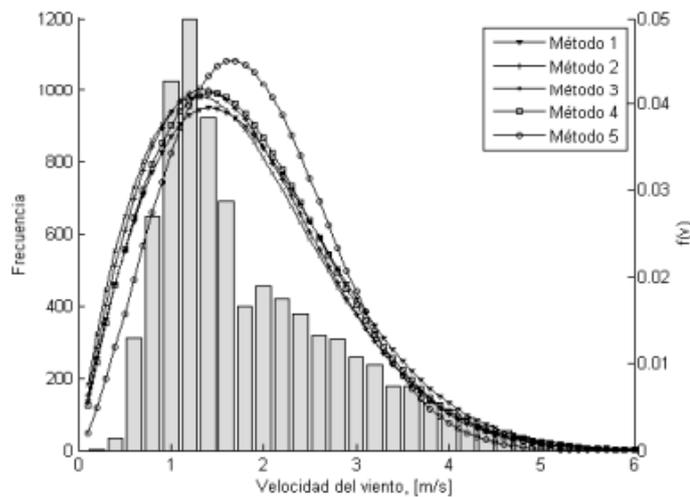


Ilustración 2-8: Distribución de Weibull

Fuente: (Serrano, 2013, pág.318)

2.1.20. OEE

El índice de Eficiencia Global de los Equipos (OEE), se considera como uno de los métodos métricos más efectivos cuyo propósito es mejora el rendimiento de equipos por medio de la involucración de la disponibilidad, eficiencia y calidad que se logra. (Belohlavek, 2006, pág. 7.)

Disponibilidad: Se obtiene de la división entre el tiempo real en el que el equipo se encuentra en condiciones de operación óptimas y el tiempo programado que debería estar operativo.

$$Disponibilidad = \frac{Tiempo\ real\ operativo}{Tiempo\ planificado}$$

Ecuación 2-5

Eficiencia: Es la relación entre la capacidad real producida tanto buena como mala, y la cantidad que debería producir en el tiempo planificado.

$$Eficiencia = \frac{Cantidad\ real\ producida}{Cantidad\ planificada\ a\ producir}$$

Ecuación 2-6

Calidad: Este indicador mide la proporción de producción que cumple con los estándares de calidad establecidos y la producción total, incluyendo los defectuosos.

$$Calidad = \frac{Producción\ total - Producción\ defectuosa}{Producción\ total}$$

Ecuación 2-7

La obtención de la Eficiencia Global de los Equipos es:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Ecuación 2-8

2.1.21. Prueba t de Student para muestras pareadas

Es una herramienta estadística que proporciona resultados de diferencia significativa entre grupos relacionados, tales como mediciones anteriores y posteriores de un tratamiento. Para la realización de este tipo de prueba se deben seguir los siguientes pasos:

- Planteamiento de hipótesis nula (H_0) y alternativa (H_1)
- Cálculo entre las diferencias de las mediciones pre y post.
- Obtención de la media y desviación estándar de las diferencias.
- Utilización de fórmulas para el estadístico t.

$$t_0 = \frac{\overline{(D_0)}}{\frac{SD}{\sqrt{n}}}$$

Ecuación 2-9

Donde:

D_0 : Diferencia promedio de los datos pre y post.

SD: Desviación estándar de las parejas de datos

n: tamaño de la muestra.

- Determinación del valor p con el programa Minitab.

- Comparar el valor de p con el nivel de significancia en donde se deduce que, si el valor p es menor que el nivel de significancia, se rechaza la hipótesis nula y se concluye que hay una diferencia significativa entre las medias de las muestras pareadas.

2.1.22. Matriz INSHT

INSHT (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España). Es una de las herramientas esenciales para la evaluación de riesgos laborales en donde se identifican, evalúan y controlan los riesgos latentes en un área de trabajo. Para que sea posible la identificación de peligros se deben seguir el siguiente esquema.

1. Estimar cuán severo es el daño

- Ligeramente dañino
- Dañino
- Extremadamente dañino.

2. Estimar la probabilidad de que ocurra el daño

- Probabilidad alta: La frecuencia del daño será siempre o casi siempre
- Probabilidad media: La frecuencia será algunas veces
- Probabilidad baja: La frecuencia será muy rara.

En la siguiente tabla denota el nivel de riesgo en base a la probabilidad que ha estimado el evaluador conjuntamente a las consecuencias que ocasionan. (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España, 2008).

Tabla 2-6: Niveles de riesgo

		Consecuencias		
		Ligeramente Dañino LD	Dañino D	Extremadamente Dañino ED
Probabilidad	Baja B	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media M	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta A	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: (Instituto Nacional De Seguridad e Higiene en el Trabajo en España 2008)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

3. Valorar los riesgos: Estimar si los riesgos son tolerables.

Acorde con la estimación de los respectivos niveles de riesgos, se procede a la propuesta de medidas de control a los riesgos identificados en el análisis. A continuación, se describe los criterios respectivos para tomar decisiones y la urgencia que se debe implementar las medidas correctivas.

Tabla 2-7: Valoración de riesgos

Riesgo	Acción y temporización
Trivial (T)	No se requiere acción específica.
Tolerable (TO)	No se necesita mejorar la acción preventiva. Sin embargo, se deben considerar soluciones más rentables o mejoras que no supongan una carga económica importante. Se requieren comprobaciones periódicas para asegurar que se mantiene la eficacia de las medidas de control.
Moderado (M)	Se deben hacer esfuerzos para reducir el riesgo, determinando las inversiones precisas. Las medidas para reducir el riesgo deben implantarse en un período determinado. Cuando el riesgo moderado está asociado con consecuencias extremadamente dañinas, se precisará una acción posterior para establecer, con más precisión, la probabilidad de daño como base para determinar la necesidad de mejora de las medidas de control.
Importante (I)	No debe comenzarse el trabajo hasta que se haya reducido el riesgo. Puede que se precisen recursos considerables para controlar el riesgo. Cuando el riesgo corresponda a un trabajo que se está realizando, debe remediarse el problema en un tiempo inferior al de los riesgos moderados.
Intolerable (IN)	No debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo. Si no es posible reducir el riesgo, incluso con recursos ilimitados, debe prohibirse el trabajo.

Fuente: (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo de España,2008)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

2.1.23. Matriz NTP 330

Es una herramienta que permite valorar numéricamente los riesgos presentes, para después jerarquizar la prioridad de corrección. Se debe determinar los riesgos en el lugar de trabajo para poder determinar la probabilidad de ocurrencia de un accidente, considerando la significancia de las consecuencias, se procede a evaluar el riesgo que se relaciona a las deficiencias.

Se debe tener seguir con los siguientes pasos.

1. Indagar cuáles son los riesgos que se deben analizar.
2. Realizar un cuestionario para comprobar acerca de los factores de riesgo.
3. Asignación del nivel de importancia a cada uno de los factores de riesgo que se han identificado con anterioridad.
4. Cumplimentación del cuestionario de chequeo y estimación en el lugar de trabajo.
5. Estimación del nivel de deficiencia del cuestionario aplicado.

En la siguiente tabla se puede evidenciar el nivel de deficiencia que se vincula entre los factores de riesgo considerados y la causa del accidente latente.

Tabla 2-8: Nivel de deficiencia acorde a la matriz NPT 330

Nivel de deficiencia	ND	Significado
Muy Deficiente (MD)	10	Se han detectado factores de riesgo significativos que determinan como muy posible la generación de fallos. El conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo resulta ineficaz
Deficiente (D)	6	Se ha detectado algún factor de riesgo significativo que precisa ser corregido. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes se ve reducida de forma apreciable
Mejorable (M)	2	Se han detectado factores de riesgo de menor importancia. La eficacia del conjunto de medidas preventivas existentes respecto al riesgo no se ve reducida de forma apreciable
Aceptable (B)	–	No se ha detectado anomalía destacable alguna. El riesgo está controlado. No se valora.

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

6. Estimar el nivel de probabilidad acorde al nivel de deficiencia y el nivel de exposición.

Acorde al nivel de exposición se determina la frecuencia.

Tabla 2-9: Nivel de exposición acorde al método NPT 330

Nivel de exposición	NE	Significado
Continuada (EC)	4	Continuadamente. Varias veces en su jornada laboral con el tiempo prolongado
Frecuente (EF)	3	Varias veces en su jornada laboral, aunque sea con tiempos cortos
Ocasional (EO)	2	Alguna vez en su jornada laboral y con período corte de tiempo
Esporádica (EE)	1	Irregularmente

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Se calcula el nivel de probabilidad (NP), donde: $NP = ND \times NE$.

Tabla 2-10: Nivel de probabilidad acorde con el método NTP 330

		Nivel de Exposición (NE)			
		4	3	2	1
Nivel de Deficiencia (ND)	10	MA-40	MA-30	A-20	A-10
	6	MA-24	A-18	A-12	M-6
	2	M-8	M-6	B-4	B-2

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 2-11: Interpretación de los niveles de probabilidad acorde a la matriz NPT 330

Nivel de Probabilidad	NP	Significado
Muy Alta (MA)	Entre 40 y 24	Situación deficiente con exposición continuada, o muy deficiente con exposición frecuente. Normalmente la materialización del riesgo ocurre con frecuencia
Alta (A)	Entre 20 y 10	Situación deficiente con exposición frecuente u ocasional, o bien situación muy deficiente con exposición ocasional o esporádica. La materialización del riesgo es posible que suceda varias veces en el ciclo de vida laboral
Media (M)	Entre 8 y 6	Situación deficiente con exposición esporádica, o bien situación mejorable con exposición continuada o frecuente. Es posible que suceda el daño alguna vez
Baja (B)	Entre 4 y 2	Situación mejorable con exposición ocasional o esporádica. No es esperable que se materialice el riesgo, aunque puede ser concebible

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

7. Se determina el nivel de riesgo por medio del nivel de probabilidad y de consecuencias. En donde se categorizan los daños físicos, materiales.

Tabla 2-12: Nivel de consecuencia

Nivel de consecuencia	NC	Significado	
		Daños personales	Daños materiales
Mortal o catastrófico	100	1 muerto o más	Destrucción total del sistema (difícil renovarlo)
Muy grave	60	Lesiones graves que pueden ser irreparables	Destrucción parcial del sistema (compleja y costosa la reparación)
Grave	25	Lesiones con incapacidad laboral transitoria (I.L.T.)	Se requiere paro de proceso para efectuar la reparación.
Leve	10	Pequeñas lesiones que no requieren hospitalización	Reparable sin necesidad del paro del proceso.

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

El nivel de riesgo (NR) se determina por la multiplicación por el nivel de probabilidad y nivel de consecuencias. $NR = NP \times NC$

Tabla 2-13: Nivel de Riesgo

		Nivel de Probabilidad (NP)			
		40-24	20-oct	8-6	4-2
Nivel de Deficiencia (ND)	100	I 4000-2400	I 2000-1200	I 800-600	I 400-200
	60	I 2400-1440	I 1200-600	480-360	II 240 / III 120
	25	I 1000-600	I 500-250	I 200-150	III 100-503
	10	I 400-240	II 200 / III 100	I 80-60	III 40 / IV 20

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

8. Establecer los niveles de intervención acorde a los resultados obtenidos.

Tabla 2-14: Nivel de intervención

Nivel de Intervención	NR	Significado
I	4000-600	Situación crítica. Corrección urgente
II	500-150	Corregir y adoptar medidas de control
III	120-40	Mejorar si es posible. Sería conveniente justificar la intervención y su rentabilidad
IV	20	No intervenir, salvo que un análisis más preciso lo justifique

Fuente: (NTP 330)

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

9. Análisis de los resultados.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente marco metodológico tiene como objetivo establecer los mecanismo y fases para el desarrollo de la investigación, sobre la base de las actividades necesarias para cumplir cada objetivo planteado.

3.1. Metodología

3.1.1. *Método Inductivo*

Esta investigación aplica un método inductivo puesto que, se parte del problema específico, para desarrollar la información general. Este estudio inició con la identificación de los problemas particulares en el área de molienda; específicamente en los molinos de tipo chileno, para la búsqueda de soluciones, hasta llegar a la elaboración del manual. Del mismo modo, el marco teórico, se abordó desde las particularidades del molino, hasta las generalidades del Mantenimiento Productivo Total, para luego, identificar los pilares aplicables a la propuesta.

3.1.2. *Metodología de aplicación de tres pilares de TPM*

En cuanto al desarrollo de la metodología propiamente dicha, en la elaboración de la propuesta, se realizaron estudios de métodos y tiempos; para los tiempos se usó la técnica de cronometraje, mientras que en los diagramas de procesos se documentó la secuencia de las actividades, con el uso de herramientas de *software* se obtuvieron datos numéricos que fueron analizados a través de cuadros comparativos. Así también, se aplicaron principios de la metodología TPM, con el desarrollo de la técnica del mantenimiento autónomo, donde se identificaron los equipos a estudiar, se establecieron los estándares de mantenimiento, se definieron los mejores métodos para la ejecución de las actividades y se crearon actividades de registro y seguimiento de las máquinas. Los tres pilares considerados en este proyecto son: mantenimiento autónomo, mejoras orientadas y mantenimiento programado.

3.1.2.1. Mantenimiento autónomo

Se tomó en cuenta este pilar para la identificación de las actividades que requieren mayor atención, debido a tiempos largos de mantenimiento y/o reprocesos. Además, permite determinar herramientas de capacitación para los operarios que mitiguen estas actividades. De esta manera, se realizó un análisis de la frecuencia de trabajos de mantenimiento en las distintas áreas de la empresa. Luego, se revisaron las tareas ejecutadas en los equipos por el personal del Departamento Técnico para su clasificación en función del tipo de mantenimiento.

3.1.2.2. Mejoras orientadas

Las actividades desarrolladas en este pilar permiten optimizar los procesos y equipos para el aumento de su capacidad productiva. Se realizó un Análisis de Efectos y Modos de Falla de los componentes de los molinos, estudios de métodos y tiempos en los procesos actuales de mantenimiento, así como su evaluación de riesgos, codificación de equipos. Además, se elaboraron hojas de trabajo donde se detalla el procedimiento estándar de las tareas. Finalmente, el cálculo de indicadores como: MTBMp, MTBMc, Mp, MTTR, MTBM, Disponibilidad y OEE.

3.1.2.3. Mantenimiento programado

Este pilar fue considerado porque establece estrategias de planificación para mantenimientos para prevenir fallos imprevistos y aumentar el tiempo de operación de las máquinas. Se establecieron mantenimientos rutinarios acordes con los tiempos de planificación de molienda, inspecciones visuales a componentes haciendo uso de las paradas programadas, determinando su estado y establecer acciones de mantenimiento programado o inmediato.

3.1.3. Enfoque Mixto

El enfoque adoptado de investigación es mixto, combinando técnicas y tipos de investigación, tanto cualitativos como cuantitativos. Tiene un enfoque cualitativo, por el tipo de investigación descriptiva que se indica en el acápite posterior, con el uso de las técnicas de observación participante. Por su lado, el enfoque cuantitativo corresponde a la investigación correlacional, que determinó el tipo de relación existente entre los tiempos de inactividad de la maquinaria y número de ocasiones que los equipos estuvieron en inactividad por alguna falla, con el uso de la técnica de observación y el *software* para las simulaciones.

3.1.4. Tipos de investigación

3.1.4.1. Investigación Aplicada

Por el uso de la ciencia, se trata de una investigación aplicada, puesto que se buscó la resolución de problemas específicos de la empresa, a través del conocimiento que proporciona la ciencia, para la mejora de sus procesos.

3.1.4.2. Investigación Descriptiva y Correlacional

Por la profundidad del estudio, es una investigación descriptiva y correlacional. Es descriptiva, porque detalla los elementos que componen el fenómeno, los procedimientos, elementos críticos, diagramas de flujo, la descripción de puestos de trabajo y actividades de mantenimiento en forma detallada, obteniendo y produciendo información cualitativa. Y es correlacional, porque se determinó la relación entre elementos, como es el caso de los tiempos de inactividad y los sucesos imprevistos que detienen el funcionamiento de los equipos, tanto en las simulaciones, como en la validación de los procesos.

3.1.4.3. Investigación de Campo y Documental

Es una investigación de campo y también documental; debido a que, muchos datos se obtuvieron en el lugar donde ocurre el fenómeno de estudio y para ellos se usó diferentes técnicas, como la observación participante, como la revisión documental de registros de la empresa como registros de tareas, bloqueo y desbloqueo de equipo y registros de control de trituración y molienda. Se trata también de una investigación documental, porque se revisó fuentes en diversos medios físicos y digitales, sobre los temas involucrados en este proyecto, tales como la fundamentación teórica y varios formatos sobre procedimientos, estados de máquinas, diagramas de flujos, entre otros.

3.2. Técnicas de investigación

3.2.1. Observación participante

La observación participante se realizó dentro del área de molienda del campamento minero, donde, los investigadores se integraron al equipo de trabajo que realiza las operaciones de

mantenimiento. Esto permitió identificar los métodos, orden de las actividades, riesgos existentes y actividades con posibles mejoras. Durante la ejecución de las actividades se elaboraron tablas de registros de tiempos, diagramas de procesos, diagramas de flujo, diagramas de operaciones y diagramas de recorrido.

3.2.2. *Revisión documental*

Para realizar la fundamentación teórica, se recurrió a trabajos de titulación, artículos científicos, revistas, blogs, videos, para fundamentar los temas que se abordaron en el proyecto. Además, se revisó documentos existentes dentro de la empresa, que incluyen información relevante como: cronogramas de mantenimientos, registro de actividades de los obreros, informe de incidentes, tiempos de inactividad, número de paras no programadas, entre otros. Esta revisión permitió obtener datos históricos que, al momento de realizar el análisis de los resultados de la simulación de la aplicación del manual, ayudaron a respaldar su validez.

3.3. Ubicación de la empresa

La empresa PRODUMIN S.A se encuentra ubicada al suroeste del Ecuador, en la Provincia del Azuay, cantón Camilo Ponce Enríquez, sector La López. Funciona bajo el contrato de operación minera otorgados por la Cooperativa de Producción Aurífera Bella Rica, que le permite operar dentro de la concesión “Bella Rica” (Arcentales & Burgos, 2021, pág. 5).

Se ubica a una distancia de 4.5 km en línea recta respecto a La Ponce Enríquez, el recorrido en camioneta toma 15 minutos. El área donde se ubica el campamento y la boca mina se caracteriza por tener un clima de tipo monzónico, este tipo de clima corresponde las zonas de vida bosque muy seco tropical y el bosque húmedo pre montado, su clima está caracterizado por una precipitación anual entre 500 y 1000 mm y su temperatura media anual fluctúa entre 24° y 26° (Ríos, 2016, pág. 8).

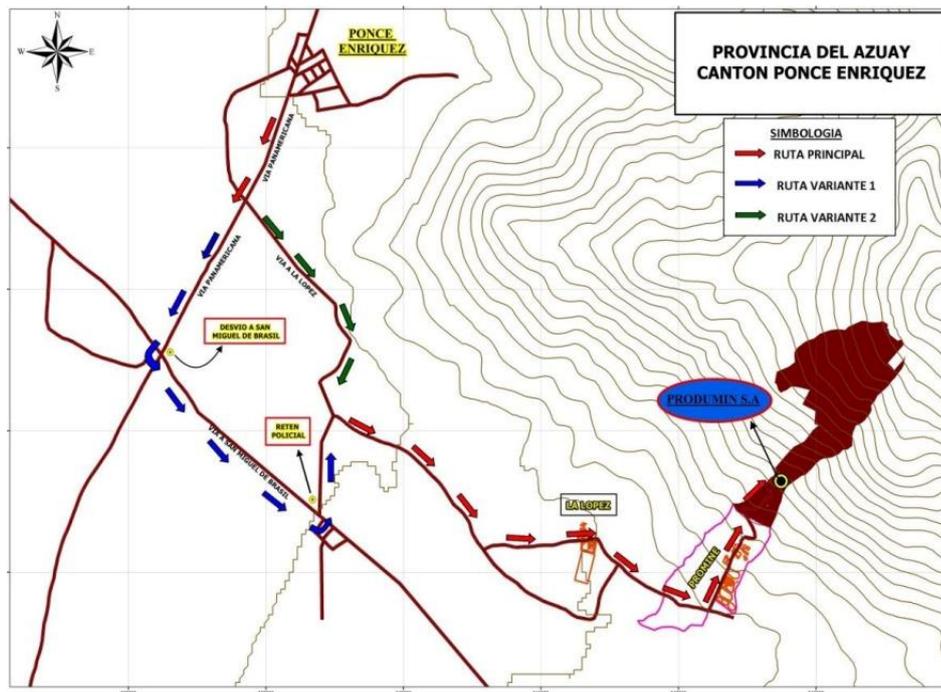


Ilustración 3-1: Ubicación de la empresa

Fuente: Mapa elaborado por PRODUMIN S.A., 2013.

3.4. Fases del proyecto

3.4.1. Diagnóstico de la situación actual

En esta etapa, se obtuvieron datos sobre la frecuencia de trabajos de mantenimientos, detección de posibles fallas en los molinos y documentos previos sobre las actividades y protocolos de los operarios. A través de observación participante, se identificaron los métodos y tiempos empleados en cada tipo de mantenimiento en el área donde se encuentran los equipos. Esto constituye la etapa de diagnóstico situacional. Por su parte, la revisión documental, permitió una profundización del tema y las necesidades puntuales, para la elaboración del manual.

3.4.1.1. Funciones de los obreros

Para identificar las funciones actuales de los obreros se recurrió a la observación directa de las actividades ejecutadas, además de ciertas actividades que son necesarias en la industria, pero no se realizan, de la cuales se pueden mencionar las siguientes:

- Ejecución de actividades de mantenimiento correctivo en los molinos
- Trabajos de soldadura y oxicorte en ciertos componentes

- Ajuste de poleas
- Procedimientos de bloqueo y etiquetado
- No existen actividades que realicen de manera autónoma
- No existe mantenimiento preventivo en los molinos
- No existen acciones de seguimiento
- No se utilizan indicadores de desempeño
- No tienen cultura de mejora continua

3.4.1.2. Frecuencia de fallas

Para identificar las áreas donde más se requieren trabajos de mantenimiento, se realizó un diagrama de Pareto que refleja el número de actividades de mantenimiento por áreas de la empresa. La información utilizada en este análisis fue obtenida del Plan de Mantenimiento del Departamento Técnico, con registros del año 2023.

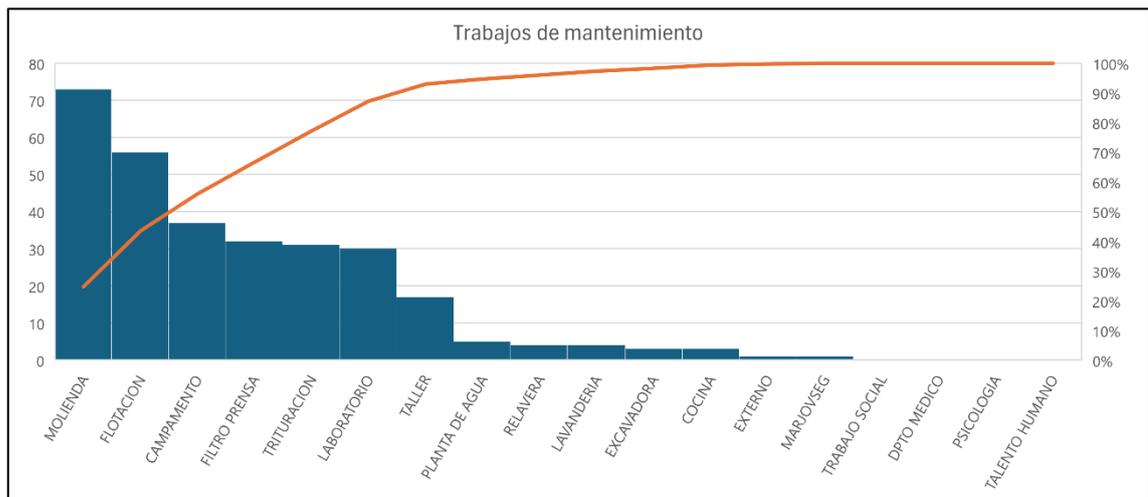


Ilustración 3-2: Trabajos de mantenimiento

Realizado por: M Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Como se observa en la ilustración, el área de molienda presenta la mayor parte de los trabajos realizados por el personal del Departamento Técnico, estos trabajos incluyen mantenimientos preventivos, correctivos y actividades modificativas.

3.4.1.3. Registro de mantenimientos

Para obtener la disponibilidad de los equipos, se recurrió al registro de actividades en el Plan de Mantenimiento, registro de bloqueo de equipos, registro de control de personal, registro de control de trituración y molienda, y estudio de métodos y tiempos de ciertos procesos de mantenimiento.

Una vez organizados y clasificados los trabajos de mantenimiento de acuerdo con su tipo, se determinaron los MTBM (Tiempo medio entre mantenimientos) y MTTR (Tiempo medio para reparar) en el cual se incluyeron los retrasos logísticos, administrativos y los *ready time*.

3.4.1.4. Análisis de Modo y Efectos de fallas

El diagrama AMEF se utilizó para identificar y evaluar los componentes que afectan el rendimiento normal de los molinos, analizando la frecuencia, ocurrencia, detección y los efectos que podrían ocasionar estas fallas. Las valoraciones y acciones correctivas se pueden observar en el Anexo J.

De acuerdo con el NPR y al tiempo empleado para reparaciones, los componentes que requieren una mayor atención son las ruedas, cintas y calces, ya que de llegar a presentarse el efecto de falla correspondiente de cada componente el equipo se verá afectado significativamente, generando retrasos en el cronograma de molienda establecido.

3.4.1.5. Análisis de Weibull

Se realizó el análisis de distribución de Weibull para cada molino, donde se analiza el tipo de distribución a la cual se ajustan los datos y su correlación mediante el uso de los MTBMc, MTBMp, MTTR y Mp, los valores de cada indicador mencionado se encuentran en la tabla 3-1.

Tabla 3-1: Análisis de Weibull de los molinos

			Análisis de Weibull				
			Horas	Distribución	Prueba	Resultado	Beta
MOLINO 1	Datos correctivos	MTBMc	208.9659	Weibull 2P	r^2	0.9591	1.504
		MTTR	15.4867	Weibull 3P	r^2	0.9884	
	Datos preventivos	MTBMp	253.2469	Weibull 3P	r^2	0.9635	
		Mp	38.5385	Weibull 3P	r^2	0.9026	
MOLINO 2	Datos correctivos	MTBMc	211.7025	Weibull 2P	r^2	0.9643	1.488
		MTTR	405.4641	Weibull 3P	r^2	0.9890	
	Datos preventivos	MTBMp	227.4860	Weibull 3P	r^2	0.9308	
		Mp	32.6870	Weibull 3P	r^2	0.9890	
MOLINO 3	Datos correctivos	MTBMc	226.9781	Weibull 3P	r^2	0.9688	1.803
		MTTR	20.0035	Weibull 3P	r^2	0.9801	
	Datos preventivos	MTBMp	250.1172	Weibull 3P	r^2	0.9568	
		Mp	40.4066	Weibull 3P	r^2	0.9047	
MOLINO 4	Datos correctivos	MTBMc	226.9781	Weibull 3P	r^2	0.9688	1.803
		MTTR	18.6708	Weibull 3P	r^2	0.9721	
	Datos preventivos	MTBMp	245.2137	Weibull 3P	r^2	0.9512	
		Mp	50.3806	Weibull 3P	r^2	0.9008	
MOLINO 5	Datos correctivos	MTBMc	251.7724	Weibull 3P	r^2	0.9561	1.594
		MTTR	20.2289	Weibull 3P	r^2	0.9751	
	Datos preventivos	MTBMp	246.2565	Weibull 3P	r^2	0.9737	
		Mp	46.6632	Weibull 3P	r^2	0.9087	
MOLINO 6	Datos correctivos	MTBMc	304.6378	Weibull 3P	r^2	0.9761	1.376
		MTTR	22.9762	Weibull 3P	r^2	0.9754	
	Datos preventivos	MTBMp	243.9794	Weibull 3P	r^2	0.9556	
		Mp	42.5329	Weibull 3P	r^2	0.9080	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Los indicadores de tiempo entre mantenimientos y tiempos medios de reparación tienen un coeficiente de correlación mayor al 90%, lo que significa que todos los mantenimientos se ajustan a la distribución de Weibull. Además, los valores de Beta para los MTBMc se encuentran en el rango de 1.05 a 2.05, los indican que se deben realizar acciones preventivas y que el TPM es una táctica eficiente para los equipos.

3.4.1.6. Disponibilidad Operacional Generalizada

Para el cálculo de la disponibilidad de cada molino, se utilizaron los valores de MTBM y M_p obtenidos previamente en cada análisis de Weibull.

Tabla 3-2: Método Puntual de los molinos

Equipo	Método puntual			Distribuciones		
	MTBM	\bar{M}	D.O.G	MTBM	\bar{M}	D.O.G
Molino 1	111.203	25.225	81.51%	114.511	27.531	80.62%
Molino 2	106.311	22.082	82.80%	109.655	24.507	81.73%
Molino 3	117.188	26.294	81.67%	118.993	29.710	80.02%
Molino 4	114.868	27.670	80.59%	117.872	33.913	77.66%
Molino 5	119.475	29.268	80.32%	124.492	33.592	78.75%
Molino 6	131.626	30.080	81.40%	135.478	33.836	80.02%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

No existe una fuerte variación entre los resultados de la disponibilidad con el método puntual y el método de distribuciones, sin embargo, para el análisis de la efectividad del manual se utilizaron los resultados del método de distribuciones.

3.4.1.7. OEE

Para el cálculo del OEE se utilizan en tres indicadores clave: disponibilidad, la eficiencia y la calidad del equipo. Cada uno de estos factores se calcula utilizando diferentes métricas y luego se combinan para obtener el OEE general.

Para los valores de las disponibilidades se toma las calculadas en el acápite anterior para cada molino, el desempeño se calcula con la cantidad de tonelaje real procesado y la cantidad teórica. Debido a que no existen estándares de calidad con respecto a la reducción de granulometría del material procesado en los molinos, el indicador de calidad no es considerado en el cálculo del índice de eficiencia global.

Tabla 3-3: Cálculo de OEE

	Disponibilidad	Desempeño	OEE
Molino 1	80.62%	72.80%	58.69%
Molino 2	81.73%	72.80%	59.50%
Molino 3	80.02%	72.80%	58.25%
Molino 4	77.66%	72.80%	56.53%
Molino 5	78.75%	72.80%	57.33%
Molino 6	80.02%	72.80%	58.25%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

3.4.1.8. Prueba T pareada

Para analizar datos recopilados, se utiliza la prueba t pareada, esta prueba permite determinar si hay una diferencia significativa entre las disponibilidades y el OEE, antes y después de los cambios implementados. Se establece un nivel de confianza estadística del 95% para evaluar la significancia de las diferencias observadas.

H₀: No hay diferencia significativa entre las disponibilidades y el OEE de los equipos antes y después de la implementación del manual.

H₁: No hay diferencia significativa entre las disponibilidades y el OEE de los equipos antes y después de la implementación del manual.

3.4.1.9. Procesos actuales de mantenimiento

Las tareas de mantenimiento ejecutadas actualmente carecen de una guía de pasos, control de calidad, insumos necesarios, requerimientos previos, tiempos planificado y equipos de protección personal obligatorios para cada trabajo. Se realizó el registro de métodos y tiempos para cada proceso de mantenimiento, con la finalidad de obtener el tiempo estándar de cada uno de ellos. Los diagramas de cada proceso de mantenimiento se encuentran en el apartado de Anexos K-M.

Tabla 3-4: Tiempo Total

Cintas					
T1	T2	T3	Promedio	Supl	Total (min)
940	937.47	939.47	938.98	120%	1130.28
Calces					
T1	T2	T3	Promedio	Supl	Total (min)
690.19	688.65	690.16	689.67	128%	884.73
Faldones					
T1	T2	T3	Promedio	Supl	Total (min)
313.7	314.71	315.65	314.69	127%	400.16

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 3-5: Resumen cambio de cintas

Cambio de cintas - Actual		
Proceso	Cant.	Tiempo
	108	856.30
	19	30.59
	29	117.94
	0	0.00
	0	0.00
	Total (min)	986.42
	IVA	86.81%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

En el proceso actual de cambio de cintas existen 108 actividades consideradas como operación; que toman 856.30 minutos, 19 transportes con un tiempo de 30.59 minutos, 29 actividades de demora que consumen 117.94 minutos, y no existen inspecciones ni operaciones combinadas.

Tabla 3-6: Resumen cambio de calces

Cambio de calces - Actual		
Proceso	Cant.	Tiempo
○	87	741.78
➔	15	18.48
D	27	93.62
□	7	3.97
◻	0	0
	Total (min)	846.31
	IVA	87.65%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

En el proceso actual de cambio de calces existen 87 operaciones que toman 741.78 minutos, 15 transportes con un tiempo de 18.48 minutos, 27 actividades de demora que consumen 93.62 minutos, 7 inspecciones con 3.97 minutos y no existen operaciones combinadas.

Tabla 3-7: Resumen cambio de faldones

Cambio de faldones - Actual		
Proceso	Cant.	Tiempo
○	16	262.24
➔	12	19.34
D	15	42.77
□	0	0
◻	0	0
	Total (min)	324.35
	IVA	80.85%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

En el proceso actual de cambio de faldones interiores se ejecutan 16 operaciones que toman 262.24 minutos, 12 transportes con un tiempo de 19.34 minutos, 15 actividades de demora que consumen 42.77 minutos, no existen inspecciones ni operaciones combinadas.

3.4.1.10. Evaluación de riesgos

Todos los trabajos tienen riesgos potenciales que pueden afectar a la integridad física de los operarios, por ello se evaluaron los riesgos de cada trabajo para generar las acciones de mitigación y minimización del riesgo. Se levantó las matrices de riesgos (INSHT y la NPT 330) en actividades cruciales en el área de molienda correspondientes a:

- Evaluación de riesgos en cambio de cintas y calces
- Evaluación de riesgos en cambio de calces
- Evaluación de riesgos en cambio de faldones

En la siguiente tabla resumen se evidencian los resultados arrojados en los riesgos latentes en cintas y calces, acorde con la matriz INSHT, en donde se determinaron los riesgos totales y la estimación de riesgos correspondientes, y por medio de la matriz NPT 330 se puede evidenciar el

nivel de riesgo de cada uno de los factores de riesgo correspondiente. Las matrices de riesgo completas se pueden evidenciar en el apartado de Anexos A-F.

Tabla 3-8: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos acorde a la matriz INSHT

Total de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	10	5	3	0	2	1
Estimación del Riesgos	T	TO	M	I	IN	
	0	0	9	5	7	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 3-9: Tabla Resumen de evaluación de Riesgos acorde a la matriz NPT 330

Factores de Riesgo	Situación Crítica	Corregir	No intervenir
Riesgo Mecánico	9	2	1

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

3.4.2. Propuesta

La propuesta contiene las actividades del TPM correspondientes a los tres pilares considerados en este proyecto, que son: mantenimiento autónomo, mejoras orientadas y mantenimiento programado.

3.4.2.1. Mantenimiento autónomo

Las actividades que los operarios desarrollarán de manera autónoma, y siguiendo con las especificaciones del departamento e intervalos de tiempo son: inspecciones visuales a componentes del molino, y también, el registro y documentación de actividades. Para ello, se diseñó el formato “Check list para componentes” que se encuentra en el manual, en el siguiente capítulo. Estas actividades se realizarán de manera mensual siguiendo una ruta de mantenimiento, debido a que la velocidad de desgaste de las piezas depende del *Work index* (índice de trabajo) del material extraído de mina, el cual es muy variable, por lo tanto, es necesario verificar el estado de los componentes frecuentemente.

3.4.2.2. Mejoras orientadas

En primer lugar, se realizó una taxonomía de equipos para la respectiva codificación con el fin de permitir una denominación técnica de cada molino. Para esto, se jerarquizaron los equipos de acuerdo con tres factores de uso y ubicación de la empresa, mediante una lista de los activos según la Norma ISO 14224, como se muestra en la tabla 3-10.

Tabla 3-10: Lista de equipos

LISTA DE EQUIPOS				
INDUSTRIA	PLANTA	ÁREA	TIPO DE EQUIPO	CANT
Minería	Superficie	Trituración	Grizzli	1
			Zaranda primaria	1
			Trituradora primaria	1
			Zaranda primaria	1
			Trituradora primaria	1
			Trituradora secundaria	2
			Transformador	3
		Molienda	Tolva de finos	1
			Bandas transportadoras	5
			Molinos chilenos	6
			Chanchas	2
		Flotación	Repulpador del bosque	3
			Celda Denver del bosque	1
			Celda serrana del bosque	2
			Repulpador de Orominas	5
			Celda Denver de Orominas	1
			Tanque agitador	5
			Celda de flotación	6
			Filtro prensa	1
		Laboratorio	Copela	-
			Compresor	1
			Mufla	6
		Fundición	Horno	1

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Para codificar los equipos se tomó en cuenta la división de áreas realizada en la taxonomía, asignando una numeración a cada uno de los factores, el código correspondiente al tipo de equipo y el número correlativo de cada uno, como se muestra en la tabla 3-11.

Tabla 3-11: Codificación

CODIFICACIÓN	
Molino chileno 1	112MC01
Molino chileno 2	112MC02
Molino chileno 3	112MC03
Molino chileno 4	112MC04
Molino chileno 5	112MC05
Molino chileno 6	112MC06

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Cada número presente en el código de los equipos corresponde a los niveles de taxonomía que se obtuvieron al realizar la lista de equipos. En la tabla 3-12, se muestra el significado del carácter que compone el código de cada molino.

Tabla 3-12: Niveles de taxonomía

CÓDIGO	SIGNIFICADO
1	Industria minera
1	Superficie
2	Área de molienda
MC	Molino Chileno
01	Número de Equipo

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

A continuación, se realizó un nuevo Análisis de Modos y Efectos de falla, considerando las acciones correctivas propuestas en el primer análisis, generando un nuevo valor de NPR debido a los cambios en las valoraciones de severidad, ocurrencia y detectabilidad, como se muestra en los Anexos.

Finalmente, se diseñaron documentos de procedimientos estándar de las tareas ubicados en el manual que proporcionan instrucciones claras y detalladas, logrando que los procedimientos sean llevados a cabo de manera consistente por todo el personal, minimizando así posibles errores y maximizando la eficiencia en la ejecución de los trabajos de mantenimiento durante los períodos de inactividad programados de los molinos.

3.4.2.3. Mantenimiento planificado

Se desarrolló una ruta de mantenimiento para la inspección de componentes de los molinos, evaluando su estado y determinar la necesidad de realizar mantenimiento programado o inmediato. Las inspecciones se realizarán cada vez que los molinos se encuentren inactivos por motivos de lavado, se podrá designar el personal encargado para esta tarea de acuerdo con el cronograma de molindas que emite el Departamento de Producción.

La introducción de procedimientos de mantenimiento rutinario para el cambio de cintas, calces y faldones posibilita la ejecución de estas tareas durante los períodos de inactividad programados de los molinos. Esta práctica evitará interrupciones adicionales durante el proceso de molienda, garantizando un aprovechamiento óptimo de los tiempos de inactividad establecidos y mejorando así la eficiencia operativa de la planta.

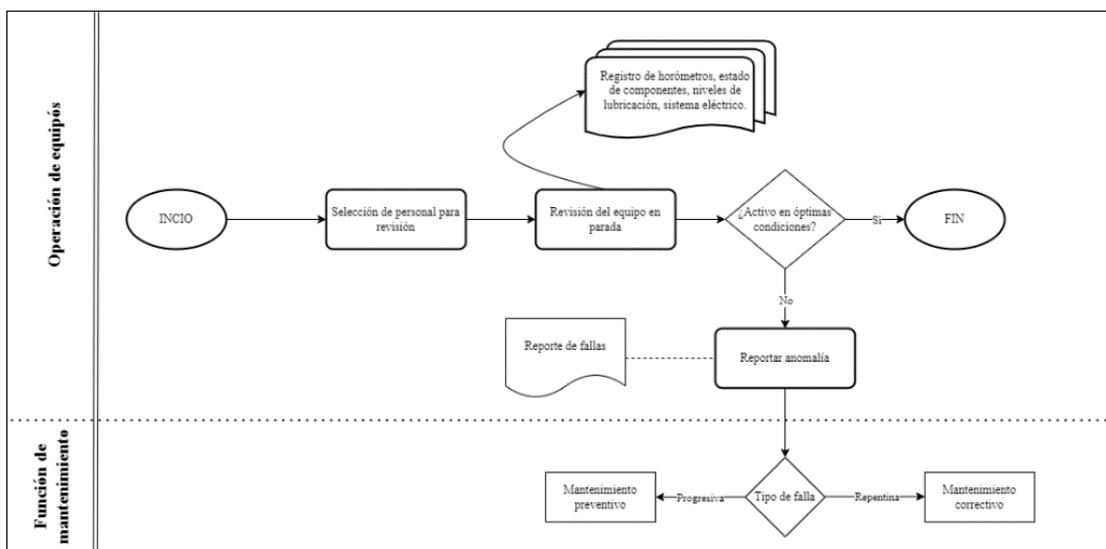


Ilustración 3-3: Diagrama de mantenimiento rutinario

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

3.4.3. Diseño del manual de procesos

Para determinar los contenidos necesarios del manual de procesos, se utilizó como referencia la Norma 55001, enfocada a la gestión de activos. Este enfoque permite asegurar la gestión efectiva de los activos abordados en el proyecto, alineando al mantenimiento con la mejora de la capacidad operativa de la planta. Los contenidos específicos del manual se describen a continuación:

3.4.3.1. Objetivo del manual

Su objetivo es brindar ser un documento que brinde información clara de los pasos a seguir durante el desarrollo de ciertas actividades de mantenimiento en los molinos chilenos, de manera que se logre maximizar el valor de estos equipos incrementando su disponibilidad y optimizar tiempos y costos.

3.4.3.2. Alcance del manual

Se determinó el alcance del manual mediante un análisis de los activos y procesos del departamento que incluye el mantenimiento preventivo, correctivo y rutinario de todos los molinos chilenos.

3.4.3.3. Público objetivo

Se identificó a las partes interesadas que harán uso del manual, conformadas por el jefe y asistente del departamento técnico, mecánicos de planta y ayudantes de mecánicos. De esta manera, se desarrolló el contenido del manual de manera que la información sea comprensible para todas las partes interesadas.

3.4.3.4. Terminología

Se desarrolló un glosario de términos y definiciones utilizados en el manual para asegurar una comprensión común y precisa de la terminología. Esto incluyó términos técnicos específicos del mantenimiento y términos relacionados con la norma ISO 55001.

La terminología presente en el manual está relacionada con la industria minera y actividades de mantenimiento, y sobre todo con los equipos estudiados, la cual fue desarrollada para garantizar la comprensión de todo el público objetivo.

3.4.3.5. Documentos de referencia

Se identificaron todos los documentos que complementan el uso del manual, los cuales incluyen lista de verificación para componentes, actividades, equipos de protección personal y hojas de procedimiento estándar para cada proceso de mantenimiento.

3.4.3.6. *Mantenimiento rutinario*

Se establecieron procedimientos de mantenimiento rutinario para los componentes de los molinos chilenos. Estos procedimientos se ejecutan de manera mensual con ayuda de los documentos de referencia con el objetivo de verificar el estado de los componentes y mantener el buen funcionamiento de los equipos y sistemas.

3.4.3.7. *Mantenimiento preventivo*

Los procedimientos de mantenimiento preventivo se diseñaron de manera que permitan la programación de inspecciones y la realización de tareas periódicas para prevenir fallos y prolongar la vida útil de los activos.

3.4.3.8. *Recursos*

Se diseñó una lista de los insumos necesarios para la correcta ejecución de los procesos de mantenimiento, los cuales incluyen herramientas, repuestos, y materiales consumibles. De esta manera se logrará programar la adquisición y gestión de los insumos, asegurando su disponibilidad cuando se necesite.

De igual manera, se establecieron acciones previas al mantenimiento de los equipos que se aseguren el correcto desarrollo de las actividades y cuidar la integridad de los operarios, incluyendo la identificación del EPP necesario para cada proceso de mantenimiento.

Sobre la base de los resultados del análisis de los datos y siguiendo las recomendaciones del TPM, se diseñó el manual de procesos de mantenimiento, que contiene indicaciones detalladas en cada etapa y los respectivos *KPI's* en cada proceso. Los contenidos del manual son los siguientes:

1. Portada
2. Índice o contenido
3. Descripción de su finalidad y alcance
4. Términos
5. Ckeck List
6. Mantenimiento rutinario
7. Mantenimiento preventivo

8. Descripción general del proceso
 - 8.1. Materiales e insumos necesarios
 - 8.2. EPP
 - 8.3. Descripción de pasos.

3.4.4. Evaluación del manual

Una vez diseñado el manual, se bosquejó el modelo de simulación de eventos discretos y continuos, con las respectivas configuraciones del sistema. Esta simulación permitió llegar a resultados estadísticos que, luego de ser documentados, fueron evaluados junto a datos históricos del desempeño de las máquinas.

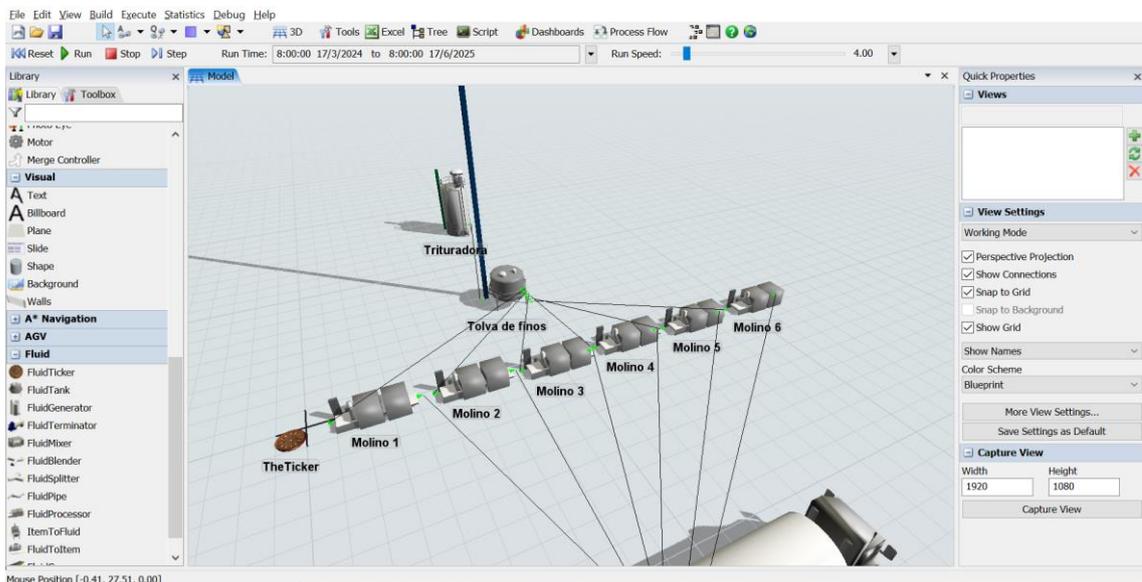


Ilustración 3-4: Trabajos de mantenimiento

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Los equipos fueron configurados con los valores del MTBM y \bar{M} correspondientes, permitiendo observar y analizar el comportamiento de los molinos. La simulación permitió obtener el porcentaje de utilización de cada uno de los equipos, considerando que el sistema de molienda trabaja de manera continua.

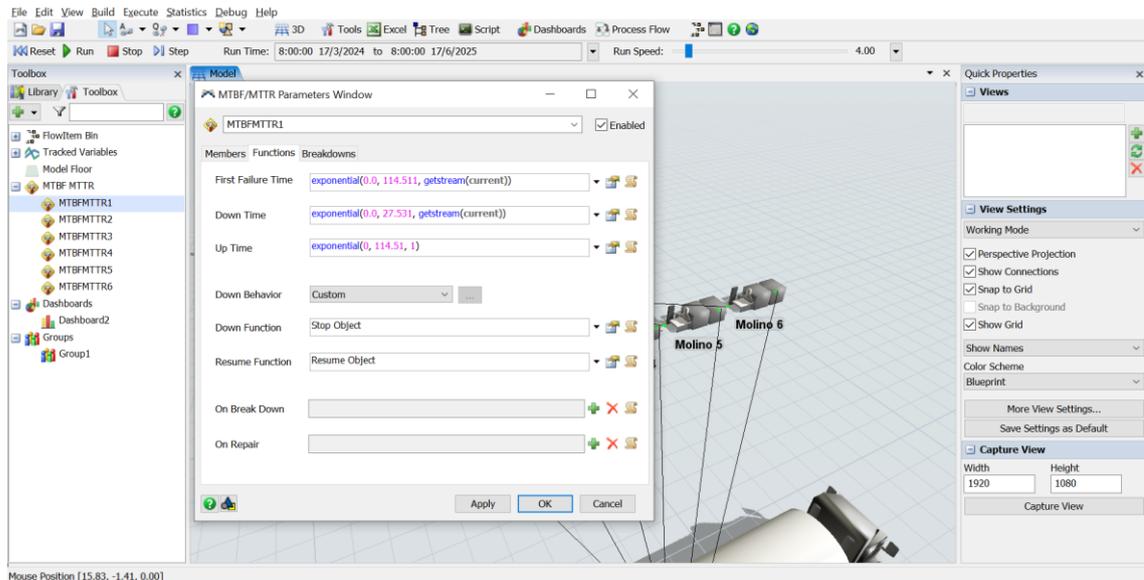


Ilustración 3-5: Parámetros de los trabajos de mantenimiento.

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Los resultados de la simulación fueron evaluados, tomando en cuenta el tiempo de ejecución de las actividades, número de paros no planificados y tiempo de disponibilidad de la maquinaria, lo que permitió determinar la variación en cuanto a la productividad de los equipos, una vez aplicado el manual, validando su efectividad.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados de la evaluación de riesgos

Una vez identificadas las actividades con riesgos potenciales dentro del área de molienda, se realizó un análisis para determinar la probabilidad de ocurrencia y así evaluar los riesgos por medio de niveles e implementar medidas de control para mitigar accidentes laborales.

Se partió de la evaluación de riesgos por medio del uso de matrices de evaluación, obteniendo tablas resumen, en donde se detalla el total de riesgos, estimación de riesgos, factores de riesgo y el nivel de riesgo para cada una de las actividades centrales.

4.1.1. Resultados de la evaluación de riesgos en cambio de cintas y calces

Una vez realizada la evaluación de riesgos en el cambio de cintas y calces por medio de la matriz de INSHT y NPT 330, se puede visualizar que en el total de riesgos existen más riesgos mecánicos que los demás riesgos latentes, incluso se puede evidenciar siete riesgos intolerables según la tabla 1-4, y en la matriz NPT 330 muestra que existen 12 riesgos mecánicos en situaciones críticas como se puede evidenciar en la tabla 2-4.

Tabla 4-1: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos acorde a la matriz INSHT

Total, de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	10	5	3	0	2	1
Estimación del Riesgos	T	TO	M	I	IN	
	0	0	9	5	7	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 4-2: Tabla Resumen de evaluación de Riesgos acorde con la matriz NPT 330

Factores de Riesgo	Situación Crítica	Corregir	No intervenir
Riesgo Mecánico	9	2	1

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

4.1.2. Evaluación de riesgos en cambio de calces

La evaluación de riesgos en el cambio de calces por medio de la matriz de INSHT y NPT 330, se observa que en el total de riesgos existen más riesgos mecánicos que los demás riesgos latentes, incluso se puede evidenciar siete riesgos intolerables según la tabla 4-3, y en la matriz NPT 330 muestra que existen doce riesgos mecánicos en situaciones críticas como se puede evidenciar en la tabla 4-4.

Tabla 4-3: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos en cambio de calces

Total de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	10	5	3	0	2	1
Estimación del Riesgos	T	TO	M	I	IN	
	0	0	9	5	7	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 4-4: Resumen de evaluación de Riesgos acorde a la matriz NPT 330

Factores de Riesgo	Situación Crítica	Corregir	No intervenir
Riesgo Mecánico	12	2	3

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

4.1.3. Evaluación de riesgos en cambio de faldones

La evaluación de riesgos por medio de las matrices mencionadas con anterioridad se observa que en el total de riesgos existen nueve riesgos mecánicos, y se puede evidenciar siete riesgos intolerables según la tabla 4-5, y en la matriz NPT 330 muestra que existen nueve riesgos mecánicos en situaciones críticas como se puede evidenciar en la tabla 4-6.

Tabla 4-5: Resultado de riesgos totales y estimación de riesgos en cambio de faldones

Total, de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	9	5	3	0	2	1
Estimación del Riesgos	T	TO	M	I	IN	
	0	0	9	4	7	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Tabla 4-6: Resumen de evaluación de Riesgos acorde con la matriz NPT 330

Factores de Riesgo	Situación Crítica	Corregir	No intervenir
Riesgo Mecánico	9	2	3

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

4.2. Medidas de control de riesgos laborales

Se desarrollaron medidas de control de riesgos laborales, considerando la implementación del uso de equipo de protección personal idóneas descritas en el manual de procedimientos para el mantenimiento de molinos chilenos que se encuentra en **ANEXOS** acorde a las actividades evaluadas.

Tabla 4-7: Equipo de protección personal.

Descripción		¿Obligatorio?	Observaciones
Trabajo en frío	Pantalón jean	Sí	
	Zapatos punta de acero	Sí	Se pueden usar botas de caucho con punta de acero.
	Casco azul	Sí	
	Respirador media cara	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Cartuchos	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Tapones auditivos	Sí	
	Guantes de manipulación	Sí	
Trabajo en caliente	Guantes de cuero	Sí	
	Casco para soldar	Sí	
	Mandil de cuero	Sí	
	Mangas de cuero	Sí	
	Mascarilla <i>full face</i>	Sí	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

4.3. Comparación de resultados

4.3.1. AMEF

La aplicación de acciones correctivas y uso del manual, permitieron que las puntuaciones de detección y ocurrencia bajen, logrando una reducción del NPR. Adicional, los tiempos reducidos para los mantenimientos que se encuentran en el manual, también afecta directamente a la reducción del Número Prioritario de Riesgo. El diagrama completo se lo puede observar con mayor detalle en el Anexo N.

Tabla 4-8: Resumen cambio de cintas propuesto

ACTUAL		PROPUESTO		REDUCCIÓN NPR
Tiempo de reparación	RPN (S x O x D)	Tiempo de reparación	RPN (S x O x D)	
16	288	14	90	198
16	336	16	105	231
5	392	5	140	252
5	384	5	120	264
24	648	19	126	522
24	432	19	96	336

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

4.3.2. *Procesos propuestos de mantenimiento*

Para mejorar el índice de valor agregado de los procesos de mantenimiento se eliminaron y combinaron actividades que no generan valor dentro del proceso, tales como; transportes y demoras. Los diagramas de procesos mejorados para cada proceso de mantenimiento se pueden observar en los Anexos O-Q.

4.3.2.1. *Cambio de cintas mejorado*

En la tabla resumen de cambio de cintas 4-9 se observa que existen 108 operaciones que requieren un tiempo de 851.15 minutos, 17 transportes que requieren 17.14 minutos, 25 demoras que consumen 63.48 minutos, 2 inspecciones que toman 4 minutos y ninguna operación combinada.

Tabla 4-9: Resumen cambio de cintas propuesto

Cambio de cintas - Propuesto		
Proceso	Cant.	Tiempo
○	108	851.15
➡	17	17.14
D	25	63.48
□	2	2.00
◻	0	0
	Total (min)	933.78
	IVA	91.15%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Las actividades que no generan valor para el proceso han sido eliminadas, como es el caso de transportes y demoras innecesarias. Estos nuevos valores aumentan el valor del Índice de Valor Agregado, el cual se incrementa hasta el 90.96%.

4.3.2.2. Cambio de calces

En la tabla resumen de cambio de cintas 4-10 se observa que existen 87 operaciones que requieren un tiempo de 742.01 minutos, 13 transportes que requieren 14.31 minutos, 22 demoras que consumen 76.75 minutos, 6 inspecciones que toman 3.27 minutos y ninguna operación combinada.

Tabla 4-10: Resumen cambio de calces propuesto

Cambio de calces - Propuesto		
Proceso	Cant.	Tiempo
○	87	742.01
➡	13	14.31
D	22	76.75
□	6	3.27
◻	0	0
	Total (min)	836.34
	IVA	88.72%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Algunas de las actividades que no generan valor para el proceso han sido eliminadas, permitiendo el aumento del valor del Índice de Valor Agregado, el cual se incrementa hasta el 88.72%.

4.3.2.3. Cambio de faldones

En la tabla resumen de cambio de faldones 4-11 se observa que existen 16 operaciones que requieren un tiempo de 264.76 minutos, 8 transportes que requieren 13.82 minutos, 12 demoras que consumen 37.69 minutos y ninguna inspección y operación combinada.

Tabla 4-11: Resumen cambio de faldones propuesto

Cambio de faldones - Propuesto		
Proceso	Cant.	Tiempo
○	16	264.76
➔	8	13.82
D	12	37.69
□	1	2.00
◻	0	0
	Total (min)	318.27
	IVA	83.19%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Algunas de las actividades que no generan valor para el proceso han sido eliminadas, permitiendo el aumento del valor del Índice de Valor Agregado, el cual se incrementa hasta el 83.19%.

4.3.3. Indicadores de mantenimiento

Para el cálculo de la disponibilidad propuesta, se eliminaron los mantenimientos correspondientes a cintas, calces y faldones que se han realizado durante la molienda, debido a que se realizarán en las paradas programadas para lavado de los molinos. Esta estrategia garantiza una utilización más eficiente de los tiempos de inactividad programados, minimizando las interrupciones durante la molienda y optimizando el rendimiento de la planta. En la tabla 4-12, se muestran los valores actuales y propuestos para cada uno de los indicadores

Tabla 4-12: Comparación de resultados

		MTBMp	Mp	MTBF	MTTR	MTBM	M	D.O	OEE
Actual	Molino 1	253.34	41.53	208.97	15.98	114.51	27.53	80.62%	58.69%
	Molino 2	227.49	32.69	211.70	16.89	109.66	24.51	81.73%	59.50%
	Molino 3	250.12	40.41	226.98	20.00	118.99	29.71	80.02%	58.25%
	Molino 4	245.21	50.38	226.98	18.67	117.87	33.91	77.66%	56.53%
	Molino 5	246.26	46.66	251.77	20.23	124.49	33.59	78.75%	57.33%
	Molino 6	243.98	42.53	304.64	22.98	135.48	33.84	80.02%	58.25%
Propuesto	Molino 1	358.22	29.61	227.61	14.92	139.18	20.63	87.09%	68.49%
	Molino 2	276.00	24.01	247.45	12.98	130.47	18.20	87.76%	69.02%
	Molino 3	336.94	28.13	270.62	14.69	150.08	20.67	87.89%	69.12%
	Molino 4	353.28	29.96	261.60	14.80	150.30	21.25	87.61%	68.90%
	Molino 5	346.56	35.74	276.80	15.27	153.89	24.36	86.33%	67.90%
	Molino 6	336.94	31.85	342.40	17.37	169.82	24.67	87.32%	68.67%

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

La diferencia entre los valores actuales y propuestos presentan un incremento en los tiempos medios entre mantenimientos, disponibilidad operacional generalizada y el OEE. Así como una reducción en los tiempos medios de reparación para preventivos y correctivos, como se observa en la tabla 4-13.

Tabla 4-13: Comparación de resultados

	INCREMENTO					REDUCCIÓN		
	MTBMp	MTMF	MTBM	D.O	OEE	Mp	MTTR	M̄
Molino 1	104.88	18.65	24.67	6.47%	9.80%	11.92	1.06	6.90
Molino 2	48.51	35.75	20.82	6.03%	9.52%	8.68	3.91	6.31
Molino 3	86.82	43.64	31.09	7.87%	10.87%	12.28	5.31	9.04
Molino 4	108.07	34.62	32.43	9.96%	12.37%	20.42	3.87	12.67
Molino 5	100.30	25.03	29.40	7.58%	10.57%	10.92	4.96	9.23
Molino 6	92.96	37.76	34.35	7.30%	10.42%	10.68	5.61	9.17

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

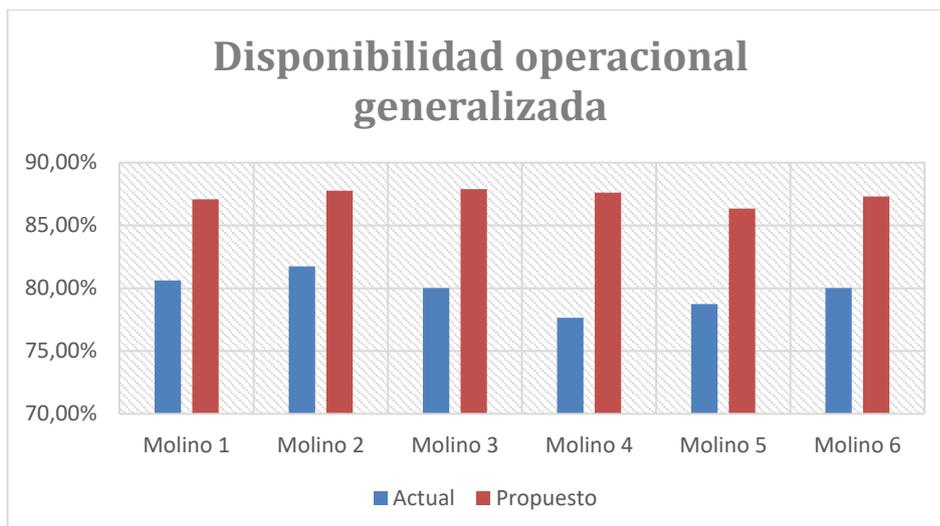


Ilustración 4-1: Disponibilidad operacional generalizada

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Como se muestra en la ilustración 4-1, existe un considerable aumento en el valor de la disponibilidad para cada equipo. Para el molino 1; 6.47% de incremento, molino 2; 6.03%, molino 3; 7.87%, molino 4; 9.96%, molino 5; 7.58% y para el molino 6 de 7.30%.

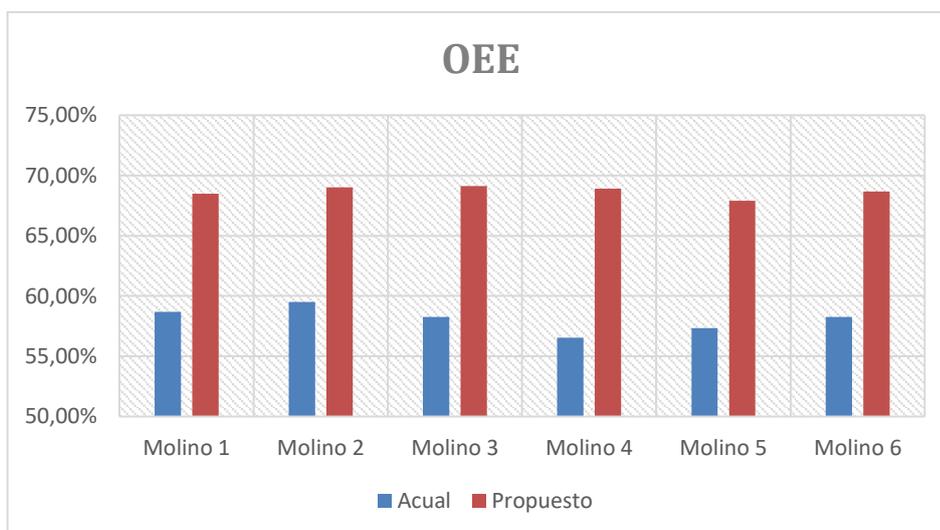


Ilustración 4-2: Disponibilidad operacional generalizada

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

En la ilustración 4-2 se observa un considerable aumento en el valor del OEE de los equipos. Para el molino 1; 9.80% de incremento, molino 2; 9.52%, molino 3; 10.87%, molino 4; 12.37%, molino 5; 10.57% y para el molino 6 de 10.42%.

Se realizó una prueba t pareada con datos actuales y propuestos de la disponibilidad y OEE, con el objetivo de determinar si la variación de los resultados es significativa. En el análisis de la disponibilidad, se obtuvo un *p-value* menor al nivel de significancia ($0.00 < 0.05$) y un estadístico de prueba mayor al valor crítico ($13.55 > 2.58$). De igual manera con el OEE, se obtuvo un *p-value* menor al nivel de significancia y un estadístico de prueba menor al valor crítico ($28.48 > 2.58$). Con un nivel de confianza del 95%, existe evidencia estadística suficiente para rechazar la hipótesis nula y asegurar que el incremento de estos indicadores es significativo.

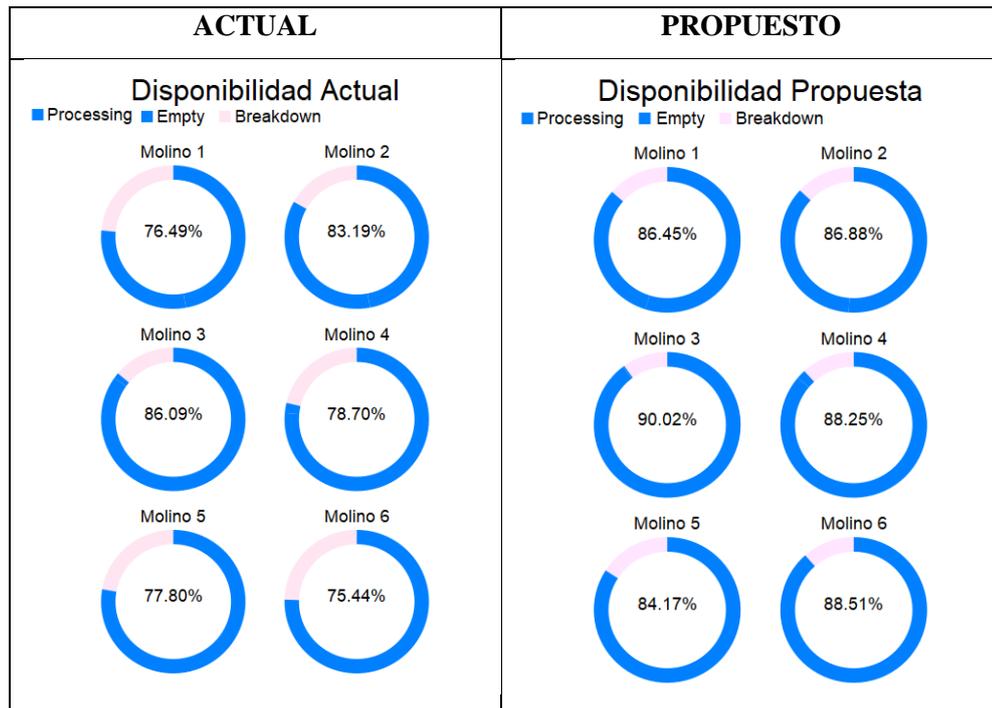
Tabla 4-14: Análisis de significancia

	Disponibilidad			OEE		
	Actual	Propuesto	¿Significativo?	Actual	Propuesto	¿Significativo?
Molino 1	80.62%	87.09%	Sí	57.76%	68.49%	Sí
Molino 2	81.73%	87.76%		58.56%	69.02%	
Molino 3	80.02%	87.89%		57.33%	69.12%	
Molino 4	77.66%	87.61%		55.64%	68.90%	
Molino 5	78.75%	86.33%		56.42%	67.90%	
Molino 6	80.02%	87.32%		57.33%	68.67%	

Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.

Dentro de la simulación se estableció un período de análisis de un año, para observar el comportamiento de los equipos a lo largo de ese tiempo, donde al configurar los valores actuales y propuestos de los indicadores de mantenimiento se obtuvieron los valores correspondientes a la disponibilidad de los equipos, como se muestra en la tabla 4-15.

Tabla 4-15: Análisis de la disponibilidad actual y mejorada



Realizado por: Garcés, K; Campozano, R.; 2023.



MANUAL DE PROCEDIMIENTOS

Molinos chilenos

ELABORADO POR:	ELABORADO POR:	REVISADO POR:	APROBADO POR:
Robert Campozano	Karen Garcés	Ing. Cristian Merino	Sr. Joffre Chevez
Firma	Firma	Firma	Firma

Revisión: 1

Fecha:

Código:

1. OBJETIVO

Establecer los procesos a seguir durante la ejecución de tareas de mantenimiento en los molinos chilenos de la planta de manera eficiente y estandarizada, por medio de información detallada, diagramas y normas de seguridad, para garantizar el correcto funcionamiento de los equipos durante la molienda.

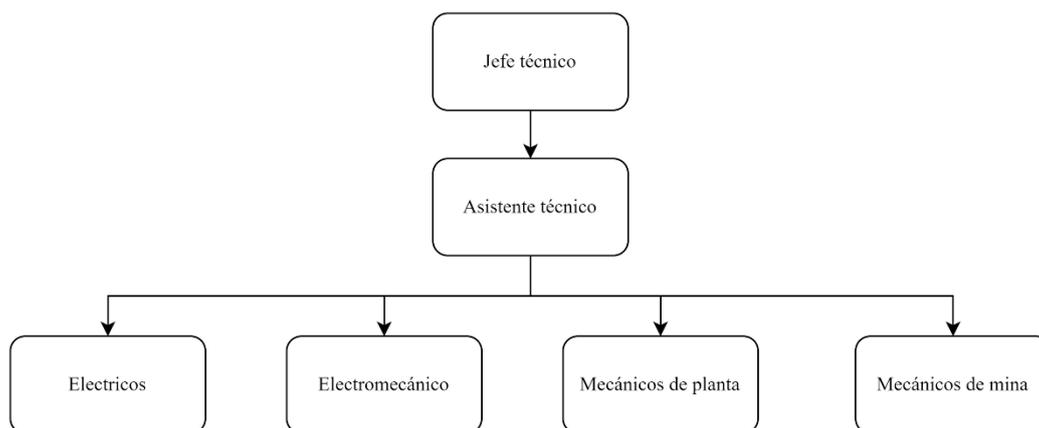
2. ALCANCE

El manual incluye los procedimientos para el mantenimiento de molinos. Incluye indicaciones detalladas para tareas preventivas y correctivas, protocolos de seguridad, indicadores clave de rendimiento y consideraciones para adaptarse a cambios en la tecnología y regulaciones. Este recurso se concibe como una herramienta dinámica y participativa que busca mejorar continuamente la eficiencia y seguridad en las operaciones de mantenimiento.

3. PÚBLICO OBJETIVO

El manual está dirigido al jefe, Asistente del Departamento Técnico y personal encargado del mantenimiento. Incluye a ingenieros, técnicos, mecánicos involucrados en las operaciones de mantenimiento. Su diseño busca ser accesible para personal con diferentes niveles de experiencia, proporcionando orientación detallada para asegurar la ejecución efectiva y segura de los procedimientos establecidos.

4. RESPONSABLES



Jefe técnico: Controlar la ejecución de las actividades de mantenimiento y reparaciones en dependencias de la Institución, distribuyendo, coordinando y supervisando los trabajos del

Revisión: 1

Fecha:

Código:

personal a su cargo, para garantizar el buen funcionamiento y conservación de los distintos equipos que posee la empresa que permita mantener la producción.

Asistente técnico: Brindar apoyo técnico y profesional en la planeación, organización, ejecución, monitoreo y evaluación de las actividades de asistencia técnica, prestadas a la empresa relacionadas con el fortalecimiento de los sistemas, transferencia de conocimientos y buenas prácticas de seguridad.

Mecánico de planta: Mantener en condiciones operativas los equipos, maquinarias, y demás estructuras que se encuentran en la superficie, ejecutando actividades de reparación, mantenimiento y soldadura de las máquinas y equipos mecánicos a fin de garantizar el funcionamiento de estos.

Ayudante de mecánico de planta: Prestar la ayuda necesaria al Mecánico, al momento de realizar trabajos de mantenimiento de equipos o armado de estructuras, realizando tareas mecánicas y de soldadura que permita complementar las tareas que se realizan a diario.

5. TERMINOLOGÍA

- **Bandas de transmisión:** Se utiliza en sistemas mecánicos, en donde se transfiere potencias relativamente largas entre ejes por medio de fricción, se caracterizan por una funcionabilidad suave y silenciosa.
- **Bloqueo:** Se refiere al impedimento de seguir con una acción específica dentro de un sistema funcional.
- **Calces:** Son elementos que permiten el ajuste, nivelación o soporte de componentes propios de una máquina.
- **Cintas:** Son planchas metálicas que recubren la rueda y sirven como punto de sujeción entre la rueda y el calce.
- **Confiabilidad:** Probabilidad que tiene un activo de funcionar correctamente dentro de un periodo de tiempo.
- **Disponibilidad:** Probabilidad de que un activo cumpla con su función cuando este sea requerido en una porción de tiempo.
- **Molino chileno:** Equipo capaz de girar horizontalmente por medio de un tambor cilíndrico con el objetivo de triturar mineral para la obtención de minerales valiosos.
- **Mantenimiento preventivo:** Se considera como estrategias capaces de programar tareas de mantenimiento capaces de regular los activos antes de la existencia de alguna falla.

Revisión: 1

Fecha:

Código:

- **Mantenimiento correctivo:** Son estrategias que se centran en la reparación de los activos después de haberse evidenciado una falla o avería.
- **Reductor:** Componente mecánico capaz de disminuir la velocidad de rotación del eje de entrada y aumentar la fuerza de salida.
- **Registro de aislamiento:** Documentación empleada para detallar información acerca de procedimientos de aislamiento de energía que se realizan en equipos o sistemas durante las tareas de mantenimiento, su objetivo principal es salvaguardar la seguridad de los trabajadores.
- **Tarjeta de bloqueo:** Permiten la comunicación por medio de un etiquetado que indica que el equipo no se debe operar, además por medio de un candado se impide la activación del activo mientras este está bloqueado.
- **Equipo de protección personal:** Barreras indispensables diseñados para la protección del personal operativo de algún tipo de riesgo o peligro que se susciten dentro de área laboral en alguna tarea específica.

6. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- Check list para componentes (CL-C-MC)
- Check list para actividades (CL-A-MC)
- Check list para EPP (CL-EPP)
- Procedimiento estándar para cambio de cintas (PE-MC-CCI)
- Procedimiento estándar para cambio de calces (PE-MC-CCA)
- Procedimiento estándar para cambio de faldones interiores (PE-MC-CFI)

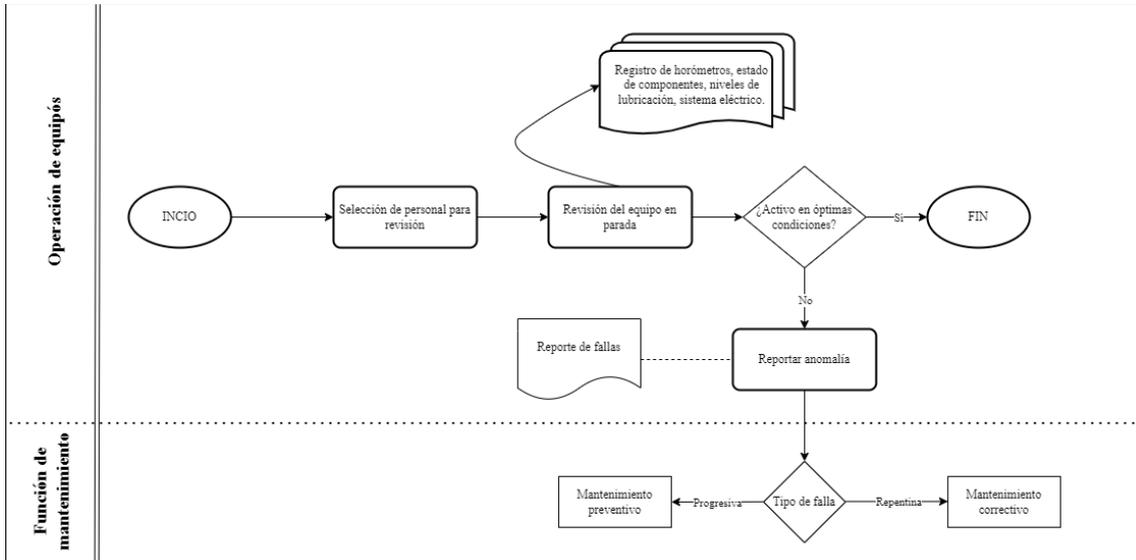
7. MANTENIMIENTO RUTINARIO

Durante las paradas programadas (lavado de molinos), se llevarán a cabo inspecciones de los componentes que se detallan en la lista de comprobación (CL-C-MC) del siguiente apartado. Estas inspecciones se realizan con el objetivo de evaluar el estado de los componentes y determinar la necesidad de realizar mantenimiento programado o inmediato. En el caso de necesitar un mantenimiento programado, este se realizará en la próxima jornada de lavado de molinos cuya fecha estará indicada en el cronograma de moliendas que emite el Departamento de Producción.

Revisión: 1

Fecha:

Código:



ÁREA DE MOLIENDA			
Gamas o Rutas	Equipos	Responsable(s)	Documentos
Ruta mensual de mantenimiento de molinos	12MC01	Mecánico y/o ayudante de planta	CL-C-MC
	12MC02		
	12MC03		
	12MC04		
	12MC05		
	12MC06		

Revisión: 1

Fecha:

Código:

 P R O D U M I N S . A	RUTA MENSUAL DE MANTENIMIENTO	
	INSPECCIÓN GENERAL MENSUAL	
	INSTALACIÓN A INSPECCIÓN O REVISAR: ÁREA DE MOLIENDA	
	Operario:	
	Hora inicio:	Hora final:
	Frecuencia: Mensual	Código Ruta R-MC-01
	Edición: 0	Esp: PREV
	Fecha: 14-03-2024	Hoja: 1
	Fecha:	
	T. normal:	

Riesgos del trabajo y medidas preventivas		
<ul style="list-style-type: none"> • Haber coordinado entre departamentos (Planta y Técnico) los trabajos a realizarse y tener a disposición los equipos y personal necesario. • Se debe contar con la cantidad necesaria de insumos, materiales y repuestos para evitar la suspensión de actividades debido a la falta de estos. • El molino debe encontrarse lavado, trabajo que realiza el personal de planta. • El equipo debe estar apagado y las bandas de transmisión que van del motor al reductor deben estar retiradas. • El suministro de agua del molino debe estar cortado. • La bandeja de alimentación debe estar bloqueada. 		
Equipo	Descripción	Tiempo
1. Tanque - T-MC-AM-001	Verificación de posibles corrosiones o fugas. Revisión y ajuste de válvulas y conexiones.	1 min
2. Bandas R-E - BRE-MC-AM-002	Inspección de desgaste y tensado de las bandas. Ajuste de la tensión. Lubricación de los rodillos y puntos de fricción.	< 3 min
3. Templador - TP-MC-AM-003	Verificación del mecanismo de ajuste.	< 1 min
4. Polea conducida - PC-MC-AM-004	Inspección de desgaste y alineación. Limpieza de la superficie de la polea	1 min
5. Polea conductora - PCO-MC-AM-005	Inspección de alineación y desgaste.	< 2 min
6. Polea de reductor - PR-MC-AM-006	Inspección de alineación y desgaste.	< 2 min
7. Polea de motor - PM-MC-AM-007	Inspección de alineación y desgaste.	3 min

Revisión: 1

Fecha:

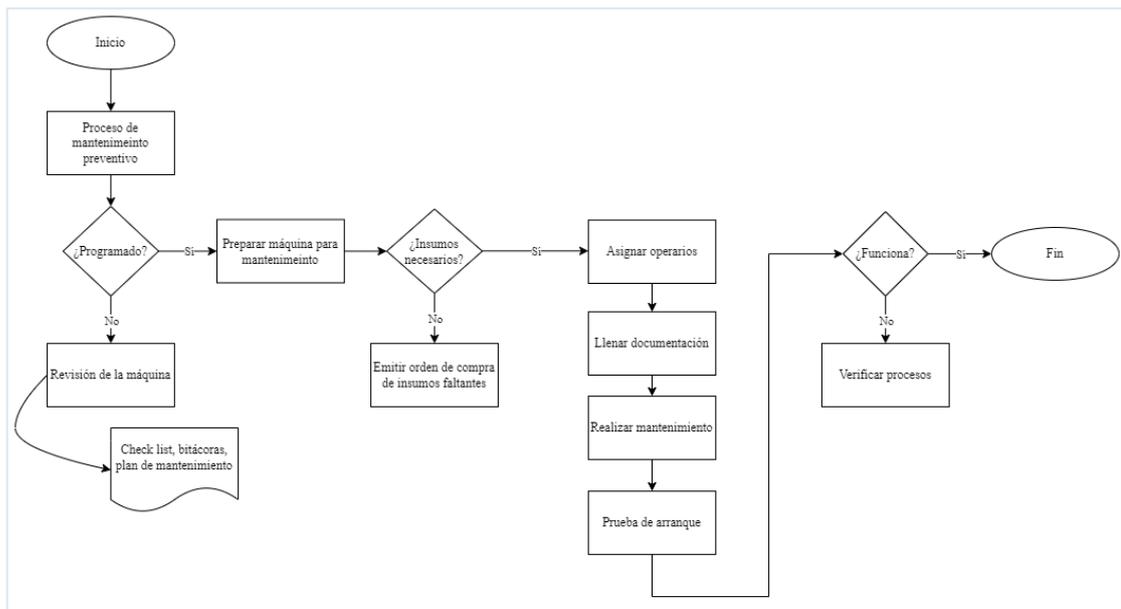
Código:

8. Bandas M-R - BMR-MC-AM-008	Revisión de desgaste y tensión de las bandas. Lubricación de los rodillos y puntos de contacto.	1 min
9. Pernos de templador - PT-MC-AM-009	Verificación del estado y apriete de los pernos. Lubricación para evitar oxidación y facilitar el ajuste.	< 1min
10. Lubricación en componentes externos - LCE-MC-AM-010	Aplicación de lubricante en puntos externos de fricción. Limpieza de residuos de lubricante antiguo.	<15 min
11. Calces - C-MC-AM-011	Verificación del estado y ajuste de los calces.	< 1min
12. Rueda - R-MC-AM-012	Inspección de desgaste y posibles fisuras. Limpieza de residuos adheridos. Revisión de la fijación y apriete de pernos.	<1 min
13. Bisagras - B-MC-AM-013	Lubricación de los ejes de las bisagras. Verificación del estado y ajuste de estas.	<1 min
14. Quesos - Q-MC-AM-014	Inspección de desgaste y daños. Limpieza y ajuste de los quesos en su posición.	<1 min
15. Faldones - F-MC-AM-015	Verificación de fijación y estado de los faldones. Limpieza de suciedad acumulada.	<1 min
16. Chumaceras - CH-MC-AM-016	Lubricación de los rodamientos internos. Verificación del estado y ajuste de la chumacera. Sustitución de rodamientos si es necesario.	<1 min
17. Bridas - BR-MC-AM-017	Inspección de fijación y apriete de las bridas. Verificación de posibles corrosiones o daños. Limpieza y lubricación de los puntos de contacto.	<1 min
18. Lubricación en componentes internos - LCI-MC-AM-018	Aplicación de lubricante en puntos internos de fricción. Limpieza de residuos de lubricante antiguo. Verificación de la distribución adecuada del lubricante.	<15 min

8. MANTENIMIENTO PREVENTIVO

Es una táctica de gestión de mantenimiento ejecutada por medio de actividades de revisión, limpieza, reemplazo de elementos que puedan causar fallas inesperadas, este tipo de

mantenimiento se caracteriza por ser más largo y exhaustivo que un mantenimiento rutinario puesto que permite garantizar el funcionamiento correcto del activo disminuyendo la probabilidad de fallo.



Para la programación de los mantenimientos preventivos se tomará en cuenta el estado actual de los componentes y su período de vida útil, que se han establecido de acuerdo con la frecuencia de los cambios efectuados.

Componente	Tiempo vida útil
Calces	3 meses
Cintas	9 meses
Faldones interiores	1 año

9. CHECK LIST

La lista de verificación o *check list* es una herramienta importante en el mantenimiento de equipos, ya que proporciona una lista detallada de elementos mecánicos a revisar mientras el equipo se encuentra en inactividad, tipo de avería, estado de la producción, tiempo de reparación, calificación y causas.

Revisión: 1

Fecha:

Código:

• Check list para componentes

					
CHECK LIST					
EQUIPO		DÍA		COD	CL-C-MC
OPERADOR		FECHA		PÁG	
NOTIFICADOR DE FALLA					
TIPO DE PARA	PROGRAMADA		NO PROGRAMADA		
ESTADO DEL EQUIPO					
Inspeccion visual (Exterior)		Bueno	Medio	Malo	Tipo de avería
Tanque					Mecánica
Bandas R-E					Eléctrica
Templador					Otro
Polea conducida					Producción
Polea conductora					Normal
Polea de reductor					Parcial
Polea de motor					Detenida
Bandas M-R					Tiempo de reparación
Pernos de templador					Menor a 1 hora
Lubricación en componentes externos					Entre 1 y 4 horas
					Mayor a 4 horas
Inspeccion visual (Interior)		Bueno	Medio	Malo	Calificación general
Calces					Severo
Rueda de hormigón					Normal
Bisagras					Mínimo
Quesos					Causas
Faldones					Desgaste
Chumaceras					Fatiga
Bridas					Corrosión
Lubricación en componentes internos					Desajuste
Alimentación		Bueno	Medio	Malo	Falta de limpieza
Faja					Mal mantenimiento
Rodillos de avance					Otras (especificar)
Rodillos de retorno					
Catalinas					
Cadenas					
Motor					
Rango					
Bueno	El componente está en condiciones óptimas				
Medio	El componente está funcional pero requiere atención no urgente				
Malo	El componente necesita atención urgente				
Observaciones:					
SOLUCIÓN					

Operador planta

Operador mecánico

Revisión: 1

Fecha:

Código:

• **Check list para Equipo de Protección Personal (EPP)**

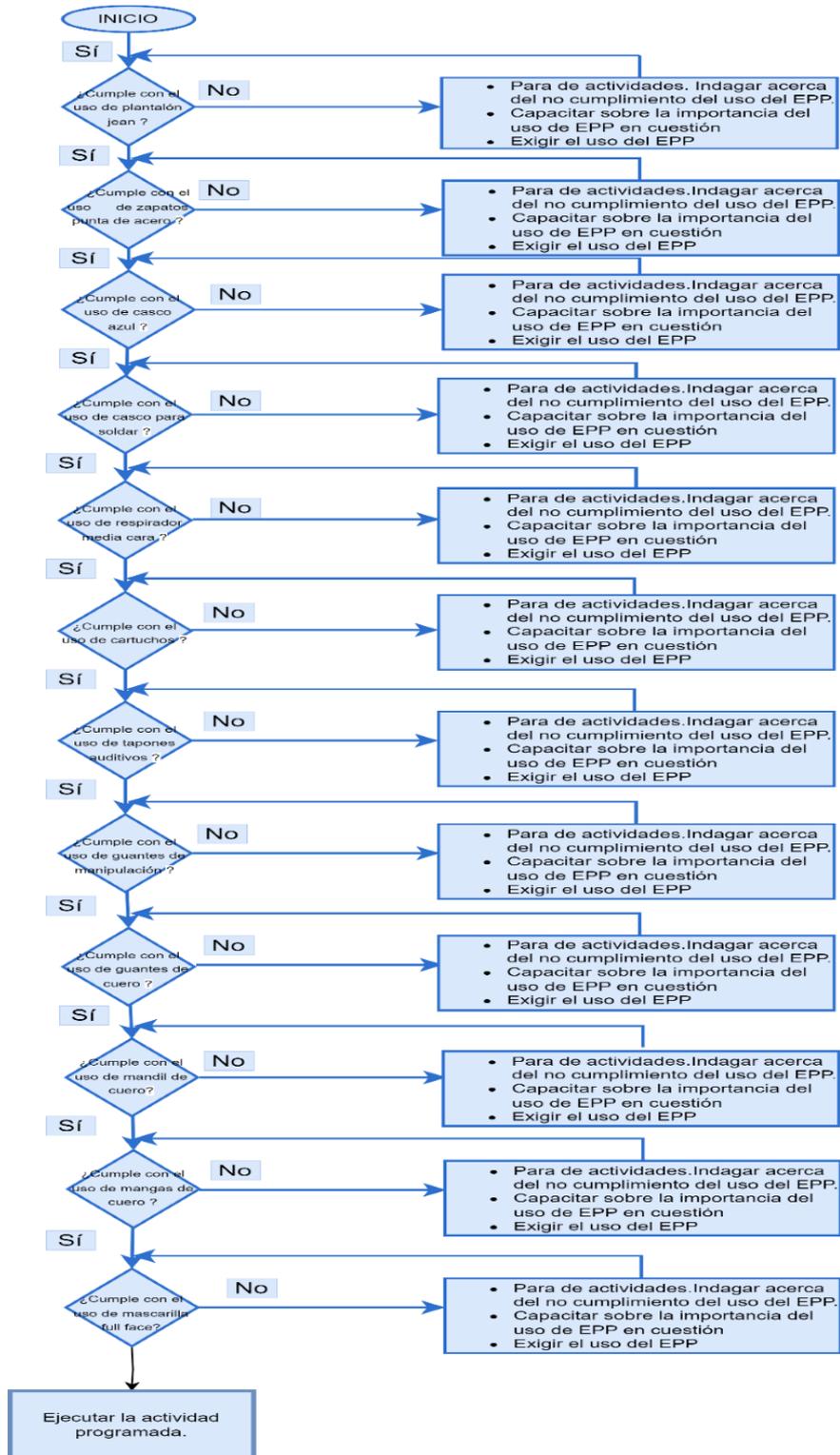
Esta lista de verificación de equipos de protección personal es una herramienta que lo realiza el responsable de inspeccionar el uso del EPP, para salvaguardar el bienestar laboral.

 CHECK LIST 				
INSPECCIÓN OBLIGATORIA		DÍA	COD	CL-A-MC
EQUIPO :		FECHA	PÁG	
OPERADOR:		SIMBOLO	Cumple	<input checked="" type="checkbox"/>
RESPONSABLE:		GÍA	No cumple	<input checked="" type="checkbox"/>
	Trabajo en frío	LISTA		<input checked="" type="checkbox"/> / <input checked="" type="checkbox"/>
		Pantalón jean		<input type="checkbox"/>
		Zapatos punta de acero		<input type="checkbox"/>
		Casco azul		<input type="checkbox"/>
		Casco para soldar		<input type="checkbox"/>
		Respirador media cara		<input type="checkbox"/>
		Cartuchos		<input type="checkbox"/>
		Tapones auditivos		<input type="checkbox"/>
	Trabajo en caliente	Guantes de manipulación		<input type="checkbox"/>
		Guantes de cuero		<input type="checkbox"/>
		Mandil de cuero		<input type="checkbox"/>
		Mangas de cuero		<input type="checkbox"/>
		Mascarilla <i>full face</i>		<input type="checkbox"/>

Operador

Responsable

- Plan de acción de no cumplimiento con la lista de comprobación para EPP



Revisión: 1

Fecha:

Código:

- **Check list para actividades**

Es una herramienta que brinda una lista detallada de tareas específicas después de la ejecución de una actividad, con el propósito de garantizar la funcionabilidad futura correcta.

CHECK LIST			
EQUIPO :	DÍA	COD	CL-A-MC
OPERADOR:	FECHA	PÁG	
Marque con un visto (✓) si cumple y con una X (×) si no cumple			
LISTA	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	OBSERVACIONES:
El puesto de trabajo está ordenado.	<input type="checkbox"/>		
La maquinaria se encuentran limpias y ordenadas.	<input type="checkbox"/>		
Los residuos se encuentran en el área de residuos.	<input type="checkbox"/>		
Herramientas en buen estado.	<input type="checkbox"/>		
Se realizaron pruebas de arranque	<input type="checkbox"/>		
Se usó correctamente el equipo de protección personal	<input type="checkbox"/>		

Responsable

10. CAMBIO DE CINTAS Y CALCES

10.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Es el proceso de sustituir cintas desgastadas y calces deteriorados por efecto de la fatiga y desgaste entre ambos materiales para mantener la eficiencia operativa y la integridad estructural del molino chileno, previniendo fallas, garantizando la reducción de granulometría del material y optimizando su rendimiento.

10.2 MATERIALES E INSUMOS

Para realizar el correcto mantenimiento de este equipo se debe contar con los siguientes materiales:

Revisión: 1

Fecha:

Código:

Descripción	Unidad	Cantidad
Cinta (15x120) cm x ½"	U	12
Calce	U	26
Tanque de oxígeno	U	2
Tanque de gas GLP	U	3
Boquillas de oxicorte	U	2
Manguera tipo gemela	U	1
Electrodo 7018 1/8"	Kg	30
Disco de pulir 7"	U	4
Combo	U	2
Cinzel	U	2
Moladora	U	2

10.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

	Descripción	¿Obligatorio?	Observaciones
Trabajo en frío	Pantalón jean	Sí	
	Zapatos punta de acero	Sí	Se pueden usar botas de caucho con punta de acero.
	Casco azul	Sí	
	Casco para soldar	Sí	
	Respirador media cara	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Cartuchos	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Tapones auditivos	Sí	
	Guantes de manipulación	Sí	
Trabajo en caliente	Guantes de cuero	Sí	
	Mandil de cuero	Sí	
	Mangas de cuero	Sí	
	Mascarilla <i>full fase</i>	Sí	

Revisión: 1

Fecha:

Código:

10.4 CONDICIONES INICIALES DE TRABAJO

Antes de iniciar el trabajo, se deberá contar con ciertas condiciones que permitirán la continuidad de las operaciones dentro del molino, las cuales son:

- Haber coordinado entre departamentos (Planta y Técnico) los trabajos a realizarse y tener a disposición los equipos y personal necesario.
- Se debe contar con la cantidad necesaria de insumos, materiales y repuestos para evitar la suspensión de actividades debido a la falta de estos.
- El molino debe encontrarse lavado, trabajo que realiza el personal de planta.
- Las bandas de transmisión que van del motor al reductor deben estar retiradas.
- El suministro de agua del molino debe estar cortado.
- La bandeja de alimentación debe estar bloqueada.
- Haberse realizado el proceso de bloqueo y etiquetado

Revisión: 1
Fecha:
Código:
10.5 PASOS PARA REALIZAR LA TAREA

EPP:		Guantes de manipulación, casco, botas de cuero con punta de seguridad, tapones auditivos y/u orejeras, gafas transparente, respirador media cara con filtros (en caso de que se este triturando).						
Preparación del equipo	1	Preparación de materiales e insumos			4.32	0.11	4.80	Se deberá organizar todos los materiales e insumos que se detallan al inicio del documento.
	2	Transporte a molinos		10.03	2.63	0.11	2.92	Una vez organizados los materiales, se transporta al molino.
	3	Desmontar malla			2.43	0.11	2.70	Se demonta la sección de la malla que separa el circuito de trituración de los molinos.
	4	Desmontar compuerta del molino			13.21	0.11	14.66	Dirigirse al molino y con llaves #12 se procede a quitar los pernos que tienen asegurado a una de sus compuertas y se la ubica dentro del equipo.
Corte de cintas y calces desgastados	5	Preparación de equipo de oxicorte			1.25	0.11	1.39	Se conectan y aseguran los equipos de oxicorte (2), conformado por: oxígeno, gas, manguera y antorcha.
	6	Mover sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Una vez finalizada la conexión del oxicorte, los operarios entran al molino a mover el sistema de ruedas, dejando una rueda en la posición donde se retiró anteriormente la compuerta.
	7	Puesta de EPP total			1.37	0.11	1.52	Los operarios deben colocarse todo el EPP correspondiente a trabajos en caliente, que están detallados anteriormente.
	8	Corte de cintas en rueda 1 (E) y 2 (I)			42.32	0.23	52.05	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará las cintas y calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer
	9	Giro de sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.
	10	Corte de cintas en rueda 3 (E) y 4 (I)			42.32	0.23	52.05	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará las cintas y calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer
	11	Giro de sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.
	12	Corte de cintas en rueda 2 (E) y 1 (I)			34.05	0.23	41.88	Un operario (operario 1) se situará fuera del molino, del lado en el que se quitó la compuerta, y cortará el lado exterior de las cintas y calces desgastados. Mientras que el otro operario (operario 2) se situará dentro del molino y cortará la parte inter
	13	Giro de sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.
	14	Corte de cintas en rueda 4 (E) y 3 (I)			34.05	0.23	41.88	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará las cintas y calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer
	15	Corte y desmontaje de calces superiores			60.53	0.11	67.19	Ya finalizados los cortes, se procede a desmontar los residuos de calces que quedan en la parte superior de rueda, con ayuda de combo y cincel.
	16	Corte de residuos			3.38	0.11	3.75	Las ruedas deben quedar con una superficie limpia y sin residuos, por lo tanto, se cortarán los residuos con ayuda del oxicorte.
	17	Giro de sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Los operarios girarán todo el sistema de ruedas, para que la parte inferior de las ruedas quede visible y poder trabajar en ellas.
	18	Corte y desmontaje de calces inferiores			47.73	0.11	52.98	Mediante golpes con combo y cincel se desmontan los residuos de calces restantes.

Revisión: 1

Fecha:

Código:

	19	Pulida de ruedas y desmontaje de cintas	●		52.28	0.13	59.08	Una vez desmontados los calces desgastados, se debe hacer lo mismo con los residuos de cintas.
	20	Desechar residuos	➔	6.27	6.43	0.14	7.33	Se deberán juntar los residuos de las cintas y calces, para trasladarlas a la zona de chatarra y que el personal encargado disponga esos desperdicios.
	21	Preparacion de equipo	Ⓛ		0.55	0.11	0.61	Se coloca el EPP para trabajos en caliente y se conectan las moladoras para su uso.
	22	Pulida de ruedas y desmontaje de cintas	●		16.42	0.13	18.55	Se continua con la pulida y desmontaje de los residuos de las cintas.
Preparación para soldadura	23	Preparación de equipo de soldadura	➔		13.54	0.11	15.03	Una vez que las ruedas queden sin residuos, se llevará al taller y guardará un equipo de oxicorte y las moladoras. Se trasladarán dos soldadoras y electrodos para empezar el montaje de cintas y calces nuevos.
	24	Transporte a calces	➔	3.35	7.71	0.15	8.87	Dirigirse a la zona de almacenamiento de calces, con ayuda de una plataforma, montar 13 calces, transportalos al molino y bajarlos del ubicandolos cerca a la entrada del molino.
	25	Transporte a cintas	➔	3.42	3.06	0.15	3.52	Dirigirse a la zona de almacenamiento de cintas, con ayuda de una plataforma, montar 6 cintas, transportalas al molino y bajarlas del ubicandolas cerca a la entrada del molino.
	26	Calibracion de amperaje de soldadoras	Ⓛ		4.7	0.11	5.22	Se ubicará las soldadoras en puntos donde los cables cubran la distancia requerida. El primer operario se ubicará en la entrada del molino y el otro operario dentro del mismo.
	27	Montaje de tecle y blower	Ⓛ		3.05	0.11	3.39	Se montará el tecle en las vigas superiores del molino, que ayudará al levantamiento y giro de las ruedas. De igual manera, se instalará un blower que permita extraer los gases provocados por la soldadura.
	28	Puesta de EPP	Ⓛ		1.32	0.11	1.47	Se realiza el cambio de equipos de protección personal correspondientes a soldadura.
Montaje de calces y cintas en rueda	29	Montaje y soldadura de cinta 1 en rueda	●		6.28	0.23	7.72	Tomar una cinta, montarla en la rueda, centrarla y soldar de ambos lados. La soldadura de esta cinta deberá ser corta, pero lo suficiente para que quede fija.
	30	Montaje y soldadura de cinta 2 en rueda	●		40.31	0.23	49.58	Tomar otra cinta, montarla en la rueda, centrarla y soldar de ambos lados manera que quede fija. Una vez que haya quedado fija, se procede a realizar soldadura continua desde la cinta 1 hasta la cinta 2.
	31	Montaje y soldadura de calce 1	●		1.63	0.23	2.00	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	32	Montaje y soldadura de calce 2	●		10.3	0.23	12.67	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza. Luego, realizar soldadura continua entre ambos calces.
	33	Montaje y soldadura de calce 3	●		7.46	0.23	9.18	Tomar otro calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura continuo por ambos lados.
	34	Control de calidad de soldadura	■		2	0.23	2.46	En este punto, se realizará un control en los cordones de soldadura, este análisis se realizará por el Jefe o Asistente Técnico.
	35	Girar rueda 1	●		1.12	0.11	1.24	Con ayuda del tecle, anclar la cadena al eje de la rueda para levantarla y girarla, de manera que la parte inferior de la rueda quede visible y libre para trabajar.
	36	Montaje y soldadura de cinta 3 en rueda	●		32.15	0.23	39.54	Tomar la tercer y última cinta, montarla en la rueda, centrarla y soldar de ambos lados a lo largo de todo su contorno.
	37	Montaje y soldadura de calce 4	●		1.2	0.23	1.48	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	38	Montaje y soldadura de calce 5	●		10.38	0.23	12.77	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza. Luego, realizar soldadura continua entre ambos calces.
	39	Montaje y soldadura de calce 6	●		7.13	0.23	8.77	Tomar otro calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura continuo por ambos lados.
	40	Corte de calce final	●		2.45	0.11	2.72	Tomar la medida del espacio sobrante en la rueda, cortar un calce con esta medida con ayuda del oxicorte.
	41	Montaje y soldadura de calce final	●		3.5	0.23	4.31	Una vez que se obtenga el calce de la media necesaria, se procede a montar y soldar.
	42	Giro de sistema de ruedas	●		0.25	0.14	0.29	Los 2 operarios mueven el sistema de ruedas, para cambiar la posición de las ruedas.

Revisión: 1

Fecha:

Código:

	43	Montaje y soldadura de cintas y calces en ruedas 2	●		124.16	0.23	152.72	Para las demás ruedas se deberá realizar el mismo procedimiento de los pasos 31-44
	44	Transporte a calces	➡	3.35	7.71	0.15	8.87	Dirigirse a la zona de almacenamiento de calces, con ayuda de un ,montar 13 calces, transportalos al molino y bajarlos del ubicandolos cerca a la entrada del molino.
	45	Transporte a cintas	➡	3.42	3.06	0.15	3.52	Dirigirse a la zona de almacenamiento de cintas, con ayuda de un ,montar 6 cintas, transportalas al molino y bajarlas del ubicandolas cerca a la entrada del molino.
	46	Montaje y soldadura de cintas y calces en ruedas 3 y 4	●		248.32	0.23	305.43	Para las demás ruedas se deberá realizar el mismo procedimiento de los pasos 31-44
Actividades finales	47	Quitar EPP de soldadura	⬇		1.28	0.11	1.42	Los operarios se quitarán el EPP para soldadura y los guardarán.
	48	Transporte de herramientas al taller	➡	10.03	14.72	0.14	16.78	Los operarios almacenarán las máquinas y herramientas usadas y las transportarán al taller, donde las colocaran en su sitio.
	49	Control final de limpieza del área	■		3	0.11	3.33	El jefe o asistente técnico deberán realizar una inspección en el área trabajada con ayuda de una hoja de verificación por actividades.
Tiempo total de operación							1103.33	
							18.39	

11. CAMBIO DE CALCES

11.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Es el proceso de sustituir los calces desgastados que recubren las ruedas del molino. Estas piezas al ser ejercer fricción entre el material y la base del molino generan desgaste progresivo, tienen una vida útil de aproximadamente de 3 meses, por lo que se debe realizar el cambio para asegurar una correcta reducción de gravimetría del material y prevenir que las cintas se deterioren antes de tiempo.

11.2 MATERIALES E INSUMOS

Para realizar el correcto mantenimiento de este equipo se debe contar con los siguientes materiales:

Descripción	Unidad	Cantidad
Calce	U	26
Tanque de oxígeno	U	2
Tanque de gas GLP	U	3
Boquillas de oxicorte	U	2
Manguera tipo gemela	U	1
Electrodo 7018 1/8"	Kg	15
Disco de pulir 7"	U	4
Combo	U	2
Cinzel	U	2
Moladora	U	2
Blower	U	1

Revisión: 1

Fecha:

Código:

11.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

	Descripción	¿Obligatorio?	Observaciones
Trabajo en frío	Pantalón jean	Sí	
	Zapatos punta de acero	Sí	Se pueden usar botas de caucho con punta de acero.
	Casco azul	Sí	
	Casco para soldar	Sí	
	Respirador media cara	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Cartuchos	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Tapones auditivos	Sí	
	Guantes de manipulación	Sí	
Trabajo en caliente	Guantes de cuero	Sí	
	Mandil de cuero	Sí	
	Mangas de cuero	Sí	
	Mascarilla <i>full face</i>	Sí	

11.4 CONDICIONES INICIALES DE TRABAJO

Antes de iniciar el trabajo, se deberá contar con ciertas condiciones que permitirán la continuidad de las operaciones dentro del molino, las cuales son:

- Haber coordinado entre departamentos (Planta y Técnico) los trabajos a realizarse y tener a disposición los equipos y personal necesario.
- Se debe contar con la cantidad necesaria de insumos, materiales y repuestos para evitar la suspensión de actividades debido a la falta de estos.
- El molino debe encontrarse lavado, trabajo que realiza el personal de planta.
- El equipo debe estar apagado y las bandas de transmisión que van del motor al reductor deben estar retiradas.
- El suministro de agua del molino debe estar cortado.
- La bandeja de alimentación debe estar bloqueada.
- Haberse realizado el proceso de bloqueo y etiquetado

Revisión: 1

Fecha:

Código:

11.5 PASOS PARA REALIZAR LA TAREA

Procedimiento estándar de la tarea									
Ocupación:		Mecánico General (Superficie)		Código: PE-MC-CCA			Planta		
Sección/máquina:		Molinos (1-6)		Tarea: Cambio de calces		Frecuencia:		Cada 3 meses	
Fecha de ejecución: XXXXXXXXXX		XXXXXX		Responsable:					
EPP:		Guantes de manipulación, casco, botas de cuero con punta de seguridad, tapones auditivos y/u orejeras, gafas transparente, respirador media cara con filtros (en caso de que se este triturando).							
Etapa	No	Descripción de la operación	Tipo	Distancia	T.E	Supl	T.T	Observaciones	
Preparación del equipo	1	Preparación de materiales e insumos			5.73	0.11	6.36	Se deberá organizar todos los materiales e insumos que se detallan al inicio del documento.	
	2	Transporte a molinos		10.03	1.79	0.11	1.99	Una vez organizados los materiales, se transporta al molino.	
	1	Desmontar malla			2.43	0.11	2.70	Se demonta la sección de la malla que separa el circuito de trituración de los molinos.	
	2	Desmontar compuerta del molino		1.2	14.67	0.11	16.28	Con llaves #12 se procede a quitar los pernos que tienen asegurado a una de las compuertas del molino y se la ubica dentro del molino.	
Corte de cintas y calces desgastados	7	Preparación de equipo de oxicrote			1.06	0.11	1.18	Se conectan y aseguran los equipos de oxicrote (2), conformado por: oxígeno, gas, manguera y antorcha.	
	8	Mover sistema de ruedas			0.6	0.14	0.68	Una vez finalizada la conexión del oxicrote, los operarios entran al molino a mover el sistema de ruedas, dejando una rueda en la posición donde se retiró la compuerta.	
	9	Puesta de EPP total			2.16	0.11	2.40	Los operarios deben colocarse todo el EPP correspondiente a trabajos en caliente, que están detallados anteriormente.	
	10	Corte de calces en rueda 1 (E) y 2 (I)			46.79	0.23	57.55	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará los calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer operario	
	11	Giro de sistema de ruedas			0.25	0.14	0.29	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.	
	12	Corte de calces en rueda 3 (E) y 4 (I)			49.85	0.23	61.32	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará los calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer operario	
	13	Giro de sistema de ruedas			0.87	0.14	0.99	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.	
	14	Corte de calces en rueda 2 (E) y 1 (I)			47.62	0.23	58.57	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará los calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer operario	
	15	Giro de sistema de ruedas			1.01	0.14	1.15	Una vez finalizados los cortes, los operarios empujarán todo el sistema de ruedas, generando 1/4 de vuelta.	
	16	Corte de calces en rueda 4 (E) y 3 (I)			48.29	0.23	59.40	Un operario se situará fuera del molino, en el lado que se quitó la compuerta, y cortará los calces desgastados por el lado exterior. Mientras que el otro operario se situará dentro del molino y cortará la rueda que esté de frente a la del primer operario	
	17	Recoger desechos de calces y transporte a área de chatarra			6.27	6.5	0.14	7.41	Se deberán juntar los residuos de las cintas y calces, para trasladarlas a la zona de chatarra y que el personal encargado disponga esos desperdicios.
	18	Pulida de ruedas 1 y 3			19.14	0.13	21.63	Con la moladora se procesa a pulir la superficie de las ruedas con el objetivo de eliminar residuos.	
	19	Pulida de ruedas 2 y 4			22.67	0.13	25.62	Con la moladora se procesa a pulir la superficie de las ruedas con el objetivo de eliminar residuos.	
	20	Inspección de estado de las cintas			1	0.11	1.11	Se coloca el EPP para trabajos en caliente y se conectan las moladoras para su uso.	
	21	Transporte a calces			3.35	7.71	0.15	8.87	Dirigirse a la zona de almacenamiento de calces, con ayuda de una plataforma, montar 13 calces, transportarlos al molino y bajarlos del ubicándolos cerca a la entrada del molino.

Fecha:

Revisión: 1

Código:

Preparación para soldadura	22	Preparación de equipo de soldadura			7.97	0.11	8.85	Una vez que las ruedas queden sin residuos, se llevará al taller y guardará un equipo de oxicorte y las moladoras. Se trasladarán dos soldadoras y electrodos para empezar el montaje de cintas y calces nuevos.
	23	Calibración de amperaje de soldadoras			4.7	0.11	5.22	Se ubicará las soldadoras en puntos donde los cables cubran la distancia requerida. El primer operario se ubicará en la entrada del molino y el otro operario dentro del mismo.
	24	Montaje de tecle y blower			3.12	0.11	3.46	Se montará el tecle en las vigas superiores del molino, que ayudará al levantamiento y giro de las ruedas. De igual manera, se instalará un blower que permita extraer los gases provocados por la soldadura.
	25	Puesta de EPP			1.25	0.11	1.39	Se realiza el cambio de equipos de protección personal correspondientes a soldadura.
Montaje de calces en rueda	26	Montaje y soldadura de calce 1			43.22	0.23	53.16	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	27	Montaje y soldadura de calce 2						Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	28	Montaje y soldadura de calce 3						Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza. Luego, realizar soldadura continua entre todos los calces.
	29	Control de calidad de soldadura			2	0.23	2.46	En este punto, se realizará un control en los cordones de soldadura, este análisis se realizará por el Jefe o Asistente Técnico.
	30	Girar rueda 1			0.67	0.11	0.74	Con ayuda del tecle, anclar la cadena al eje de la rueda para levantarla y girarla, de manera que la parte inferior de la rueda quede visible y libre para trabajar.
	31	Montaje y soldadura de calce 4			50.73	0.23	62.40	Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	32	Montaje y soldadura de calce 5						Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	33	Montaje y soldadura de calce 6						Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza.
	34	Corte de calce final						Tomar la medida del espacio sobrante en la rueda, cortar un calce con esta medida con ayuda del oxicorte.
	35	Montaje y soldadura de calce final						Tomar un calce, montar en la rueda y realizar una cordón de soldadura pequeño que mantenga fijo a la pieza. Luego, realizar soldadura continua entre todos los calces.
36	Giro de sistema de ruedas			0.3	0.14	0.34	Los 2 operarios mueven el sistema de ruedas, para cambiar la posición de las ruedas.	
Actividades finales	37	Montaje y soldadura de calces en ruedas 2, 3 y 4			282.3	0.23	347.23	Para las demás ruedas se deberá realizar el mismo procedimiento de los pasos 27-37
	38	Quitar EPP de soldadura			1.12	0.11	1.24	Los operarios se quitarán el EPP para soldadura y los guardarán.
	39	Transporte de herramientas al taller		10.03	21.88	0.14	24.94	Los operarios almacenarán las máquinas y herramientas usadas y las transportarán al taller, donde las colocaran en su sitio.
	41	Control final de limpieza del área			2	0.11	2.22	El jefe o asistente técnico deberán realizar una inspección en el área trabajada con ayuda de una hoja de verificación por actividades.
Tiempo total de operación							840.79	
							14.01	

Revisión: 1

Fecha:

Código:

12. CAMBIO DE FALDONES INTERIORES

12.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROCESO

Es el proceso de sustituir los faldones deteriorados por efecto del desgaste entre el material y estas piezas para mantener la eficiencia operativa y la integridad estructural del molino chileno, previniendo fallas, garantizando la reducción de granulometría del material y optimizando su rendimiento.

12.2 MATERIALES E INSUMOS

Para realizar el correcto mantenimiento de este equipo se debe contar con los siguientes materiales:

Descripción	Unidad	Cantidad
Faldones	U	8
Tanque de oxígeno	U	2
Tanque de gas GLP	U	3
Boquillas de oxicorte	U	2
Manguera tipo gemela	U	1
Electrodo 7018 1/8"	Kg	15
Disco de pulir 7"	U	4
Combo	U	2
Cinzel	U	2
Moladora	U	2
Blower	U	1

12.3 EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

	Descripción	¿Obligatorio?	Observaciones
Trabajo en frío	Pantalón jean	Sí	
	Zapatos punta de acero	Sí	Se pueden usar botas de caucho con punta de acero.
	Casco azul	Sí	
	Casco para soldar	Sí	
	Respirador media cara	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Cartuchos	No	Pasa a ser obligatorio en caso de que se esté triturando.
	Tapones auditivos	Sí	
	Guantes de manipulación	Sí	
Trabajo en caliente	Guantes de cuero	Sí	
	Mandil de cuero	Sí	
	Mangas de cuero	Sí	
	Mascarilla <i>full face</i>	Sí	

Revisión: 1

Fecha:

Código:

12.4 CONDICIONES INICIALES DE TRABAJO

Antes de iniciar el trabajo, se deberá contar con ciertas condiciones que permitirán la continuidad de las operaciones dentro del molino, las cuales son:

- Haber coordinado entre departamentos (Planta y Técnico) los trabajos a realizarse y tener a disposición los equipos y personal necesario.
- Se debe contar con la cantidad necesaria de insumos, materiales y repuestos para evitar la suspensión de actividades debido a la falta de estos.
- El molino debe encontrarse lavado, trabajo que realiza el personal de planta.
- El equipo debe estar apagado y las bandas de transmisión que van del motor al reductor deben estar retiradas.
- El suministro de agua del molino debe estar cortado.
- La bandeja de alimentación debe estar bloqueada.
- Haberse realizado el proceso de bloqueo y etiquetado

Revisión: 1

Fecha:

Código:

12.5 PASOS PARA REALIZAR LA TAREA

Etapa		No	Descripción de la operación	Tipo	Distancia	T.E	Supl	T.T	Observaciones	
Procedimiento estándar de la tarea										
Ocupación:		Mecánico General (Superficie)			Código: PE-MC-CFI			Planta		
Sección/máquina:		Molinos (1-6)		Tarea: Cambio de cintas y calces			Frecuencia:		Anual	
Fecha de ejecución:		Responsable:								
EPP:		Guantes de manipulación, casco, botas de cuero con punta de seguridad, tapones auditivos y/u orejeras, gafas transparente, respirador media cara con filtros (en caso de que se este triturando).								
Preparación del equipo	1	Preparación de materiales e insumos			6.32	0.11	7.02	Se deberá organizar todos los materiales e insumos que se detallan al inicio del documento.		
	2	Transporte a molinos		10.03	1.76	0.11	1.95	Una vez organizados los materiales, se transporta al molino.		
	3	Desmontar malla			2.43	0.11	2.70	Se demonta la sección de la malla que separa el circuito de trituración de los molinos.		
	4	Desmontar compuerta del molino			13.25	0.11	14.71	Con llaves #12 se procede a quitar los pernos que tienen asegurado a una de las compuertas del molino y se la ubica dentro del molino.		
Corte de cintas y calces desgastados	5	Preparación de equipo de oxicorte			1.07	0.11	1.19	Se conectan y aseguran los equipos de oxicorte (2), conformado por: oxígeno, gas, manguera y antorcha.		
	6	Puesta de EPP total			1.42	0.11	1.58	Los operarios deben colocarse todo el EPP correspondiente a trabajos en caliente, que están detallados anteriormente.		
	7	Corte de faldones desgastados			84.76	0.23	104.25	Con ayuda del oxicorte, se procede a cortar los faldones desgastados. El operario 1 se encarga de cortar la mitad de los faldones, mientras que el operario 2 se encarga de la otra mitad.		
	8	Desmontaje de faldones			2.11	0.13	2.38	Una vez cortados los faldones, se retiran los residuos cortados y se los ubica fuera del molino.		
	9	Corte de residuos			8.43	0.23	10.37	Nuevamente con el oxicorte se cortan los residuos metalicos que hayan quedado en la superficie donde irán los nuevos faldones.		
	10	Limpieza de área donde iran los faldones			2.3	0.13	2.60	Se retiran todos los residuos que estén presentes en la superficie de instalación.		
Preparación para soldadura	11	Transporte a faldones		3.52	1.67	0.15	1.92	Dirigirse a la zona de almacenamiento de faldones, llevar 4 piezas por cada operario hasta el interior del molino.		
	12	Preparación de equipo de soldadura			6.23	0.11	6.92	Se ubicará las soldadoras en puntos donde los cables cubran la distancia requerida. Ambos operarios se encontrarán dentro del molino.		
	13	Calibración de amperaje de soldadoras			4.12	0.11	4.57	Se calibra el amperaje de las soldadoras antes de empezar a soldar los faldones.		
	14	Puesta de EPP			1.18	0.11	1.31	Se realiza el cambio de equipos de protección personal correspondientes a soldadura.		
Soldadura de faldones	15	Acople de faldones			18.45	0.13	20.85	Los faldones son acoplados de manera que queden cubriendo la superficie necesaria.		
	16	Soldadura de faldones			1.37	0.15	1.58	Las piezas acopladas se fijarán con puntos de suelda.		
	17	Mover sistema de ruedas			1.05	0.14	1.20	Los 2 operarios mueven el sistema de ruedas, para cambiar la posición de las ruedas.		
	18	Acople de faldones			19.12	0.13	21.61	Los faldones son acoplados de manera que queden cubriendo la superficie necesaria.		
	19	Soldadura de faldones			1.03	0.15	1.18	Las piezas acopladas se fijarán con puntos de suelda.		
	20	Mover sistema de ruedas			1.17	0.14	1.33	Los 2 operarios mueven el sistema de ruedas, para cambiar la posición de las ruedas.		
	21	Acople de faldones			16.43	0.13	18.57	Los faldones son acoplados de manera que queden cubriendo la superficie total.		
	22	Soldadura continua de faldones			84.61	0.15	97.30	Realizar cordones de soldadura continua a lo largo del recorrido de los faldoner en la olla interior		

Revisión: 1

Fecha:

Código:

Actividades finales	23	Quitar EPP de soldadura			1.02	0.11	1.13	Los operarios se quitarán el EPP para soldadura y los guardarán.
	24	Recoger desechos de faldones y transporte a área de chatarra		6.27	5.21	0.14	5.94	Se procede a juntar los residuos de faldones acumulados y se transportan al área de almacenamiento de chatarra.
	25	Transporte de herramientas al taller		10.03	11.37	0.14	12.96	Los operarios almacenarán las máquinas y herramientas usadas y las transportarán al taller, donde las colocaran en su sitio.
	26	Control final de limpieza del área			3	0.11	3.33	El jefe o asistente técnico deberán realizar una inspección en el área trabajada con ayuda de una hoja de verificación por actividades.
		Tiempo total de operación			341.47			
					5.69			

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se identificó, de manera precisa, las funciones específicas de los obreros según los distintos puestos de trabajo en el proceso de mantenimiento de molinos. Estas funciones son: realizar trabajos de reparación, mantenimiento y soldadura en los equipos y estructuras que se encuentran en superficie, con el fin de garantizar el funcionamiento.

La observación participativa permitió un análisis de los procesos actuales de mantenimiento de molinos, identificando áreas de oportunidad y posibles mejoras. La documentación de estos procesos sirvió como punto de partida para la propuesta de cambios que permitan aumentar la eficiencia operativa.

La aplicación de matrices de evaluación de riesgos permitió evaluar los riesgos existentes en las actividades de mantenimiento de molinos, para determinar los equipos de protección personal necesarios para mitigar estos riesgos, siendo la caída de objetos en manipulación, choque contra objetos inmóviles, obstáculos en el piso, ruidos, estrés térmico, exposición a polvos inorgánicos y sobrecargas las más frecuentes. Esta evaluación contribuye a garantizar un entorno de trabajo seguro y proteger la salud y seguridad de los trabajadores.

El diseño del manual de procedimientos demostró ser una estrategia efectiva para mejorar la eficiencia operativa de la planta. Al aplicar los principios de TPM, se logró documentar los procedimientos y programar los mantenimientos rutinarios y preventivos durante los tiempos de inactividad programados, logrando optimizar el tiempo de actividad de los equipos y reducir las interrupciones durante la molienda.

Los resultados del estudio muestran un aumento significativo en la disponibilidad, OEE y utilización de los equipos después de la implementación de las mejoras propuestas. La disponibilidad presenta un incremento del 6.47% para el molino 1, molino 2; 6.03%, molino 3; 7.87%, molino 4; 9.96%, molino 5; 7.58% y para el molino 6 de 7.30%. El OEE incrementó en cada molino 9.80%, 9.52%, 10.87%, 12.37%, 10.57%, 10.42%, respectivamente.

5.2. Recomendaciones

Al existir experiencia previa en la empresa y relación con el personal por motivo de prácticas preprofesionales, se identificaron los problemas existentes relacionados con la baja disponibilidad de los equipos debido a fallas. Es por esto, que se recomienda a los investigadores, partir de un conocimiento previo para el desarrollo de sus trabajos de investigación.

Se recomienda a los investigadores estudiar áreas específicas de mejora dentro del mantenimiento de los molinos chilenos, como la implementación de técnicas de mantenimiento preventivo con el uso de nuevas tecnologías de monitoreo y análisis de datos.

Se sugiere realizar capacitaciones al personal del Departamento Técnico sobre la implementación del manual, asegurando la comprensión los procedimientos, rutas y actividades, garantizando el uso óptimo del mismo.

Se debe destacar la importancia de la mejora continua entre los demás departamentos de la empresa, fomentando y motivando a los trabajadores a participar en la identificación e implementación de oportunidades de mejora en cada una de las actividades productivas.

Se recomienda revisar y actualizar el manual de procesos de mantenimiento de manera periódica debido a los cambios constantes en la tecnología, equipos, procesos o prácticas de la industria, optimizando las técnicas de detección de posibles fallas y reducción de los tiempos de ejecución.

BIBLIOGRAFÍA

1. **AGUIAR, Javier & RODRIGUEZ, Hender.** *Análisis de modos y efectos de falla para mejorar la disponibilidad operacional en la línea de producción de gaseosas.* [en línea]. [Consulta: 18 marzo 2024]. Disponible en: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/7838/Doc%20Final%20Proyecto%20Armando%20y%20Leonardo%20sustentacion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
2. **ALOMÍA.** Elaboración de hojas de trabajo estandarizadas (sos) y hojas de elementos de trabajo (jes), aplicado en el área de preparación de materiales (steelastic y pestañas) en la empresa Continental Tire Andina s.a.(Trabajo de titulación) (Ingeniería Industrial). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca-Ecuador.
3. **ANTÓN, Luis & CLAVIJO, Óscar.** Mejoramiento de la productividad mediante la aplicación e implementación de herramientas lean manufacturing en la línea de producción de puertas enrollables en industrias metálicas Vilema en el Cantón Guano .(Trabajo de titulación)(Ingeniería Industrial). ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO-Ecuador.2019.págs.25-129.[Consulta: 15 noviembre 2023].Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/>.
4. **BELOHLAVEK, Peter.** *Overall Equipment Effectiveness. (n.d.). (n.p.): Blue Eagle Group.* [en línea]. [Consulta: 18 marzo 2024]. Disponible en:https://www.google.com.ec/books/edition/OEE_Overall_Equipment_Effectiveness/gmvn-z-ILjGYC?hl=es&gbpv=1.
5. **FAJARDO, Larry.** Estrategia de estandarización del proceso de mantenimiento regional de la empresa COOMEVA Servicios Administrativos, generado al grupo empresarial COOMEVA. . (Trabajo de titulación) (Ingeniería Industrial). UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL OCCIDENTE. Cali-Colombia,2019, págs 26-76. [Consulta: 5 noviembre 2023]. Disponible en: <https://red.uao.edu.co/server/api/core/bitstreams/9e7611b6-9ad3-4516-a025-13a95645f1ab/content>.
6. **GARCÍA, Santiago.** *Organización y Gestión Integral del Mantenimiento.* Madrid-España: Díaz de Santos,2003, pág. 22-308.

7. **HAFIZ, Khairul & MUHAMAD, Saman.** “Implementation of total productive maintenance concept in a fertilizer process plant”. *Jurnal Mekanikal* [en línea], vol. 34, no. 1, Disponible en: <http://eprints.utm.my/id/eprint/30558/>.
8. **HERRERA, Inés.** El molino chileno de minerales, un aporte tecnológico de la minería al mundo. *Dialnet* [en línea]. [Consulta:4 marzo 2024]. R Disponible en: <https://buleria.unileon.es/handle/10612/8023?show=full>.
9. **HERRERA, Juan.** *Introducción al mantenimiento minero* [en línea]. Madrid-España. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas,2009 [Consulta: 8 octubre 2023]. Disponible en: <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10485>.
10. **INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO EN ESPAÑA.** *Evaluación de Riesgos Laborales*, [en línea] [Consulta: 29 febrero 2023]. Disponible en: https://www.insst.es/documents/94886/96076/Evaluacion_riesgos.pdf/1371c8cb-7321-48c0-880b-611f6f380c1d.
11. **LEMN.** *Distribución Exponencial.* *Bienvenido Este el Manual de R* [en línea]. Disponible en: <https://lemn26.wordpress.com/2013/11/12/distribucion-exponencial/>.
12. **LÓPEZ, Aurelio.** *El control de procesos industriales y su influencia en el mantenimiento.* Ingeniería Industrial [en línea], vol. 0, no. 029, DOI 10.26439/ing.ind2011.n029.227. Disponible en: <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.227>.
13. **MEYERS, Fred E.** *Estudios de tiempos y movimientos.* México: Pearson Educación, [en línea]. 2ª ed México,2000. [Consulta: 8 marzo 2024]. Disponible en: https://www.google.com.ec/books/edition/Estudios_de_tiempos_y_movimientos/cr3WTuK8mn0C?hl=es&gbpv=0.
14. **MONTILLA, Carlos.** *Fundamentos de mantenimiento industrial* [en línea]. Pereira, Colombia. [Consulta: 18 marzo 2024]. Disponible en:<https://repositorio.utp.edu.co/bitstreams/fc4afec7-7a16-4e90-8c06-6079f7568740/download>.

15. **MORA GUTIÉRREZ, Luis Alberto.** *Mantenimiento: planeación, ejecución y control.* [en línea]. Alfaomega. 1ª ed. México, 2009. Disponible en: <http://www.alfaomega.com.mx>.
16. **MORENO, Antonio,** *Mantenimiento Industrial (recopilación).* SlideShare [en línea], 2015. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ARMXXX/ii-mantenimiento-industrial-recopilacin>.
17. **MUYULEMA, M.** *Estandarización del proceso de control de calidad en el servicio de mantenimiento preventivo y correctivo de los talleres de la empresa Teojama comercial de la ciudad de Ambato [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería).* Universidad Tecnológica Indoamérica.Ambato-Ecuador.2019. págs.18-359 [consulta:5 octubre 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uti.edu.ec/bitstream/123456789/1312/1/TESIS%20MARIO%20MUYULEMA%20FIN>.
18. **NPT 330:** Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente.
19. **NPT 679:** Análisis modal de fallos y efectos. AMFE.
20. **PÉREZ, Félix.** *Conceptos generales en la gestión del mantenimiento industrial.* [en línea]. Colombia: USTA,2021. [consulta: 18 dic 2023]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/33276/9789588477923.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
21. **PREDICTIVA.** *Análisis de Modos y Efectos de Fallas (AMEF) y su uso en Machine Learning - P21.* Predictiva21 [en línea]. Disponible en: <https://predictiva21.com/analisis-modos-efectos-fallas-amef-machine-learning/>.
22. **SALAZAR, Bryan.** *Mantenimiento productivo Total (TPM).* Ingeniería Industrial Online [en línea]. Disponible en: <https://ingenieriaindustrialonline.com/lean-manufacturing/mantenimiento-productivo-total-tpm/>.
23. **SERRANO.** *Comparación de métodos para determinar los parámetros de Weibull para la generación de energía eólica* Comparison of methods for determining Weibull parameters for wind energy generation. *Scientia et Technica Año XVIII.* Vol. 18, n.º 2.
24. **SUZUKI, Tokutarō.** *TPM en industrias de proceso* [en línea]. [consulta:18 diciembre 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/37482596/TPM_en_Industrias_de_Procesos.

25. **URQUÍA Alfonso & VILLALBA Carla.** *Métodos de simulación y modelado.* [en línea]. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid,2016. [Consulta: 8 marzo 2024]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=hUkYDQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false.
26. **VIVANCO.** “Los manuales de procedimientos como herramientas de control interno de una organización”. *Cielo*, [en línea],2017, (Cuba), vol.9, pág 1-6. [consulta: 9 diciembre 2023]. ISSN 2218-3620. Disponible en: <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>.
27. **ZARZA DÍAZ, Rogelio.** “Simulación de eventos discretos desde la ingeniería industrial”. *PÄDI Boletín Científico de Ciencias Básicas E Ingenierías del ICBI* [en línea],2013, (México),vol. 10, no. 20. ISSN: 2007-6363.Disponible en: <https://doi.org/10.29057/icbi.v10i20.10207>.
28. **ZEGARRA, Manuel.** “Indicadores para la gestión del mantenimiento de equipos pesados” *Core*,[en línea],2016, pág 1-13. [consulta:3 diciembre 2023]. Disponible en:<https://core.ac.uk/download/pdf/228575405.pdf>.

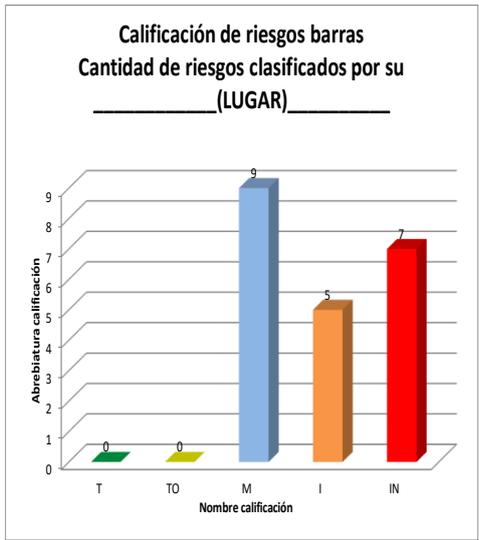
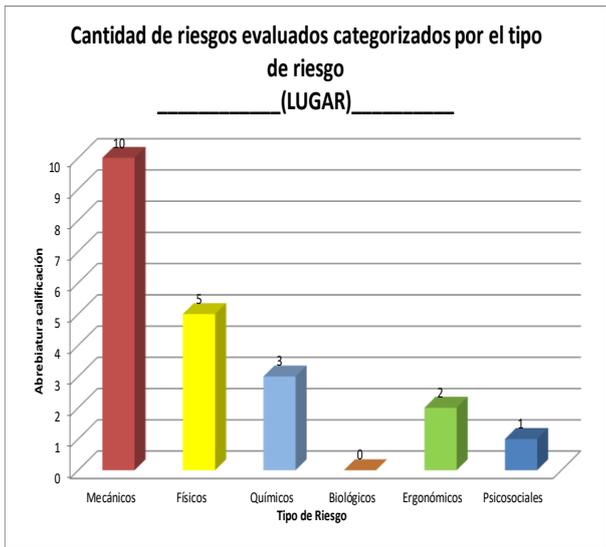
57	Carga Mental																			
58	Contenido del Trabajo																			
59	Definición del Rol																			
60	Supervisión y Participación																			
61	Estrés Laboral				1			1												Método Ista 21
62	Interés por el Trabajo																			
63	Relaciones Personales																			
64	Alta responsabilidad																			
65	Actos delictuales																			
66	Desmotivación																			
67	Violencia Social																			

Evaluación realizada por:		Firma:	
		Firma:	

Revisión	Razón del Cambio	Fecha
0	Versión original del documento	2/3/2017
1	Versión actualizada del documento	12/1/2021

Total de Riesgos	Mecánicos	Físicos	Químicos	Biológicos	Ergonómicos	Psicosociales
	9	5	3	0	2	1

Estimación del Riesgos	T	TO	M	I	IN
	0	0	9	4	7



ANEXO D: MATRIZ NPT 330 DE CINTAS



DOCUMENTO N° 001										NOMBRE DEL REGISTRO DEL DOCUMENTO													
DATOS DE LA EMPRESA/ENTIDAD										Gerente/ Jefe / Coordinador / Responsable de Seguridad y Salud Ocupacional													
EMPRESA/ENTIDAD:										PRODUNIM S.A.													
PROCESO:										MANTENIMIENTO DE MOLINOS													
SUBPROCESO:										CAMBIO DE CALCES													
PUESTO DE TRABAJO:										Empresa/Entidad responsable de evaluación													
JEFE DE ÁREA:										ING. CHRISTIAN MERINO													
Fecha de Evaluación:										27-dic-23													
INTEGRANTES: NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO										PRODUNIM S.A.													
Descripción de actividades principales desarrolladas										Herramientas y Equipos utilizados													
										GESTIÓN PREVENTIVA													
FACTORES DE RIESGO	CÓDIGO	N° de expuestos				FACTOR DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR DE PELIGRO IN SITU	Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de probabilidad	Nivel de consecuencia	NIVEL DE RIESGO	Anexo	RESPONSABLE	Verificación de cumplimiento		Observaciones Referencia legal	Descripción de las medidas de control	Fecha fin	Status	Seguimiento acciones		
		Hombres	Mujeres	Discapacitados	TOTAL										SI	No					Resp.	Firma	
RIESGO MECÁNICO	M02	2	0	0	2	Atrapamiento por o entre objetos	El cuerpo o alguna de sus partes quedan atrapadas por: Placas que engranan. Un objeto móvil y otro inmóvil. Dos o más objetos móviles que no engranan.	6	4	24	60	1440	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	22/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M05	2		0	2	Caida de personas al mismo nivel	Caida en un lugar de paso o una superficie de trabajo. Caida sobre o contra objetos. Tipo de suelo inestable o deslizante	6	4	24	25	600	Situación Crítica			X			23/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M07	2	0	0	2	Caidas manipulación de objetos	Considera riesgos de accidentes por caídas de materiales, herramientas, aparatos, etc., que se estén manejando o transportando manualmente o con ayudas mecánicas, siempre que el accidentado sea el trabajador que este manipulando el objeto que cae.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 162	1. Los medios de protección de las extremidades inferiores serán seleccionados, principalmente, en función de los siguientes riesgos: a) Caidas, proyecciones de objetos o golpes. b) Perforación o corte de suelas del calzado. c) Humedad o agresivos químico	24/1/2024	0%		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M08	2	0	0	2	Espacios confinados	Calidad de aire deficiente: puede haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar. La atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o	6	4	24	60	1440	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 72	1. En toda instalación frigorífica industrial se dispondrá de aparatos protectores respiratorios contra escapes de gases, eligiéndose el tipo de estos de acuerdo con la naturaleza de los mismos	25/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M09	2	0	0	2	Choque contra objetos inmóviles	Interviene el trabajador como parte dinámica y choca, golpea, rozta o raspa sobre un objeto inmóvil. Áreas de trabajo no delimitadas, no señalizadas y con visibilidad insuficiente.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	26/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M11	2	0	0	2	Choques de objetos desprendidos	Considera el riesgo de accidente por caídas de herramientas, objetos, aparatos o materiales sobre el trabajador que no los está manipulando. Falta de resistencia en estanterías y estructuras de apoyo para almacenamiento. Inestabilidad de los apilamientos	6	4	24	25	600	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	27/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M13	2	0	0	2	Contactos eléctricos indirectos	Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la adquirido accidentalmente (envolvente, órganos de mando, etc.)	6	3	18	60	1080	Situación Crítica		X		DECRETO 2393 Art. 161	1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de guantes, mitones, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos: a) Contacto	28/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	

RIESGO MECÁNICO																											
M14	2	0	0	2	Desplome derrumbamiento	Comprende los desplomes, total o parcial, de edificios, muros, andamios, escaleras, materiales apladados, etc. y los derrumbamientos de masas de tierra, rocas, aludes, etc.				0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393	29/1/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO										
						Inestabilidad de los apilamientos de materiales.	Los quesos y los calces que se encuentran dentro del molino pueden caerse, puesto que pueden caerse por la inestabilidad de los mismos por el apilamiento.	6	4	24	25	600	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 129	2. El apilado y desaplado debe hacerse en las debidas condiciones de seguridad, prestándose especial atención a la estabilidad de la ruma y a la resistencia del terreno sobre el que se encuentra.	30/1/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO								
						M15	2	0	0	2	Esguinces, torceduras y luxaciones	Los empleados podrían tener afecciones osteomusculares (lesión dolorosa) por distensión de varios ligamentos en las articulaciones de las extremidades inferiores por efecto a caminar o trasladar por superficies irregulares.	La superficie de la base interna del molino tiene canales e inclinaciones.	6	4	24	25	600	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		31/1/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO			
						M16	2	0	0	2	Explosiones	Liberación brusca de una gran cantidad de energía que produce un incremento violento y rápido de la presión, con desprendimiento de calor, luz y gases, pudiendo tener su origen en distintas formas de transformación.	Puede existir fugas por parte del gas, oxígeno usado en el oxicoarte.	2	4	8	60	480	Corregir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 72	4. Los aparatos respiratorios y las gafas, se emplearán cuando sea ineludible penetrar en el lugar donde se produjeran escapes peligrosos de gas y en los trabajos de reparaciones, cambio de elementos de la instalación, carga, etc	1/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		
						M17	2	0	0	2	Incendio	Las llamas generadas por el oxicoarte pueden dispersarse y provocar daños al operario contiguo.		2	4	8	60	480	Corregir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 15	Asesoramiento técnico, en materias de control de incendios, almacenamientos adecuados, protección de maquinaria, instalaciones eléctricas, primeros auxilios, control y educación sanitarios, ventilación, protección personal y demás materias contenidas en	2/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		
												Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias.	Falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro o de lucha contra incendios.						0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393		3/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
																			0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393		4/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
						M18	2	0	0	2	Proyección de partículas	Circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar.	Al realizar el oxicoarte y el pulido de ruedas se desprenden partículas metálicas con altas temperaturas.	10	4	40	60	2400	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 72	4. Los aparatos respiratorios y las gafas, se emplearán cuando sea ineludible penetrar en el lugar donde se produjeran escapes peligrosos de gas y en los trabajos de reparaciones, cambio de elementos de la instalación, carga, etc	5/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		
						M19	2	0	0	2	Punzamiento extremidades inferiores	Incluye los accidentes que son consecuencia de pisadas sobre objetos cortantes o punzantes (clavos, chinchetas, chapas, etc.) pero que no originan caídas.	Los residuos metálicos de los cortes pueden quedar en el piso y ocasionar lesiones en las extremidades inferiores.	6	4	24	60	1440	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 182	1) Cuando existan riesgos de perforación de suelas por objetos punzantes o cortantes, se utilizará un calzado de seguridad adecuado provisto, como mínimo de plantillas o suelas especiales.	6/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		
						M21	2	0	0	2	Cortes y punzamientos	Comprende los cortes y punzamientos que el trabajador recibe por acción de un objeto o herramienta, siempre que sobre estos actúen otras fuerzas diferentes a la gravedad, se incluye martillazos, cortes con tijeras, cuchillos, filos y punzamientos con: agu	En la superficie de las ruedas pueden quedar residuos punzantes que ocasionan cortes .	6	4	24	60	1440	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 181	1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de dedales, guantes, milanes, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos: a) Contacto	7/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		

ANEXO E: MATRIZ NPT 330 DE CALCES



DOCUMENTO N° 001					NOMBRE DEL REGISTRO DEL DOCUMENTO																		
DATOS DE LA EMPRESA/ENTIDAD					Gerente/ Jefe / Coordinador / Responsable de Seguridad y Salud Ocupacional					JEFE ASISTENTE TÉCNICO													
EMPRESA/ENTIDAD:		PRODUNIM S.A.			Responsable de Evaluación					ING. CHRISTIAN MERINO													
PROCESO:		MANTENIMIENTO DE MOLINOS			Empresa/Entidad responsable de evaluación					PRODUNIM S.A.													
SUBPROCESO:		CAMBIO DE CALCES																					
PUESTO DE TRABAJO:																							
JEFE DE ÁREA:		ING. CHRISTIAN MERINO																					
Fecha de Evaluación:		27-dic-23																					
INTEGRANTES: NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO																							
Descripción de actividades principales desarrolladas										Herramientas y Equipos utilizados													
										GESTIÓN PREVENTIVA													
FACTORES DE RIESGO	CÓDIGO	N° de expuestos				FACTOR DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR DE PELIGRO IN SITU	Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de Probabilidad	Nivel de consecuencia	NIVEL DE RIESGO	Anexo	Verificación de cumplimiento			Acciones a tomar y seguimiento						
		Hombres	Mujeres	Discapacitados	TOTAL									RESPONSABLE	Si	No	Observaciones Referencia legal	Descripción de las medidas de control	Fecha fin	Status	Resp.	Firma	
RIESGO MECÁNICO	M02	2	0	0	2	Atrapamiento por o entre objetos El cuerpo o alguna de sus partes quedan atrapadas por: Piezas que engranan. Un objeto móvil y otro inmóvil. Dos o más objetos móviles que no engranan.	Los operarios trabajan dentro del molino que tiene cuatro ruedas giratorias metálicas.	6	4	24	60	1440	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	22/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M05	2			2	Caída de personas al mismo nivel Caída en un lugar de paso o una superficie de trabajo. Caída sobre o contra objetos. Tipo de suelo inestable o deslizante.	La superficie de la base interna del molino tiene canales e inclinaciones.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO		X			23/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M07	2	0	0	2	Caídas manipulación de objetos Considera riesgos de accidentes por caídas de materiales, herramientas, aparatos, etc., que se estén manejando o transportando manualmente o con ayudas mecánicas, siempre que el accidentado sea el trabajador que este manipulando el objeto que cae.	Las herramientas pueden caerse de las manos.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 182	1. Los medios de protección de las extremidades inferiores serán seleccionados, principalmente, en función de los siguientes riesgos: a) Caídas, proyecciones de objetos o golpes. b) Perforación o corte de suelas del calzado. c) Humedad o agresivos químico	24/2024	0%	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M08	2	0	0	2	Espacios confinados Calidad de aire deficiente: puede haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar. La atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o	Al estar en el interior del molino, los gases generados por el cocorte y soldadura permanecen dentro del espacio confinado por la falta de ventilación.	6	4	24	60	1440	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 72	1. En toda instalación frigorífica industrial se dispondrá de aparatos protectores respiratorios contra escapes de gases, eligiéndose el tipo de estos de acuerdo con la naturaleza de los mismos	25/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M09	2	0	0	2	Choque contra objetos inmóviles Interviene el trabajador como parte dinámica y choqa, golpea, roza o raspa sobre un objeto inmóvil. Áreas de trabajo no delimitadas, no señalizadas y con visibilidad insuficiente.	Los operarios están propensos a golpearse con las ruedas, quesos y ejes.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	26/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M11	2	0	0	2	Choques de objetos desprendidos Considera el riesgo de accidente por caídas de herramientas, objetos, aparatos o materiales sobre el trabajador que no los está manipulando. Falta de resistencia en estanterías y estructuras de apoyo para almacenamiento. Inestabilidad de los apilamientos	Los quesos y los calces que se encuentran dentro del molino pueden caerse, puesto que pueden caerse por la inestabilidad de los mismos por el apilamiento.	6	4	24	25	600	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvas estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	27/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M13	2	0	0	2	Contactos eléctricos indirectos Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la adquiere accionándose (envolvente, órganos de mando, etc.)	Los operarios están propensos a choques eléctricos por parte de la soldadora.	6	3	18	60	1080	Situación Crítica		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X		DECRETO 2393 Ar. 161	1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de dedales, guantes, mltones, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos: a) Contacto	28/2024		JEFE ASISTENTE TÉCNICO	

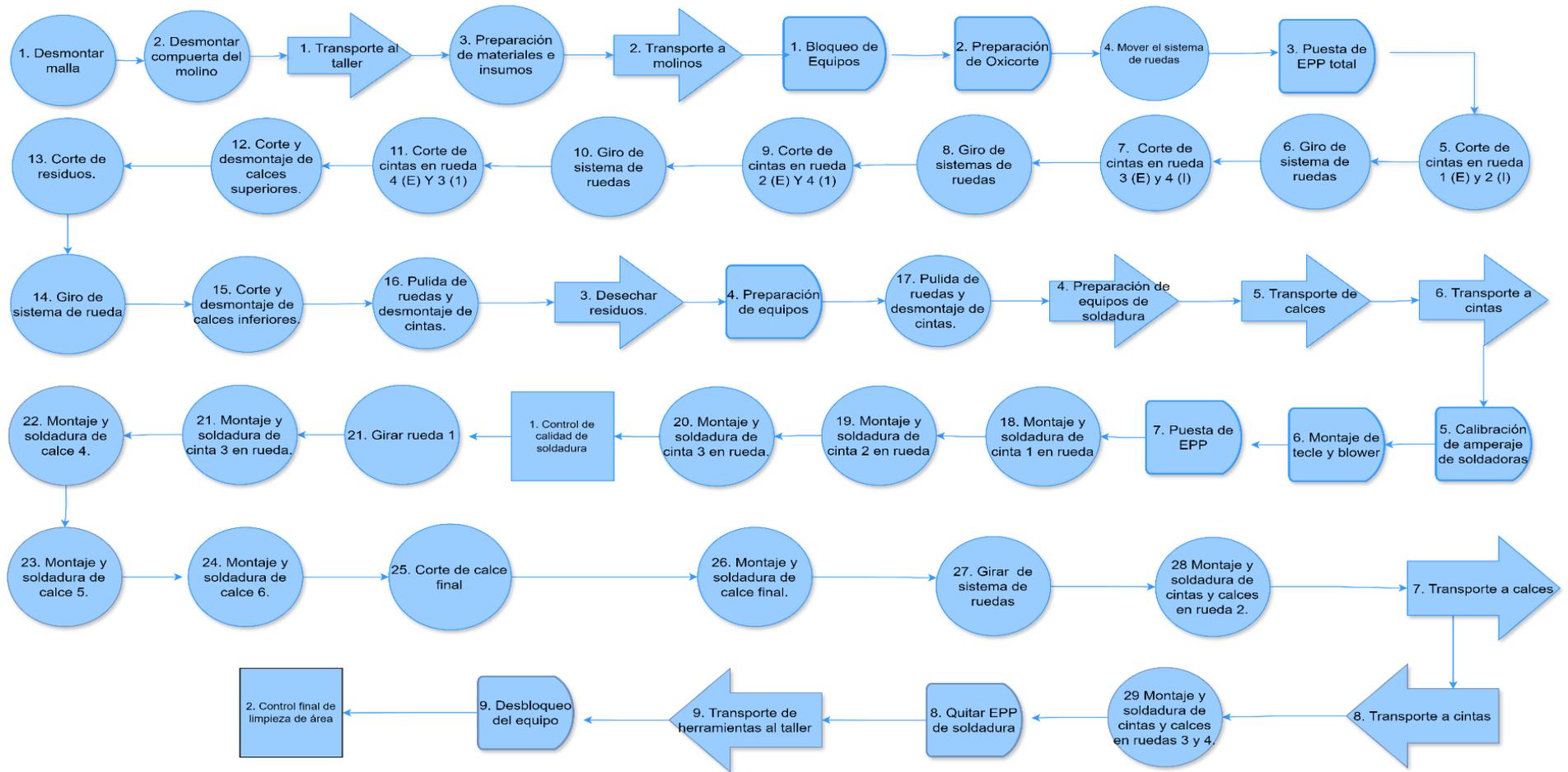
ANEXO F: MATRIZ NPT 330 DE FALDONES



DOCUMENTO N° 001										NOMBRE DEL REGISTRO DEL DOCUMENTO												
DATOS DE LA EMPRESA/ENTIDAD										Gerente/ Jefe / Coordinador / Responsable de Seguridad y Salud Ocupacional					JEFE ASISTENTE TÉCNICO							
EMPRESA/ENTIDAD:		PRODUNIM S.A.								Responsable de Evaluación					ING. CHRISTIAN MERINO							
PROCESO:		MANTENIMIENTO DE MOLINOS																				
SUBPROCESO:		FALDONES																				
PUESTO DE TRABAJO:										Empresa/Entidad responsable de evaluación												
JEFE DE ÁREA:		ING. CHRISTIAN MERINO																				
Fecha de Evaluación:		27-dic-23													PRODUNIM S.A.							
INTEGRANTES: NOMBRE DE LOS INTEGRANTES DEL GRUPO										Herramientas y Equipos utilizados												
Descripción de actividades principales desarrolladas										GESTIÓN PREVENTIVA												
FACTORES DE RIESGO	CÓDIGO	N° de expuestos				FACTOR DE RIESGO	DESCRIPCIÓN DEL FACTOR DE PELIGRO IN SITU	Nivel de deficiencia	Nivel de exposición	Nivel de Probabilidad	Nivel de consecuencia	NIVEL DE RIESGO	Anexo	Verificación de cumplimiento		Observaciones Referencia legal	Descripción de las medidas de control	Fecha fin	Status	Seguimiento acciones		
		Hombres	Mujeres	Discapacitados	TOTAL									SI	No					Resp.	Firma	
RIESGO MECÁNICO	M02	0	0	0	0	Atrapamiento por o entre objetos	El cuerpo o alguna de sus partes quedan atrapadas por: Piezas que engranan. Un objeto móvil y otro inmóvil. Dos o más objetos móviles que no engranan.	5	4	24	60	1440	Situación Crítica		X	DECRETO 2383 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvares estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	22/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M05				0	Caída de personas al mismo nivel	Caída en un lugar de paso o una superficie de trabajo. Caída sobre o contra objetos. Tipo de suelo inestable o deslizante.	6	4	24	25	600	Situación Crítica			X		23/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M08	0	0	0	0	Espacios confinados	Calidad de aire deficiente; pueda haber una cantidad insuficiente de oxígeno para que el trabajador pueda respirar. La atmósfera puede contener alguna sustancia venenosa que haga que el trabajador se enferme o que incluso le provoque pérdida de conocimiento	5	4	24	60	1440	Situación Crítica		X	DECRETO 2383 Art. 72	1. En toda instalación frigorífica industrial se dispondrá de aparatos protectores respiratorios contra escapes de gases, eligiéndose el tipo de estos de acuerdo con la naturaleza de los mismos	25/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M09	0	0	0	0	Choque contra objetos inmóviles	Interviene el trabajador como parte dinámica y choca, golpea, roza o raspa sobre un objeto inmóvil. Áreas de trabajo no delimitadas, no señalizadas y con visibilidad insuficiente.	5	4	24	25	600	Situación Crítica		X	DECRETO 2383 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvares estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	26/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M11	0	0	0	0	Choques de objetos suspendidos	Considera el riesgo de accidente por caídas de herramientas, objetos, aparatos o materiales sobre el trabajador que no los está manipulando. Falta de resistencia en estanterías y estructuras de apoyo para almacenamiento. Inestabilidad de los apilamientos	5	4	24	25	600	Situación Crítica		X	DECRETO 2383 Art. 123	En los puntos de contacto de las cintas con tambores y rodillos, se instalarán resguardos adecuados para evitar los posibles atrapamientos. Cuando los transportadores de correa viertan a fosos o tolvares estarán cubiertos de rejillas de abertura suficiente	27/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
	M13	0	0	0	0	Contactos eléctricos indirectos	Aquellos en los que la persona entra en contacto con algún elemento que no forma parte del circuito eléctrico y que, en condiciones normales, no debería tener tensión, pero que la adquirido accidentalmente (envoltorio, órganos de mando, etc.)	5	3	18	60	1080	Situación Crítica		X	DECRETO 2383 Art. 161	1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de diéctiles, guantes, mltrores, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos: a) Contacto	28/1/2024			JEFE ASISTENTE TÉCNICO	

RIESGO MECÁNICO																			
M14	0	0	0	0	Desplome derrumbamiento	Comprende los desplomes, total o parcial, de edificios, muros, andamios, escaleras, materiales apilados, etc. y los derrumbamientos de masas de tierra, rocas, aludes, etc.				0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393	29/1/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO		
						Inestabilidad de los apilamientos de materiales.	Los quesos y los calces que se encuentran dentro del molino pueden caerse, puesto que pueden caerse por la inestabilidad de los mismos por el apilamiento.	6	4	24	25	600	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 129	2. El apilado y despilado debe hacerse en las debidas condiciones de seguridad, prestandose especial atención a la estabilidad de la ruma y a la resistencia del terreno sobre el que se encuentra.	30/1/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
M16	0	0	0	0	Explosiones	Liberación brusca de una gran cantidad de energía que produce un incremento violento y rápido de la presión, con desprendimiento de calor, luz y gases, pudiendo tener su origen en distintas formas de transformación.	Puede existir fugas por parte del gas, oxígeno usado en el oxicoarte.	2	4	8	60	480	Corregir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 72	4. Los aparatos respiratorios y las gafas, se emplearán cuando sea ineludible penetrar en el lugar donde se produjeran escapes peligrosos de gas y en los trabajos de reparaciones, cambio de elementos de la instalación, carga, etc	1/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
M17	0	0	0	0	Incendio	Las llamas generadas por el oxicoarte pueden dispersarse y provocar daños al operario contiguo.	2	4	8	60	480	Corregir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 15	Asesoramiento técnico, en materias de control de incendios, almacenamientos adecuados, protección de maquinaria, instalaciones eléctricas, primeros auxilios, control y educación sanitarios, ventilación, protección personal y demás materias contenidas en	2/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
						Accidentes producidos por los efectos del fuego o sus consecuencias. Falta de señalización de advertencia, prohibición, obligación, salvamento o socorro o de lucha contra incendios.					0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393		3/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
										0	0	No intervenir	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393		4/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	
M18	0	0	0	0	Proyección de partículas	Circunstancia que se puede manifestar en lesiones producidas por piezas, fragmentos o pequeñas partículas de material, proyectadas por una máquina, herramientas o materia prima a conformar.	Al realizar el oxicoarte y el pulido de ruedas se desprenden partículas metálicas con altas temperaturas.	10	4	40	60	2400	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 72	4. Los aparatos respiratorios y las gafas, se emplearán cuando sea ineludible penetrar en el lugar donde se produjeran escapes peligrosos de gas y en los trabajos de reparaciones, cambio de elementos de la instalación, carga, etc	5/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO
M21	11	0	0	0	Cortes y punzamientos	Comprende los cortes y punzamientos que el trabajador recibe por acción de un objeto o herramienta, siempre que sobre estos actúen otras fuerzas diferentes a la gravedad, se incluye menillazos, cortes con tijeras, cuchillos, filos y punzamientos con: agu	En la superficie de las ruedas pueden quedar residuos punzantes que ocasionan cortes.	6	4	24	60	1440	Situación Crítica	JEFE ASISTENTE TÉCNICO	X	DECRETO 2393 Art. 181	1. La protección de las extremidades superiores se realizará, principalmente, por medio de dedales, guantes, milones, manoplas y mangas seleccionadas de distintos materiales, para los trabajos que impliquen, entre otros los siguientes riesgos: a) Contacto	7/2/2024	JEFE ASISTENTE TÉCNICO

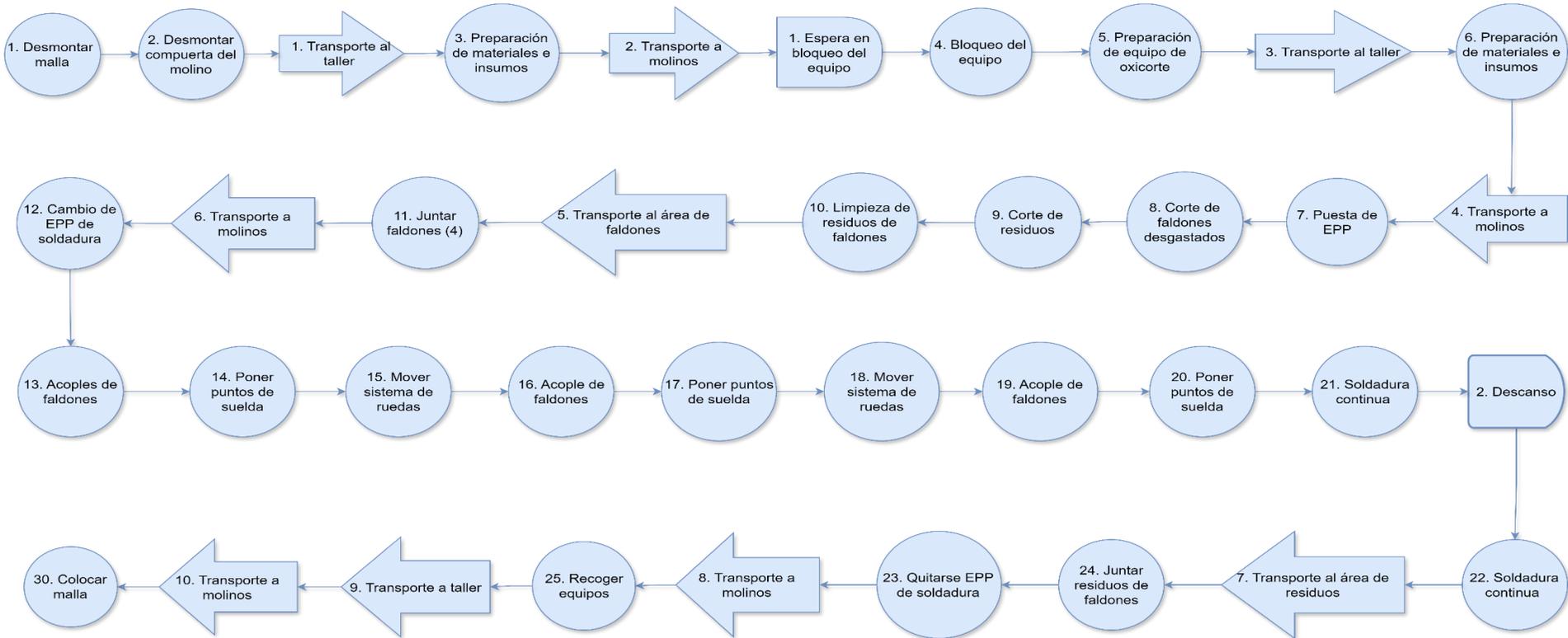
ANEXO G: DIAGRAMA DE FLUJO DE CINTAS



ANEXO H: DIAGRAMA DE FLUJO DE CALCES



ANEXO I: DIAGRAMA DE FLUJO DE FALDONES



ANEXO J: ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLA



ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS

ÁREA	Molienda	ELABORADO POR:	Robert Campozano		FECHA:	24/10/2023		PÁGINAS	
EQUIPO	Molinos	APROBADO POR:	Christian Merino		FECHA:	30/11/2023			
Componente	Causa Potencial de fallo	Modo de Falla	Efecto de Falla	CONDICIONES EXISTENTES					
				Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Tiempo de reparación	RPN (S x O x D)	Acciones Correctivas
Ruedas	Desgaste por uso	Desgaste excesivo	Pérdida de eficiencia en la reducción del material.	8	3	3	24	72	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.
	Impacto durante la operación	Rotura	Para total del equipo, pérdida de potencia en la reducción de material.	8	1	2	24	16	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work índex, regulando el contenido de las bandas transportadoras.

	Falta de mantenimiento	Desprendimiento	Para total del equipo.	10	1	8	16	80	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.
Motor Eléctrico	Variación en los niveles de voltajes, aplastamiento de cables	Fallo eléctrico	Para total del equipo	8	4	9	8	288	Instalar reguladores de voltaje en los equipos.
	Sobre carga de material dentro del molino	Sobrecalentamiento	Riesgo de daño al motor debido al sobrecalentamiento.	8	5	7	8	280	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work índex, regulando el contenido de las bandas transportadoras.
Reductor	Falta de lubricación	Desgaste de engranajes	Pérdida de eficiencia de transmisión a las ruedas.	7	7	5	4	245	Establecer un plan de lubricación periódico de manera mensual.
	Falta de mantenimiento preventivo	Falta de lubricación	Calentamiento y desgaste por fricción de los engranajes.	7	5	5	4	175	Establecer un plan de lubricación periódico de manera mensual.
Bandas de Transmisión	Falta de mantenimiento	Desgaste	Pérdida de potencia en la transmisión.	7	9	2	2	126	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado

									de las bandas con CL-C-MC.
			Aumento de temperatura, generando residuos en las poleas	8	8	3	2	192	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las bandas con CL-C-MC.
	Sobrecarga mecánica debido a exceso de material dentro del molino	Rotura	Pérdida de potencia en la transmisión.	8	7	2	3	112	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index.
			Inactividad total del equipo.	8	7	3	3	168	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.
Calces	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de eficiencia en la reducción del material.	8	9	4	16	288	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.
	Impacto durante la operación	Rotura	Interrupción de la operación debido a	8	7	6	16	336	Controlar el contenido de material dentro del

			la rotura de los calces.						equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.
	Impacto durante la operación	Desprendimiento	Contaminación del concentrado	8	7	7	5	392	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.
			Inactividad total del equipo.	8	6	8	5	384	
Cintas	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de sujeción segura de los calces a la rueda.	8	9	9	24	648	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.
	Impacto durante la operación	Fatiga	Desprendimiento de las cintas a la rueda.	8	6	9	24	432	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.
Eje Principal	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de eficiencia de transmisión a las ruedas.	8	2	6	8	96	Establecer un plan de lubricación periódico.

	Desalineación	Temperaturas elevadas	Daño a los demás componentes	8	1	6	8	48	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.
		Vibraciones	Daño a los demás componentes	7	4	6	8	168	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.
Poleas	Desgaste por uso	Desgaste de los canales	Pérdida de eficiencia de transmisión.	7	7	4	1	196	Crear planes de revisión periódica del estado de las poleas.
			Aumento de temperatura de las bandas.	7	8	7	1	392	
	Desalineación	Sobrecarga en motor y eje	Perdida de potencia de transmisión.	7	8	7	2	392	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.
		Temperaturas elevada en bandas	Riesgo de incendio en la banda.	7	8	7	2	392	

ANEXO K: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CINTAS ACTUAL

 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO 								
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de cintas	Hoja	1 de 1			
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual			
Elaborado por	Robert Campozano	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023			
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos					
								
Desmontar malla		2.33	x					
Transporte a molino	1.22	0.15						
Desmontar compuerta del molino		13.55	x					
Transporte a taller	10.03	1.35		x				
Preparación de materiales e insumos		6.47	x					
Transporte a molinos	10.03	2.63		x				
Espera en bloqueo del equipo		1.32			x			
Bloqueo del equipo		0.22			x			
Preparación de equipo de oxicorte		1.25	x					
Puesta de EPP parcial		0.92			x			
Mover sistema de ruedas		0.60	x					
Puesta de EPP total		0.45			x			
Corte de cintas en rueda 1 (E) y 2 (I)		43.28	x					
Giro de sistema de ruedas		0.48	x					
Corte de cintas en rueda 2 (E) y 3 (I)		39.78	x					
Giro de sistema de ruedas		0.40	x					
Corte de cintas en rueda 3 (E) y 4 (I)		36.28	x					
Giro de sistema de ruedas		0.72	x					
Corte de cintas en rueda 4 (E) y 1 (I)		34.05	x					
Corte y desmontaje de calces superiores		60.53	x					
Corte de residuos		3.38	x					
Giro de sistema de ruedas		1.73	x					
Corte y desmontaje de calces inferiores		47.43	x					
Pulida de ruedas y desmontaje de cintas		52.28	x					
Preparación de equipo		0.55	x					
Pulida de ruedas y desmontaje de cintas		16.42	x					
Transporte a taller	10.03	0.80		x				
Preparación de equipo		4.68	x					
Transporte a molinos	10.03	1.57		x				
Bajar equipos		1.14	x					
Transporte a taller	10.03	0.72		x				
Preparación de equipo		3.40	x					
Transporte a molinos	10.03	1.47		x				

Preparar maquinaria		3.20	x					
---------------------	--	------	---	--	--	--	--	--

Transporte a calces	3.35	0.37		x			
Juntar calces (13)		1.32	x				
Transporte a molinos	3.35	0.43		x			
Bajar calces		5.82	x				
Transporte a cintas	3.42	0.10		x			
Tomar cintas		0.85	x				
Transporte a molinos	3.42	0.13		x			
Preparar maquinaria		1.98	x				
Calibracion de amperaje de soldadoras		5.23	x				
Montaje de teclé		1.85	x				
Puesta de EPP		1.32	x				
Montar cinta en rueda 1		0.85	x				
Soldar cinta 1		5.43	x				
Montar cinta 2		0.38	x				
Soldar cinta 2		39.93	x				
Montaje de calce		0.63	x				
Soldar calce		1.00	x				
Montaje de calce		0.62	x				
Soldar calce		9.68	x				
Montaje de calce		0.73	x				
Soldar calce		6.78	x				
Girar rueda 1		1.12	x				
Montar cinta en rueda 1		0.97	x				
Soldar cinta 3		31.18	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldar calce		0.88	x				
Montaje de calce		0.55	x				
Soldar calce		9.83	x				
Montaje de calce		0.53	x				
Soldar calce		8.60	x				
Corte de calce final		2.45	x				
Montaje de calce final		0.28	x				
Soldar calce final		3.22	x				
Giro de sistema de ruedas		0.50	x				
Montar cinta en rueda 2		0.62	x				
Soldar cinta 1		8.23	x				
Montar cinta 2		0.43	x				
Soldar cinta 2		35.47	x				
Montaje de calce		0.90	x				
Soldar de calce		0.97	x				
Montaje de calce		0.38	x				
Corte de desperdicio		2.05	x				
Montaje de calce		0.72	x				
Soldar calces		13.00	x				
Giro de sistema de ruedas		0.15	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		6.22	x				
Girar rueda 2		1.07	x				

Montar cinta 3		0.93	x				
Soldar cinta 3		24.43	x				
Montar calce		0.42	x				
Soldadura de calce		11.90	x				
Montar calce		0.58	x				
Soldadura de calce		6.27	x				
Corte de calce final		2.18	x				
Montar calce		0.83	x				
Soldar calce final		3.45	x				
Giro de sistema de ruedas		0.82	x				
Transporte a calces	3.35	0.37		x			
Juntar calces (13)		1.32	x				
Transporte a molinos	3.35	0.43		x			
Bajar calces		5.82	x				
Transporte a cintas	3.42	0.10		x			
Tomar cintas		0.82	x				
Transporte a molinos	3.42	0.20		x			
Bajar cintas		0.57	x				
Montar cinta en rueda 3		0.57	x				
Soldar cinta 1		5.53	x				
Montar cinta 2		0.58	x				
Soldar cinta 2		34.45	x				
Montar calce		0.43	x				
Soldar calce		0.67	x				
Montar calce		0.28	x				
Soldar calce		10.97	x				
Montar calce		0.63	x				
Soldar calce		5.28	x				
Girar rueda		1.12	x				
Espera por rotura de soporte de tecla		2.93			x		
Montaje de soporte para tecla		1.07			x		
Girar rueda		1.45	x				
Montar cinta 3		1.02	x				
Soldar cinta 3		28.97	x				
Montar calce		0.70	x				
Soldar calce		5.43	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		5.90	x				
Montar calce		1.07	x				
Soldar calce		5.62	x				
Corte de calce final		3.40	x				
Montaje de calce		0.42	x				
Soldar calce final		3.90	x				
Mover sistema de ruedas		1.13	x				
Limpieza de rueda		0.98	x				
Montar cinta en rueda 4		0.57	x				
Soldar cinta 1		30.78	x				
Montar calce		0.72	x				

Soldar calce		6.85	x				
Montar cinta 2		0.88	x				
Soldar cinta 2		35.32	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		1.08	x				
Montar calce		0.45	x				
Soldar calce		11.20	x				
Montar cinta 3		0.72	x				
Soldar cinta 3		23.23	x				
Montar calce		0.53	x				
Soldar calce		0.97	x				
Montar calce		0.48	x				
Soldar calce		9.60	x				
Cortar calce		1.68	x				
Montar calce		0.40	x				
Soldar calce		4.47	x				
Quitar EPP de soldadura		1.28			x		
Recoger equipos		6.63			x		
Transporte a taller	10.03	2.28		x			
Ordenar equipos		3.12					x
Transporte a molinos	10.03	0.70		x			
Recoger equipos		1.88			x		
Transporte a taller	10.3	1.63		x			
Ordenar equipos		2.64					x
TOTAL	118.84	939.22					
	Metros	Minutos					

ANEXO L: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CALCES ACTUAL

		<p style="text-align: center;">DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO</p>					
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de cintas	Hoja	1 de 1		
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual		
Elaborado por	Karen Garcés	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023		
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				
							
Preparación de herramientas e insumos (1)		5.73	x				
Transporte a molinos	10.03	1.79		x			
Quitar compuerta de molino		14.67	x				
Colocación de EPP		2.16			x		
Traslado a interior de molino	1.12	1.15		x			
Preparación de equipo de corte		1.06	x				
Corte de calce en rueda 1 (E) y 2 (I)		46.79	x				
Giro de sistema de ruedas		0.76	x				
Corte de calce en rueda 2 (E) y 3 (I)		49.85	x				
Giro de sistema de ruedas		0.87	x				
Corte de calce en rueda 3 (E) y 4 (I)		47.62	x				
Giro de sistema de ruedas		1.01	x				
Corte de calce en rueda 4 (E) y 1 (I)		48.29	x				
Recoger desechos de calces desgastados		4.12	x				
Transporte a taller	10.03	1.12		x			
Almacenamiento en área de chatarra		2.13					x
Transporte a molinos	10.03	1.41		x			
Colocación de EPP		3.27			x		
Preparación de maquinaria		2.53	x				
Pulida de ruedas 1 y 3		0.75	x				
Traslado a otro lado de las ruedas		0.33	x				
Preparación de oxicorte		0.80	x				
Corte de residuos en rueda 1		1.23	x				
Pulida de ruedas 1 y 3		1.47	x				
Inspección		0.27				x	
Traslado a ruedas 2 y 4		0.08	x				
Pulida de rueda 2 y 4		1.33	x				
Traslado a otro lado de las ruedas	1.2	0.25		x			
Preparación de oxicorte		0.82	x				
Corte de residuos en rueda 2 y 4		1.75	x				
Pulida de ruedas 2 y 4		18.32	x				
Inspección		0.12				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 1		0.08				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 2		0.12				x	

Inspección del estado de la cinta rueda 3		0.18				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 4		0.13				x	
Traslado a almacenamiento de calces	3.35	0.97		x			
Juntar calces		4.20	x				
Transporte de calces a molinos	3.35	0.82		x			
Bajar calces		5.62	x				
Transporte a taller	10.03	0.60		x			
Preparación de herramientas e insumos (2)		5.65	x				
Traslado a molinos	10.03	1.72		x			
Colocación de EPP		1.20			x		
Preparación de maquinaria		2.70	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (1/2)		42.48	x				
Instalación de blower		1.20	x				
Giro de rueda		0.67	x				
Montaje de calce		0.92	x				
Desmontar calce		0.12	x				
Preparación de oxicorte		0.45	x				
Corte de residuos		1.33	x				
Montar calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (2/2)		50.32	x				
Mover sistema de ruedas		1.25	x				
Montaje de calce		1.43	x				
Suelda de rueda 2 (1/2)		49.90	x				
Giro de rueda		2.07	x				
Montaje de calce		0.77	x				
Suelda de rueda 2 (2/2)		47.15	x				
Mover sistema de ruedas		0.45	x				
Montaje de calce		1.32	x				
Suelda de rueda 3 (1/2)		46.62	x				
Giro de rueda		1.15	x				
Montaje de calce		1.78	x				
Suelda de rueda 3 (2/2)		43.32	x				
Mover sistema de ruedas		0.55	x				
Montaje de calce		1.90	x				
Suelda de rueda 4 (1/2)		50.57	x				
Giro de rueda		1.62	x				
Preparación de oxicorte		0.70	x				
Corte de residuos		3.08	x				
Montaje de calce		0.53	x				
Suelda de rueda 4 (2/2)		44.38	x				
Recoger maquinaria		9.57			x		
Transporte a taller	10.03	1.97		x			
Guardar herramientas		3.45					x
Transporte a molinos	10.03	1.37		x			
Recoger materiales		3.90			x		
Transporte a taller	10.03	1.42		x			

Guardar equipos		2.31					x
Transporte a molinos	10.03	0.90		x			
Inspección de limpieza		0.57				x	
TOTAL	99.29	711.86					
	Metros	Minutos					

ANEXO M: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE FALDONES ACTUAL

 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO 								
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de faldones	Hoja	1 de 1			
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual			
Elaborado por	Robert Campozano	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023			
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos					
								
Desmontar malla		2.41	x					
Desmontar compuerta del molino		14.63	x					
Transporte a taller	10.03	1.29		x				
Preparación de materiales e insumos		5.76	x					
Transporte a molinos		2.12		x				
Bloqueo del equipo		0.25			x			
Preparación de equipo de oxicorte		1.32			x			
Transporte a taller	10.03	1.38		x				
Preparación de materiales e insumos		3.12	x					
Transporte a molinos	10.03	2.49		x				
Puesta de EPP		1.24			x			
Corte de faldones desgastados		84.76	x					
Corte de residuos		7.38	x					
Limpieza de residuos de faldones		3.12	x					
Transporte a área de faldones	3.52	0.15		x				
Juntar faldones (4)		1.32	x					
Transporte a molinos	3.52	0.39		x				
Cambio a EPP de soldadura		1.43	x					
Acople de faldones		19.54	x					
Poner puntos de suelda		1.07	x					
Mover sistema de ruedas		0.34	x					
Acople de faldones		18.45	x					
Poner puntos de suelda		1.14	x					
Mover sistema de ruedas		0.32	x					
Acople de faldones		17.98	x					
Poner puntos de suelda		1.15	x					

Soldadura continua		43.76	x				
Descanso		6.32			x		
Soldadura continua		41.27	x				
Quitarse EPP de soldadura		0.80			x		
Juntar residuos de faldones		1.70	x				
Transporte al área de residuos	6.27	1.92		x			
Almacenar residuos		0.53					x
Transporte a molinos	10.03	1.15		x			
Recoger equipos		2.61			x		
Transporte a taller	10.03	3.29		x			
Almacenar equipos		2.43					x
Transporte a molinos	10.03	1.22		x			
Recoger equipos		3.28			x		
Transporte a taller	10.03	2.76		x			
Almacenar equipos		1.79					x
Transporte a molinos	10.03	1.18		x			
Colocar malla		4.12	x				
TOTAL	93.55	314.68					
	Metros	Minutos					

ANEXO N: ANÁLISIS DE MODOS Y EFECTOS DE FALLAS MEJORADO

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE FALLAS														
ÁREA	Molienda	ELABORADO POR:	Karen Garcés y Robert Campozano		FECHA:	24/10/2023		PÁGINAS			1 de 1			
EQUIPO	Molinos	APROBADO POR:	Ing. Christian Merino		FECHA:	30/11/2023		CÓDIGO			AMEF-MC			
Componente	Causa Potencial de fallo	Modo de Falla	Efecto de Falla	CONDICIONES EXISTENTES					CONDICIONES EXISTENTES					
				Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Tiempo de reparación	RPN (S x O x D)	Acciones Correctivas	Severidad (S)	Ocurrencia (O)	Detección (D)	Tiempo de reparación	RPN (S x O x D)
Ruedas	Desgaste por uso	Desgaste excesivo	Pérdida de eficiencia en la reducción del material.	8	3	3	24	72	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.	8	3	1	24	24
	Impacto durante la operación	Rotura	Para total del equipo, pérdida de potencia en la reducción de material.	8	1	2	24	16	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.	8	1	1	24	8
	Falta de mantenimiento	Desprendimiento	Para total del equipo.	10	1	8	16	80	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.	10	1	2	16	20
Motor Eléctrico	Variación en los niveles de voltajes, aplastamiento de cables	Fallo eléctrico	Para total del equipo	8	4	9	8	288	Instalar reguladores de voltaje en los equipos.	8	2	7	8	112
	Sobre carga de material dentro del molino	Sobrecalentamiento	Riesgo de daño al motor debido al sobrecalentamiento.	8	5	7	8	280	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.	8	2	7	8	112
Reductor	Falta de lubricación	Desgaste de engranajes	Pérdida de eficiencia de transmisión a las ruedas.	7	7	5	4	245	Establecer un plan de lubricación periódico de manera mensual.	7	3	5	4	105
	Falta de mantenimiento preventivo	Falta de lubricación	Calentamiento y desgaste por fricción de los engranajes.	7	5	5	4	175	Establecer un plan de lubricación periódico de manera mensual.	7	3	3	4	63
Bandas de Transmisión	Falta de mantenimiento	Desgaste	Pérdida de potencia en la transmisión.	7	9	2	2	126	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las bandas con CL-C-MC.	7	5	2	2	70
			Aumento de temperatura, generando residuos en las poleas	8	8	3	2	192	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las bandas con CL-C-MC.	8	5	3	2	120
	Sobrecarga mecánica debido a exceso de material dentro del molino	Rotura	Pérdida de potencia en la transmisión.	8	7	2	3	112	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index.	8	6	2	3	96
			Inactividad total del equipo.	8	7	3	3	168	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.	8	6	3	3	144
Calces	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de eficiencia en la reducción del material.	8	9	4	16	288	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.	6	5	3	14	90
	Impacto durante la operación	Rotura	Interrupción de la operación debido a la rotura de los calces.	8	7	6	16	336	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.	7	5	3	16	105
	Impacto durante la operación	Desprendimiento	Contaminación del concentrado	8	7	7	5	392	Controlar el contenido de material dentro del equipo de acuerdo a su work index, regulando el contenido de las bandas transportadoras.	7	4	5	5	140
Inactividad total del equipo.			8	6	8	5	384		6	4	5	5	120	

Cintas	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de sujeción segura de los calces a la rueda.	8	9	9	24	648	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.	7	6	3	19	126
	Impacto durante la operación	Fatiga	Desprendimiento de las cintas a la rueda.	8	6	9	24	432	Establecer mantenimientos rutinarios para el control del estado de las piezas con CL-C-MC.	8	4	3	19	96
Eje Principal	Desgaste por uso	Desgaste	Pérdida de eficiencia de transmisión a las ruedas.	8	2	6	8	96	Establecer un plan de lubricación periódico.	8	2	3	8	48
	Desalineación	Temperaturas elevadas	Daño a los demás componentes	8	1	6	8	48	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.	8	1	3	8	24
		Vibraciones	Daño a los demás componentes	7	4	6	8	168	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.	7	4	3	8	84
Poleas	Desgaste por uso	Desgaste de los canales	Pérdida de eficiencia de transmisión.	7	7	4	1	196	Crear planes de revisión periódica del estado de las poleas.	7	5	3	1	105
			Aumento de temperatura de las bandas.	7	8	7	1	392		7	5	3	1	105
	Desalineación	Sobrecarga en motor y eje	Perdida de potencia de transmisión.	7	8	7	2	392	Realizar inspecciones de alineación con herramientas de precisión.	7	5	3	2	105
		Temperaturas elevada en bandas	Riesgo de incendio en la banda.	7	8	7	2	392		7	5	3	2	105

ANEXO O: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CINTAS MEJORADO

 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO 							
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de cintas	Hoja	1 de 1		
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual		
Elaborado por	Robert Campozano	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023		
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				
							
Preparación de materiales e insumos		4.32			x		
Transporte a molinos	10.03	2.63		x			
Desmontar malla		2.43	x				
Desmontar compuerta del molino		13.21	x				
Preparación de equipo de oxicorte		1.25			x		
Mover sistema de ruedas		0.30	x				
Puesta de EPP total		1.37			x		
Corte de cintas en rueda 1 (E) y 2 (I)		42.32	x				
Giro de sistema de ruedas		0.25	x				
Corte de cintas en rueda 2 (E) y 3 (I)		42.32	x				
Giro de sistema de ruedas		0.30	x				
Corte de cintas en rueda 3 (E) y 4 (I)		34.05	x				
Giro de sistema de ruedas		0.25	x				
Corte de cintas en rueda 4 (E) y 1 (I)		34.05	x				
Corte y desmontaje de calces superiores		60.53	x				
Corte de residuos		3.38	x				
Giro de sistema de ruedas		0.30	x				
Corte y desmontaje de calces inferiores		47.73	x				
Pulida de ruedas y desmontaje de cintas		52.28	x				
Juntar residuos		3.65			x		
Transporte a chatarra	7.65	1.43		x			
Transporte a molinos	7.65	1.35		x			
Preparacion de equipo		0.55			x		
Pulida de ruedas y desmontaje de cintas		16.42	x				
Transporte a taller	10.03	0.80		x			
Preparacion de equipo		3.23			x		
Transporte a molinos	10.03	1.57		x			
Bajar equipos		2.14			x		

Transporte a taller	10.03	0.72		x			
Preparacion de equipo		1.92			x		
Transporte a molinos	10.03	1.47		x			
Preparar maquinaria		1.69			x		
Transporte a calces	3.35	0.37		x			
Juntar calces (13)		2.75			x		
Transporte a molinos	3.35	0.43		x			
Bajar calces		4.16			x		
Transporte a cintas	3.42	0.37		x			
Tomar cintas		1.40			x		
Transporte a molinos	3.42	0.49		x			
Bajar cintas		0.80			x		
Preparar maquinaria		4.32			x		
Calibracion de amperaje de soldadoras		4.70			x		
Montaje de tecle		2.19			x		
Montaje de blower		0.86			x		
Puesta de EPP		1.32			x		
Montar cinta en rueda 1		0.85	x				
Soldar cinta 1		5.43	x				
Montar cinta 2		0.38	x				
Soldar cinta 2		39.93	x				
Montaje de calce		0.63	x				
Soldar calce		1.00	x				
Montaje de calce		0.62	x				
Soldar calce		9.68	x				
Montaje de calce		0.75	x				
Soldar calce		6.71	x				
Control de calidad		2.00				x	
Girar rueda 1		1.12	x				
Montar cinta en rueda 1		0.97	x				
Soldar cinta 3		31.18	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldar calce		0.88	x				
Montaje de calce		0.55	x				
Soldar calce		9.83	x				
Montaje de calce		0.53	x				
Soldar calce		6.60	x				
Corte de calce final		2.45	x				
Montaje de calce final		0.28	x				
Soldar calce final		3.22	x				
Giro de sistema de ruedas		0.30	x				
Montar cinta en rueda 2		0.62	x				
Soldar cinta 1		8.23	x				
Montar cinta 2		0.43	x				
Soldar cinta 2		35.47	x				
Montaje de calce		0.90	x				
Soldar de calce		0.97	x				
Montaje de calce		0.38	x				

Corte de desperdicio		2.05	x				
Montaje de calce		0.72	x				
Soldar calces		13.00	x				
Giro de sistema de ruedas		0.30	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		6.22	x				
Girar rueda 2		1.07	x				
Montar cinta 3		0.93	x				
Soldar cinta 3		24.43	x				
Montar calce		0.42	x				
Soldadura de calce		11.90	x				
Montar calce		0.58	x				
Soldadura de calce		6.27	x				
Corte de calce final		2.18	x				
Montar calce		0.83	x				
Soldar calce final		3.97	x				
Giro de sistema de ruedas		0.30	x				
Transporte a calces	3.35	0.37		x			
Juntar calces (13)		2.75			x		
Transporte a molinos	3.35	0.43		x			
Bajar calces		4.16			x		
Transporte a cintas	3.42	0.37		x			
Tomar cintas		1.40			x		
Transporte a molinos	3.42	0.49		x			
Bajar cintas		0.80			x		
Montar cinta en rueda 3		0.57	x				
Soldar cinta 1		5.53	x				
Montar cinta 2		0.58	x				
Soldar cinta 2		34.45	x				
Montar calce		0.43	x				
Soldar calce		0.67	x				
Montar calce		0.28	x				
Soldar calce		10.97	x				
Montar calce		0.75	x				
Soldar calce		6.71	x				
Girar rueda		2.00	x				
Girar rueda		1.45	x				
Montar cinta 3		1.02	x				
Soldar cinta 3		28.97	x				
Montar calce		0.70	x				
Soldar calce		5.43	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		6.60	x				
Montar calce		1.07	x				
Soldar calce		5.62	x				
Corte de calce final		3.40	x				
Montaje de calce		0.25	x				
Soldar calce final		3.90	x				
Mover sistema de ruedas		0.30	x				

Limpieza de rueda		0.98			x		
Montar cinta en rueda 4		0.57	x				
Soldar cinta 1		30.78	x				
Montar calce		0.72	x				
Soldar calce		6.85	x				
Montar cinta 2		0.88	x				
Soldar cinta 2		35.32	x				
Montar calce		0.52	x				
Soldar calce		1.08	x				
Montar calce		0.45	x				
Soldar calce		11.20	x				
Montar cinta 3		0.72	x				
Soldar cinta 3		23.23	x				
Montar calce		0.53	x				
Soldar calce		0.97	x				
Montar calce		0.53	x				
Soldar calce		0.97	x				
Montar calce		0.48	x				
Soldar calce		9.60	x				
Cortar calce		1.68	x				
Montar calce		0.40	x				
Soldar calce		4.47	x				
Quitar EPP de soldadura		1.28			x		
Recoger equipos		6.34			x		
Transporte a taller	10.03	1.58		x			
Transporte a molinos	10.03	0.70		x			
Recoger equipos		4.52			x		
Transporte a taller	10.3	1.58		x			
Inspección final	10.3	2.00				x	
TOTAL	112.86	928.20					
	Metros	Minutos					

ANEXO P: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE CALCES MEJORADO

		<p align="center">DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO</p>					
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de cintas	Hoja	1 de 1		
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual		
Elaborado por	Karen Garcés	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023		
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				
							
Preparación de materiales e insumos		5.73			x		
Transporte a molinos		1.79		x			
Quitar malla		2.43	x				
Quitar compuerta de molino		14.67	x				
Preparación de equipo de corte		1.25			x		
Mover sistema de ruedas		0.60			x		
Colocación de EPP		2.16			x		
Corte de calce en rueda 1 (E) y 2 (I)		46.79	x				
Giro de sistema de ruedas		0.76	x				
Corte de calce en rueda 2 (E) y 3 (I)		49.85	x				
Giro de sistema de ruedas		0.87	x				
Corte de calce en rueda 3 (E) y 4 (I)		47.62	x				
Giro de sistema de ruedas		1.01	x				
Corte de calce en rueda 4 (E) y 1 (I)		48.29	x				
Recoger desechos de calces desgastados		4.12			x		
Transporte a taller	10.03	1.12		x			
Almacenamiento en área de chatarra		1.26		x			
Transporte a molinos	10.03	1.41		x			
Preparación de maquinaria		2.53			x		
Pulida de ruedas 1 y 3		0.75	x				
Traslado a otro lado de las ruedas		0.33		x			
Preparación de oxicorte		0.80			x		
Corte de residuos en rueda 1		1.23			x		
Pulida de ruedas 1 y 3		1.47	x				
Inspección		0.27				x	
Traslado a ruedas 2 y 4		0.08		x			
Pulida de rueda 2 y 4		1.33	x				
Traslado a otro lado de las ruedas	1.2	0.25		x			
Preparación de oxicorte		0.82			x		
Corte de residuos en rueda 2 y 4		1.75			x		
Pulida de ruedas 2 y 4		18.32			x		

Inspección del estado de la cinta rueda 1		0.25				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 2		0.25				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 3		0.25				x	
Inspección del estado de la cinta rueda 4		0.25				x	
Traslado a almacenamiento de calces	3.35	0.43			x		
Juntar calces		2.75			x		
Transporte de calces a molinos	3.35	0.10		x			
Bajar calces		4.16			x		
Transporte a taller	10.03	0.60		x			
Preparación de herramientas e insumos (2)		5.65			x		
Traslado a molinos	10.03	1.72		x			
Colocación de EPP		1.20			x		
Preparación de maquinaria		4.70			x		
Instalación de blower		1.20			x		
Montaje de calce		0.28	x				
Soldadura de calce		3.54	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldadura de calce		3.32	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (1/2)		43.12	x				
Giro de rueda		0.67	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldar calce		0.88	x				
Montaje de calce		0.35	x				
Soldar calce		7.83	x				
Montaje de calce		0.30	x				
Soldar calce		6.60	x				
Corte de calce final		2.45	x				
Montaje de calce final		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (2/2)		50.57	x				
Mover sistema de ruedas		1.25	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Soldadura de calce		3.54	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldadura de calce		3.32	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (1/2)		43.12	x				
Giro de rueda		0.67	x				
Montaje de calce		0.00	x				
Soldar calce		31.18	x				
Montaje de calce		0.35	x				
Soldar calce		7.83	x				
Montaje de calce		0.30	x				
Soldar calce		6.60	x				

Corte de calce final		2.25	x				
Montaje de calce final		0.00	x				
Suelda de rueda 2 (2/2)		50.57	x				
Mover sistema de ruedas		1.25	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Soldadura de calce		3.54	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldadura de calce		3.32	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (1/2)		43.12	x				
Giro de rueda		0.67	x				
Montaje de calce		8.60	x				
Soldar calce		0.00	x				
Montaje de calce		0.35	x				
Soldar calce		7.83	x				
Montaje de calce		0.30	x				
Soldar calce		6.60	x				
Corte de calce final		2.45	x				
Montaje de calce final		0.97	x				
Suelda de rueda 3 (2/2)		50.57	x				
Mover sistema de ruedas		1.25	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Soldadura de calce		3.54	x				
Montaje de calce		0.32	x				
Soldadura de calce		3.32	x				
Montaje de calce		0.28	x				
Suelda de rueda 1 (1/2)		43.12	x				
Giro de rueda		0.67	x				
Montaje de calce		0.00	x				
Soldar calce		0.97	x				
Montaje de calce		0.35	x				
Soldar calce		7.83	x				
Montaje de calce		0.30	x				
Soldar calce		6.60	x				
Corte de calce final		2.45	x				
Montaje de calce final		0.90	x				
Suelda de rueda 4 (2/2)		50.57	x				
Quitar EPP		1.12			x		
Recoger maquinaria		7.57			x		
Transporte a taller	10.03	1.97		x			
Guardar herramientas		2.94			x		
Transporte a molinos	10.03	1.37		x			
Recoger materiales		3.41			x		
Transporte a taller	10.03	1.42		x			
Guardar equipos		2.31			x		
Transporte a molinos	10.03	0.90		x			
Inspección de limpieza		2.00					x
TOTAL	88.14	828.82					
	Metros	Minutos					

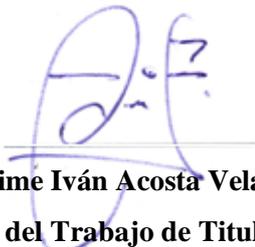
ANEXO Q: DIAGRAMA DE PROCESOS DE CAMBIO DE FALDONES MEJORADO

 DIAGRAMA DE ANÁLISIS DEL PROCESO 							
Empresa	PRODUMIN S.A	Actividad	Cambio de faldones	Hoja	1 de 1		
Departamento	Técnico	Operario		Método	Actual		
Elaborado por	Robert Campozano	Aprobado por	Christian Merino	Fecha	2/9/2023		
Descripción	Distancia (m)	Tiempo (min)	Símbolos				
							
Preparación de materiales e insumos		6.32			X		
Transporte a molinos		1.76		X			
Desmontar malla		2.43	X				
Desmontar compuerta del molino		13.25	X				
Preparación de equipo de oxicorte		1.25			X		
Puesta de EPP		1.42			X		
Corte de faldones desgastados		84.76	X				
Corte de residuos		7.38	X				
Limpieza de residuos de faldones		3.12	X				
Transporte a área de faldones	3.52	0.15		X			
Juntar faldones (4)		1.32			X		
Transporte a molinos	3.52	0.39		X			
Cambio a EPP de soldadura		1.43			X		
Acople de faldones		19.54	X				
Poner puntos de suelda		1.07	X				
Mover sistema de ruedas		0.34	X				
Acople de faldones		18.65	X				
Poner puntos de suelda		1.14	X				
Mover sistema de ruedas		0.32	X				
Acople de faldones		18.58	X				
Poner puntos de suelda		1.15	X				
Soldadura continua		46.76	X				
Descanso		6.32			X		
Soldadura continua		44.27	X				
Quitarse EPP de soldadura		0.80			X		
Juntar residuos de faldones		2.32			X		
Transporte al área de residuos	6.27	1.92		X			
Almacenar residuos		1.54			X		
Transporte a molinos	10.03	1.15		X			
Recoger equipos		4.11			X		
Transporte a taller	10.03	3.29		X			
Almacenar equipos		3.87			X		
Transporte a molinos	10.03	1.22		X			
Recoger equipos		3.28			X		
Transporte a taller	10.03	2.76		X			
Almacenar equipos		3.71			X		
Transporte a molinos	10.03	1.18		X			
Inspección final		2.00				X	
TOTAL		63.46	308.19				
		Metros	Minutos				



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA
NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO

Fecha de entrega: 11/07/2024

INFORMACIÓN DEL AUTOR
Nombres – Apellidos: ROBERT EDÚ CAMPOZANO RIOFRÍO KAREN ALEJANDRA GARCÉS SOLIS
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: MECÁNICA
Carrera: INGENIERÍA INDUSTRIAL
Título a optar: INGENIERO INDUSTRIAL
 Ing. Jaime Iván Acosta Velarde Director del Trabajo de Titulación
 Ing. Luis Fernando Buenaño Moyano Asesor del Trabajo de Titulación