

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES



## COORDINACIÓN DE INGENIERÍAS

### PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE GRADO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL.

**TEMA:** PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL Y REGISTRO DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ORO EN LA EMPRESA CALIBRE MINING, MINA EL LIMÓN, DURANTE EL PERIODO DE JULIO A NOVIEMBRE 2025.

#### ELABORADO POR

Br. Figueroa Gonzales Anyelis Maryeris

Ingeniería Industrial

Br. Mairena Velásquez Diego Nadir Eracle

Ingeniería Industrial

Br. Morales Neyra Maikely Jonaira

Ingeniería Industrial

#### TUTOR TECNICO y METODOLÓGICO:

Ing. Altamirano Ramos Maxwell Enrique

LEÓN, 16 DE NOVIEMBRE DE 2025

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES



## COORDINACIÓN DE INGENIERIAS

Proyecto de Graduación para optar al título de grado en Ingeniería Industrial

### AVAL DEL TUTOR

Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos tienen a bien, **CERTIFICAR**

Que: El Proyecto de Graduación con el Tema: **PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL Y REGISTRO DE TIEMPOS IMPRODUCTIVOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ORO EN LA EMPRESA CALIBRE MINING, MINA EL LIMÓN, DURANTE EL PERIODO JULIO AL 16 DE NOVIEMBRE 2025.**

Elaborado por **Br. Figueroa Gonzales, Br. Anyelis Maryeris; Br. Mairena Velásquez Diego Nadir Eracle; Br Morales Neyra Maikely Jonaira.** Ha sido dirigida por el suscritos y al haber cumplido con los requisitos académicos y metodológicos, da conformidad a la presentación, a la lectura y defensa, de acuerdo con la normativa vigente del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil y Reglamento de Investigación, Innovación y Transferencia.

Para que conste donde proceda, se firma la presente en UCC LEÓN a los 16 días del mes de noviembre del año 2025.

---

**Fdo.: Ing. Maxwell Enrique Altamirano Ramos**

**TUTOR**

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

## DEDICATORIA

Dedicamos este trabajo de tesis a nuestras familias, por su incondicional apoyo, paciencia y constante motivación a lo largo de nuestra formación académica y profesional.

Agradecemos profundamente a la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), por brindarnos las herramientas, conocimientos y valores necesarios para nuestro desarrollo como profesionales.

Extendemos nuestro reconocimiento a la empresa Calibre Mining Mina El Limón, por la apertura, colaboración y disposición para el desarrollo de esta investigación, la cual ha sido clave para la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Asimismo, expresamos nuestro agradecimiento a los docentes, asesores y demás personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron al cumplimiento de este importante objetivo.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos, en primer lugar, a Dios, por habernos brindado la salud, sabiduría y fortaleza necesarias para culminar con éxito esta etapa académica.

A nuestras familias, por ser nuestro principal pilar durante todo este proceso, por su comprensión, apoyo incondicional y por acompañarnos en cada desafío con paciencia y confianza en nuestras capacidades.

A la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), por proporcionarnos una formación académica de calidad, y a cada uno de nuestros docentes, por su compromiso y vocación de enseñanza, quienes nos guiaron a lo largo de nuestra carrera profesional. Expresamos nuestro sincero agradecimiento a la empresa Calibre Mining Mina El Limón, por permitirnos realizar esta investigación en su entorno productivo, facilitando información clave para el desarrollo del presente proyecto y demostrando una actitud colaborativa en todo momento.

A nuestro asesor de tesis, por su valiosa orientación, recomendaciones técnicas y acompañamiento durante todo el proceso de elaboración de este trabajo.

Finalmente, a todas aquellas personas que, directa o indirectamente, contribuyeron al logro de este objetivo, les extendemos nuestro más sincero reconocimiento.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

## INDICE

### Índice de Contenido

#### Contenido

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO .....	3
1.1.- Antecedentes y Contexto del Problema.....	3
1.1.1 Antecedentes Internacionales .....	3
1.1.2 Antecedentes Nacionales .....	4
1.1.3 Antecedentes Locales.....	5
1.1.4 Contexto del problema:.....	6
1.2.- Objetivos.....	7
1.2.1 Objetivo general.....	7
1.2.2 Objetivos específicos .....	7
1.3.- Descripción del Problema .....	8
1.4.- Justificación .....	9
1.5.- Alcance y limitaciones .....	10
1.5.1 Alcance .....	10
1.5.2 Limitaciones .....	10
CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL .....	12
2.1.- Marco conceptual .....	12
2.2.- Marco legal .....	20
2.3. Marco Contextual, Institucional. ....	22
2.3.1. Marco Contextual.....	22
2.3.2. Marco Institucional .....	23
CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO .....	27
3.1. Tipo de Proyecto.....	27

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

3.1.1. Clasificación del proyecto .....	27
Según el área de influencia: .....	28
3.2. Métodos de Estudio y Unidad de Análisis .....	28
Métodos de Estudio .....	28
Unidad de Análisis .....	29
3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos .....	30
Técnicas utilizadas:.....	30
Instrumentos aplicados: .....	30
3.4. Confiabilidad y Validez de los Instrumentos .....	31
Validez de contenido:.....	31
Validez técnica: .....	31
Confiabilidad: .....	31
Triangulación de fuentes:.....	31
CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL .....	32
4.1 Diagnóstico .....	32
4.1.1 Macro y Micro localización.....	33
4.1.2 Detalles de la Micro Localización .....	35
4.1.2-Aspectos socioeconómicos / Aspecto económico: actividad de la empresa Actividades económicas. ....	35
4.1.3 -Identificación de riesgos y afectaciones que disminuye el proyecto.....	37
4.2 Análisis FODA .....	41
CAPÍTULO V: ESTUDIOS DE INGENIERIA .....	43
5.1. Estudio de mejora en operaciones.....	43
5.1.1. Clasificación de fallas .....	43
5.2. Análisis de fallas mecánicas.....	44

5.2.1. Diagrama de Pareto fallas mecánicas .....	45
5.2.2. Indicadores de desempeño recomendados mecánicas .....	46
5.3. Análisis de fallas eléctricas.....	48
5.4. Análisis de Fallas Operativas en el Proceso de Molienda .....	52
5.4.1. Clasificación y frecuencia de fallas operativas .....	52
5.4.2. Principio de Pareto Fallas Operativas .....	53
5.5. Síntesis del análisis estadístico.....	56
5.5.1. Análisis estadístico .....	56
5.5.2. Diagramas de proceso de operación.....	59
OEE (Overall Equipment Effectiveness) .....	59
CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	62
1. Introducción .....	62
1.1 Propósito y Alcance .....	62
1.2 Objetivos .....	64
6.1. Análisis de resultados encontrados.....	65
6.1.1. Diagnóstico de las principales causas que generan tiempos improductivos en la etapa de molienda.....	65
6.1.2. Utilización de herramientas estadísticas para identificar y priorizar las principales causas de tiempos improductivos .....	66
6.1.3. Propuesta de un sistema de control y monitoreo para reducir los tiempos improductivos .....	67
6.2. Análisis de Riesgos (según los identificados) .....	68
6.3. Presupuesto.....	70
6.4 Cronograma de ejecución .....	71
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES .....	79
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES .....	81

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	82
ANEXOS O APENDICES.....	83

### **Índice de Tablas**

Tabla 1 Marco legal Ley, Art., Importancia .....	20
Tabla 2 Macro Localización .....	34
Tabla 3 Análisis FODA .....	41
Tabla 4 Análisis Pareto .....	44
Tabla 5 Indicadores de desempeño recomendados mecánicas .....	46
Tabla 6 Principales fallas eléctricas – resultados del análisis Pareto .....	49
Tabla 7 Indicadores eléctricos recomendados .....	50
Tabla 8 Tipo de Falla Operativa.....	52
Tabla 9 Síntesis del análisis estadístico .....	56
Tabla 10 OEE del circuito de molienda.....	60
Tabla 11 Comportamiento del OEE por mes (julio–noviembre 2025).....	61
Tabla 12 cronograma permite una implementación escalonada.....	71

### **Índice de Figuras**

Figura 1 Área Extracción.....	14
Figura 2 Área de Trituración .....	16
Figura 3 Área de Molienda.....	17
Figura 4 Logo Ministerio de Energía y Minas .....	23
Figura 5 Logo Empresa Calibre Mining – Mina El Limón .....	24
Figura 6 Logo Universidad de Ciencias Comerciales.....	25
Figura 7 Macro Localización .....	34
Figura 8 Micro Localización .....	35
Figura 9 Diagrama de Pareto fallas mecánicas.....	45
Figura 10 Indicadores de desempeño recomendados .....	47
Figura 11 Diagrama de Pareto fallas eléctricas.....	49
Figura 12 Indicadores eléctricos recomendados .....	51

Figura 13 Principio de Pareto Fallas Operativas .....	53
Figura 14 Gráfico de Control – Duración de Fallas Operativas .....	55
Figura 15 análisis estadístico de fallas en el proceso de molienda.....	57
Figura 16 Diagrama del circuito de molienda y clasificación en planta procesadora.	59
Figura 17 Tendencia del Índice OEE (Julio–Noviembre 2025).....	61

## **Índice de Anexos**

Anexo 1 Ficha de Validación.....	85
Anexo 2 Planta de Procesos.....	86
Anexo 3 Detalle de planta de proceso Área de preparación de reactivos a Lixiviación .....	87
Anexo 4 Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones.....	88
Anexo 5 Continuación Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones.....	89
Anexo 6 Continuación Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones.....	90
Anexo 7 Paros consolidados molienda 2024 Data Total .....	91
Anexo 8 paros consolidados molienda 2024 Parada Operaciones.....	92
Anexo 9 paros consolidados molienda 2024 Pivot fallas operativas.....	93
Anexo 10 consolidados molienda 2024 Pivot falla mtto especialidad .....	94
Anexo 11 consolidados molienda 2024 Pivot fallas manto.....	95
Anexo 12 Consolidados molienda 2024 Paradas Mtto.....	96
Anexo 13 Continuación consolidados molienda 2024 Paradas Mtto .....	97
Anexo 14 consolidados molienda 2024 Pivot falla equipos.....	98
Anexo 15 Planta proceso de oro Mina Limón, grupo de trabajo de proyecto de graduación 2025.....	99
Anexo 16 Trituradora ( se usa para quebrar piedras( y que pasen solo de la medida requerida .....	99
Anexo 17 banda transportadora (banda #1) .....	100
Anexo 18 Material que ingresa a la troja (brosa).....	102
Anexo 19 Área de estudio de ingeniería, Planta de procesos de oro, se logra ver el molino de bolas .....	103

## RESUMEN

El proyecto de graduación propone un sistema de control de tiempos improductivos en el proceso de producción de oro en la planta de molienda de Calibre Mining, Mina El Limón, desarrollado entre Julio al 16 de Noviembre 2025. La investigación surge por la necesidad de mejorar la eficiencia operativa y reducir las pérdidas económicas causadas por paros no planificados. Mediante un análisis de Pareto sobre los datos de paros, se identificó que las fallas operativas y mecánicas son las principales causas de inactividad, representando más del 80% de las horas totales de paro. Esto indica que focalizar las acciones en estas áreas tendrá un impacto significativo en la productividad de la planta.

La solución técnica propuesta implica un enfoque de Mantenimiento Proactivo, combinando Mantenimiento Preventivo para componentes con fallas frecuentes, como los pernos del Trunion Liner, y Mantenimiento Predictivo para equipos críticos, como el arrancador del molino de bolas, empleando tecnologías de monitoreo de vibración y temperatura. Además, se refuerza la importancia de estandarizar los procedimientos operativos y capacitar al personal para reducir paros relacionados con la operación, como las sobrecargas del molino SAG y bloqueos en el Chute.

Se estima que la aplicación de este sistema permitirá disminuir significativamente las horas de paro, aumentando la producción de oro y mejorando la rentabilidad de la planta. Según el análisis inicial, la mitigación de pérdidas podría alcanzar cerca de \$1.99 millones de dólares. Así, el proyecto presenta una propuesta viable y sostenible, fundamentada en principios de ingeniería industrial, para fomentar la mejora continua y la competitividad en la planta de molienda de Calibre Mining.

**Palabras claves:** Producción de oro, Tiempos improductivos, Mantenimiento proactivo, Fallas operativas, Eficiencia operativa, Rentabilidad.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

## ABSTRACT

The graduation project proposes a system to control unproductive time in the gold production process at the Calibre Mining milling plant, Mina El Limón, developed from July to October 2025. The research arises from the need to improve operational efficiency and reduce economic losses caused by unplanned downtime. Through a Pareto analysis of downtime data, operational and mechanical failures were identified as the main causes of inactivity, accounting for more than 80% of total downtime hours. This indicates that focusing efforts on these areas will have a significant impact on plant productivity.

The proposed technical solution involves a Proactive Maintenance approach, combining Preventive Maintenance for frequently failing components, such as the Trunion Liner bolts, and Predictive Maintenance for critical equipment, such as the ball mill starter, using vibration and temperature monitoring technologies. Furthermore, the importance of standardizing operating procedures and training personnel to reduce operation-related stoppages, like SAG mill overloads and chute blockages, is emphasized.

The implementation of this system is expected to significantly reduce downtime hours, increase gold production, and improve plant profitability. According to the initial analysis, loss mitigation could reach approximately \$1.99 million. Thus, the project presents a viable and sustainable proposal, based on industrial engineering principles, to promote continuous improvement and competitiveness at the Calibre Mining milling plant.

**Keywords:** Gold Production, Unproductive Time, Proactive Maintenance, Operational Failures, Operational Efficiency, Profitability.

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*

## INTRODUCCIÓN

La industria minera a nivel global enfrenta constantes desafíos relacionados con la optimización de sus procesos para garantizar la máxima eficiencia operativa y la rentabilidad. En este contexto, la gestión del tiempo se ha convertido en una variable crítica, ya que los tiempos improductivos, sean por fallas mecánicas, eléctricas u operativas, impactan directamente en la continuidad de la producción, la productividad y los costos. El proyecto de graduación se enfoca en abordar esta problemática en el proceso de producción de oro en la mina El Limón, propiedad de la empresa Calibre Mining.

El proceso de molienda es un eslabón fundamental en la cadena de valor de la producción de oro. No obstante, el análisis de los datos operativos del período de estudio (julio-octubre de 2025) ha revelado que la planta de molienda experimenta una cantidad significativa de paros no planificados. Se ha identificado una fuerte correlación negativa entre las horas de paro y la producción diaria, lo que significa que a medida que aumentan los tiempos de inactividad, la producción disminuye de forma considerable. El análisis de Pareto, una herramienta clave de la ingeniería industrial, ha permitido identificar las principales causas de estos paros, destacando problemas con los pernos del Trunion Liner del molino SAG y fallas en el Chute móvil como las principales fuentes de tiempo perdido.

Ante este escenario, el objetivo principal de este proyecto es la "Propuesta de un sistema de control y reducción de tiempos improductivos en procesos de producción de oro en la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, durante el período julio-octubre de 2025". La justificación de esta investigación radica en la necesidad de mejorar la eficiencia global de los equipos (OEE) y optimizar los recursos, lo que se traducirá en un incremento de la producción y, consecuentemente, en una mejora sustancial de la productividad y el desempeño financiero de la empresa.

Para lograr este propósito, el presente documento se estructura de la siguiente manera:

### **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO**

Define el problema, objetivos, justificación, alcance y limitaciones del estudio.

### **CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL**

Presenta los fundamentos conceptuales, legales e institucionales que sustentan el proyecto.

### **CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO**

Describe el tipo de estudio, métodos, técnicas e instrumentos aplicados, garantizando validez y confiabilidad.

### **CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL**

Analiza la situación actual mediante herramientas como FODA, PESTEL, Ishikawa, benchmarking y análisis de riesgos.

### **CAPÍTULO V: ESTUDIOS DE INGENIERÍA**

Desarrolla estudios técnicos en mantenimiento, mejora operativa, aplicando normas y herramientas estadísticas.

### **CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Integra los hallazgos y presenta manuales, planes o propuestas de mejora, junto con análisis de riesgos, presupuesto y cronograma.

### **CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES**

Resume los resultados alcanzados y el cumplimiento de los objetivos planteados.

### **CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES**

Propone acciones de mejora continua y estrategias de sostenibilidad.

## CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

### 1.1.- Antecedentes y Contexto del Problema

#### 1.1.1 Antecedentes Internacionales

Uno de los estudios más relevantes en este campo fue realizado en Perú en 2016 por Arriel, Miller, Vela Luis y Rojas José, titulado "Identificación y análisis de los tiempos improductivos en equipos de las principales actividades operativas del ciclo de producción de una mina subterránea Sublevel Stopping (Tajeo por Subniveles)", desarrollado en la Escuela de Postgrado GERENS. El objetivo principal de esta investigación fue identificar, clasificar y analizar los tiempos improductivos en las actividades clave de la mina subterránea Cerro Lindo, propiedad de la Compañía Minera Milpo. Los resultados evidenciaron importantes oportunidades de mejora, permitiendo optimizar el flujo de trabajo, incrementar la productividad y reducir costos operativos mediante la implementación de acciones correctivas adecuadas (Arriel et al., 2016).

Un segundo estudio realizado fue a través de la Compañía Minera El Soldado, propiedad de Anglo American Chile, desarrolló entre 2013 y 2014 un sistema de control de gestión estratégico para integrar planificación y ejecución operativa. Este sistema analiza las declaraciones estratégicas, utiliza herramientas como PESTEL, FODA y un Cuadro de Mando Integral (CMI) para medir el desempeño de la organización. Se despliegan tableros de control para facilitar la ejecución y se propone un esquema de incentivos para alinear los objetivos estratégicos con el desempeño individual. El proyecto considera además el impacto social y ambiental, comprometiéndose con el desarrollo local y el cuidado del entorno. Los logros incluyen un mejor alineamiento y medición del desempeño para una toma de decisiones más eficaz y un compromiso con el desarrollo regional sostenible basado en una gestión integral y moderna. Quijada Ruiz, C. J. (2014). Diseño de un sistema de control de gestión para Compañía Minera El Soldado. Universidad de Chile. Repositorio Universidad de Chile.

Un Tercer estudio es en Argentina; El estudio titulado; "Reducción de tiempos improductivos para mejorar la productividad de los procesos de carguío y acarreo en el Tajo Pampa Verde, minera La Zanja", elaborado por Segundo Díaz Medina en (2017, tuvo como objetivo principal disminuir los tiempos improductivos en las operaciones de carguío y acarreo. Se confirmó que estos tiempos improductivos generaban pérdidas significativas en la productividad. Tras la implementación de diversas medidas de control, se evidenció una mejora en la productividad, reflejada en el aumento del rendimiento y eficiencia de los equipos involucrados en dichos procesos. Este estudio es un aporte importante para optimizar los procesos operativos en minería, contribuyendo a mayores niveles de eficiencia y reducción de costos. Díaz Medina, S. (2017)

### **1.1.2 Antecedentes Nacionales**

El estudio titulado "Optimización del proceso de recuperación de oro a partir del control de los parámetros operacionales en las etapas de amalgamación y lixiviación en pilas. Plantel Santa Isabel", realizado por Hazel Bonilla y Adriana Martínez (2020) en Matagalpa, tuvo como objetivo mejorar la recuperación del oro mediante un control riguroso de los parámetros operativos. La investigación demostró cómo una gestión adecuada de estos parámetros en las etapas clave impacta positivamente en la eficiencia y rendimiento de la planta, optimizando el proceso de extracción y reduciendo pérdidas. Este control permitió obtener resultados más consistentes y efectivos en la recuperación del metal precioso, evidenciando la importancia del monitoreo detallado de variables operativas para mejorar el desempeño industrial. Bonilla Paredes, H. W., & Martínez Blandón, A. M. (2020)

Un segundo estudio relevante sobre reducción de tiempos improductivos en la producción de oro se desarrolló en el municipio de Siuna, Región Autónoma del Atlántico Norte. Este estudio analizó la minería artesanal, comúnmente llamada "güirisería", y destacó que esta actividad enfrenta desafíos importantes como la baja productividad debido al uso de tecnologías rudimentarias y métodos ineficientes como la amalgamación con mercurio. La investigación identificó que la falta de mecanismos

adecuados genera pérdidas significativas y altos impactos ambientales. Se concluyó que la incorporación de tecnología y capacitación técnica podría reducir los tiempos improductivos y mejorar la recuperación de oro en esta región, aumentando tanto la eficiencia económica como la sostenibilidad ambiental. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua UNAN León. (2006)

Un tercer estudio titulado "Evaluación de métodos para optimizar el reproceso de mineral aurífero en la Planta de Beneficio San Albino, Bonanza", realizado en 2021 por Arnaldo Martínez y Romel Guevara. En este trabajo se analizó la eficiencia de diferentes métodos para mejorar el reproceso del mineral aurífero con el objetivo de reducir los tiempos improductivos en la planta. Los resultados indicaron que la optimización de los procesos operativos permitió un incremento significativo en la recuperación de oro, así como una reducción en las pérdidas de material y una mejora en la productividad general de la planta. Martínez, A., & Guevara, R. (2021).

### **1.1.3 Antecedentes Locales**

En el departamento de León, los estudios relacionados con tiempos improductivos en la minería de oro destacan la problemática de minas artesanales que enfrentan desafíos técnicos y ambientales. Por ejemplo, se ha documentado el abandono histórico de minas como La India debido a problemas técnicos y ambientales, que influye directamente en la productividad.

Actualmente, hay proyectos importantes en la región, como la mina La India en Santa Rosa del Peñón, que se prevé genere hasta 100 mil onzas de oro anuales desde 2022, con inversiones significativas para modernización que buscan optimizar procesos y reducir tiempos improductivos. Investigaciones también enfatizan que la minería artesanal en León opera con tecnologías poco eficientes, generando largos tiempos improductivos que impactan la recuperación del mineral y la seguridad de los trabajadores. Estudio en Mina La India para optimización y reducción de tiempos improductivos (2021)

En la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), sede León, el estudio de tiempos en procesos industriales ha ganado interés como línea de investigación. No obstante, hasta el momento no se había desarrollado una investigación específica enfocada en la identificación y control de tiempos improductivos en el sector minero.

Como estudiantes de Ingeniería Industrial, este trabajo nos permite aplicar conocimientos en gestión de procesos, análisis de operaciones y mejora continua, contribuyendo al desarrollo de soluciones prácticas y técnicas que fortalezcan la eficiencia operativa. Además de constituir una investigación pionera dentro de la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC Campus León), este proyecto sienta un precedente importante para futuras investigaciones relacionadas con la gestión del tiempo y optimización de procesos en contextos industriales.

#### **1.1.4 Contexto del problema:**

La Mina El Limón, ubicada en el municipio de Larreynaga, departamento de León, es una operación aurífera con más de ocho décadas de trayectoria en la producción de oro. Actualmente es administrada por Calibre Mining Corp., empresa canadiense que desde 2019 ha superado la producción acumulada de un millón de onzas en Nicaragua. Su proceso productivo integra etapas de extracción, acarreo, trituración, molienda y lixiviación, siendo la molienda una fase determinante en la eficiencia global de la planta.

Uno de los principales desafíos operativos identificados son los tiempos improductivos que se presentan a lo largo del proceso, especialmente en la molienda y el transporte de mineral. Estos tiempos se originan por esperas, fallas mecánicas, congestión vehicular y paros no programados, generando cuellos de botella que afectan la continuidad y la capacidad de procesamiento de la planta, la gestión ineficiente de los tiempos improductivos incide directamente en la productividad, el costo por tonelada procesada y la confiabilidad de los equipos. Por ello, es necesario establecer un sistema de control técnico y operativo que permita registrar, analizar y mitigar las causas de inactividad, promoviendo decisiones basadas en datos.

## 1.2.- Objetivos

### 1.2.1 *Objetivo general*

Proponer un sistema de control de tiempos improductivos en el proceso de molienda en la producción de oro en la empresa calibre mining, mina el limón, durante el período julio-noviembre de 2025.

### 1.2.2 *Objetivos específicos*

- Diagnosticar las principales causas y tipos de fallas (mecánicas, eléctricas y operativas) que generan tiempos improductivos en el proceso de molienda, mediante la aplicación de herramientas de análisis técnico y estadístico.
- Cuantificar el impacto de los tiempos improductivos sobre la disponibilidad del molino y fallos operativos, utilizando estudio de ingeniería, indicadores de eficiencia como OEE, MTTR.
- Proponer estrategias de mejora en mantenimiento preventivo y predictivo que reduzcan la recurrencia de fallas críticas, contribuyendo a la optimización del proceso de molienda y al incremento de la rentabilidad operativa.

### 1.3.- Descripción del Problema

El presente proyecto aborda una problemática crítica en la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, vinculada a los tiempos improductivos que se generan durante el proceso de molienda del mineral aurífero. Estos tiempos se definen como los períodos en los que los equipos, la maquinaria o el personal permanecen inactivos por más de diez minutos, sin aportar valor al proceso productivo. El diagnóstico preliminar evidenció que las fallas mecánicas, eléctricas y operativas constituyen las principales causas de inactividad, destacando roturas de pernos del Trunnion Liner, bloqueos en el chute de descarga y fallos en motores y sensores del sistema de control.

La falta de procedimientos operativos estandarizados, junto con deficiencias en la planificación y ejecución del mantenimiento preventivo, limita la capacidad de respuesta ante imprevistos y provoca una alta frecuencia de paros no planificados. Estas condiciones generan cuellos de botella en el circuito de molienda, disminuyen la eficiencia global de los equipos (OEE), incrementan los costos operativos y reducen la productividad total de la planta.

En este contexto, se identifica la necesidad de diseñar un sistema de control de tiempos improductivos que permita registrar, clasificar y analizar las causas de las paradas, facilitando la toma de decisiones y la mejora continua. Este proyecto busca establecer un referente en la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC) sobre el manejo del tiempo y la optimización de procesos industriales, generando valor tanto para el ámbito académico como para el sector minero.

## 1.4.- Justificación

La minería moderna exige una gestión eficiente del tiempo y de los recursos productivos para alcanzar altos niveles de **eficiencia operativa** y sostenibilidad económica. En el proceso de molienda, etapa fundamental para la liberación del oro contenido en el mineral, los **tiempos improductivos** representan una de las principales causas de pérdida de productividad y aumento de costos operativos. Dichos tiempos, provocados por **fallas mecánicas, eléctricas u operativas**, limitan la capacidad de procesamiento y afectan directamente la rentabilidad y competitividad de la empresa minera.

En la Mina El Limón, operada por Calibre Mining, se ha identificado que los paros no planificados en la planta de molienda generan impactos significativos en la disponibilidad de los equipos, en la continuidad operacional y en la eficiencia global del proceso (OEE). Frente a esta situación, surge la necesidad de diseñar un sistema de control de tiempos improductivos que permita monitorear, clasificar y analizar en tiempo real las causas de las detenciones, proporcionando información precisa para la toma de decisiones oportunas.

La implementación de un sistema de control permitirá optimizar la gestión del mantenimiento, reducir costos por fallas imprevistas, mejorar la productividad y garantizar la sostenibilidad del proceso minero. Además, esta investigación aporta un enfoque técnico y académico innovador en la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), al establecer un modelo aplicable para el control del tiempo y la optimización de procesos industriales, fortaleciendo la vinculación entre la formación académica y las necesidades reales del sector minero nacional.

## **1.5.- Alcance y limitaciones**

### **1.5.1 Alcance**

El presente estudio se enfoca específicamente en el proceso de molienda de la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, abarcando desde la recepción del mineral triturado hasta la obtención del producto molido apto para su posterior tratamiento metalúrgico. El alcance comprende la identificación, análisis y control de los tiempos improductivos que afectan la eficiencia del sistema de molienda, con el propósito de proponer un sistema de control técnico y operativo que permita mejorar la disponibilidad de los equipos, la continuidad de la operación y la productividad general de la planta.

El proyecto incluye el análisis de fallas mecánicas, eléctricas y operativas, la evaluación de indicadores de desempeño como la Eficiencia Global de los Equipos (OEE), y la aplicación de herramientas estadísticas (diagrama de Pareto, gráficos de control e Ishikawa) para priorizar causas críticas. Asimismo, contempla la propuesta de estrategias de mantenimiento proactivo y el uso de tecnologías de monitoreo y automatización que faciliten la reducción de paros no planificados.

### **1.5.2 Limitaciones**

Durante el desarrollo del proyecto se presentan limitaciones técnicas asociadas principalmente a las fallas mecánicas, eléctricas y operativas que afectan la continuidad del proceso de molienda en la planta de Calibre Mining, Mina El Limón.

Entre las limitaciones mecánicas, se destacan el desgaste prematuro de componentes críticos del molino, como los pernos del Trunnion Liner, chumaceras, piñones y sistemas de transmisión, los cuales generan paros imprevistos y reducen la disponibilidad operativa. Estas fallas, muchas veces recurrentes, dificultan la obtención de datos estables para establecer patrones de comportamiento confiables, afectando el análisis de tendencias.

En cuanto a las limitaciones eléctricas, se identifican fallos intermitentes en motores, variadores de frecuencia, sensores de temperatura y tableros de control, ocasionados por fluctuaciones en el suministro eléctrico o por falta de mantenimiento predictivo. Estas interrupciones impactan la automatización del proceso y provocan pérdidas de información en el registro de paradas.

Por su parte, las limitaciones operativas se relacionan con errores humanos, falta de estandarización de procedimientos y tiempos de respuesta prolongados ante fallas, lo que impide una rápida restitución de la operación. Adicionalmente, la ausencia de un sistema de monitoreo centralizado dificulta el control en tiempo real y la trazabilidad de los datos operativos.

A pesar de estas restricciones, garantiza la validez de los resultados mediante la aplicación rigurosa de métodos estadísticos, observación directa y análisis técnico, contribuyendo al fortalecimiento del mantenimiento proactivo y a la mejora continua del proceso de molienda.

## CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

### 2.1.- Marco conceptual

Constituye la base teórica que sustenta el proyecto, al definir los conceptos técnicos y metodológicos fundamentales relacionados con la gestión del tiempo improductivo y la optimización del proceso de molienda en la producción de oro. Estos conceptos permiten comprender las variables que intervienen en la eficiencia del sistema productivo y orientan la propuesta de mejora aplicable a la empresa Calibre Mining, Mina El Limón.

El proceso de molienda es una etapa esencial en la metalurgia extractiva del oro, cuya función principal consiste en la reducción del tamaño de partícula del mineral para liberar el contenido metálico. Su eficiencia depende de factores mecánicos, eléctricos y operativos que inciden en la capacidad de procesamiento del molino, el consumo energético y la calidad del producto final. Un desempeño inadecuado de esta etapa genera pérdidas significativas de tiempo, energía y recursos económicos.

Los tiempos improductivos se definen como los intervalos en los cuales los equipos, el personal o los sistemas permanecen inactivos sin aportar valor al proceso. Estos pueden clasificarse como paros planificados (por mantenimiento o cambios de turno) y paros no planificados (por fallas o incidentes imprevistos). En el contexto industrial, su gestión se vincula directamente con la Eficiencia Global de los Equipos (OEE), indicador que evalúa la disponibilidad, el rendimiento y la calidad de la producción. Una reducción en los tiempos improductivos implica un aumento proporcional en la productividad y en la confiabilidad operativa del sistema. Estudios recientes muestran que la aplicación de OEE en equipos mineros permite identificar pérdidas temporales y planear intervenciones para mejorar la eficiencia operativa (Varela Cancino et al., 2024; Ríos Colque et al., 2024)

Dentro del ámbito del mantenimiento industrial, se distinguen tres estrategias principales: el mantenimiento correctivo, que se realiza después de ocurrida la falla; el mantenimiento preventivo, que busca anticiparse a la avería mediante inspecciones

programadas; y el mantenimiento predictivo, que utiliza técnicas de diagnóstico y monitoreo en tiempo real para detectar condiciones anómalas antes de que se produzcan daños mayores. La aplicación adecuada de estas estrategias en el área de molienda contribuye a minimizar los paros no planificados y a extender la vida útil de los equipos. <https://hdl.handle.net/20.500.12952/9793>

En relación con la clasificación de fallas, estas pueden agruparse en mecánicas, eléctricas y operativas. Las fallas mecánicas incluyen desgastes, roturas o desalineaciones en componentes del molino y sistemas de transmisión; las fallas eléctricas comprenden daños en motores, sensores, variadores o tableros de control; mientras que las fallas operativas derivan de errores humanos, deficiencias en la supervisión o falta de estandarización de procedimientos. Algunos estudios usando técnicas de aprendizaje automático han avanzado en la detección y clasificación de fallas mecánicas mediante vibraciones, lo cual evidencia el valor de clasificar correctamente estos tipos de fallas para planificar mejor los recursos de mantenimiento (Roccia et al., 2024).

Control de procesos y la mejora continua constituyen pilares de la Ingeniería Industrial, orientados a optimizar el rendimiento global mediante el uso de herramientas como el diagrama de Pareto, el análisis de causa raíz (Ishikawa) y los gráficos de control estadístico del proceso (SPC). La aplicación de estas metodologías en la planta de molienda permite establecer un sistema de gestión que facilite la toma de decisiones basada en datos, reduciendo los tiempos improductivos y mejorando la eficiencia operativa.

## **Exploración y prospección**

La exploración y prospección constituyen la base del proceso minero, determinando dónde y cómo se explotará el recurso. Un control adecuado en esta área garantiza que el proyecto se dirija a depósitos rentables y reduce errores costosos en fases posteriores.

Se refiere a la búsqueda e identificación de depósitos minerales viables en la corteza terrestre mediante estudios geológicos, geoquímicos y geofísicos. Esta etapa inicial es clave para asegurar la viabilidad económica y técnica del proyecto minero.

Permite planificar con precisión la extracción futura y minimizar riesgos económicos, así como optimizar el tiempo dedicado a estudios previos para una mejor eficiencia en la producción. (Equipartes. (2018)).

## Extracción

En esta etapa se concentra la mayor parte del gasto energético y humano. Los tiempos muertos por fallas técnicas, esperas o mala organización afectan significativamente la productividad general.

Es el proceso de extracción del mineral desde la mina, que puede ser a cielo abierto o subterránea. Incluye perforación, tronadura, carguío y transporte del material hasta la planta de procesos. Es la fase que más recursos consume y donde se generan tiempos improductivos si no se gestiona adecuadamente.

Un sistema de control en esta área puede monitorear y reducir tiempos improductivos, optimizando el uso de recursos y mejorando la eficiencia operativa. (Sociedad Nacional de Minería (SONAMI) (2016)).

*Figura 1 Área Extracción*



*Fuente : Planta de producción Mina Limón*

### **Procesamiento**

El procesamiento transforma el mineral extraído en concentrado de oro, siendo fundamental mantener un flujo continuo para evitar pérdidas y retrasos.

Comprende la trituración, molienda y concentración del mineral para liberar el metal valioso de la ganga. Incluye procesos físico-químicos como la lixiviación, flotación, y separación para aumentar la concentración de oro apta para refinación.

El control de esta etapa reduce las interrupciones, mejora la recuperación del oro y disminuye los costos relacionados con tiempos improductivos. (East Carbón (2024)).

### **Fundición y refinación**

La calidad final del producto depende de esta etapa. Fallas o paradas pueden afectar la pureza del oro y la rentabilidad.

Se refiere a la transformación del concentrado mineral en metal puro, mediante procesos pirometalúrgicos o electrolíticos. Esta área asegura la calidad y pureza del oro producido.

La implementación de controles efectivos garantiza la continuidad del proceso y la calidad constante del producto final. (Luz de Alba Joyas. (2022)).

### **Diagrama de Flujo**

Un diagrama de flujo para el proceso minero de producción de oro muestra secuencialmente las etapas principales desde la recepción del mineral hasta la obtención del oro puro. Las etapas clásicas incluyen trituración, molienda, concentración por gravedad y flotación, procesamiento químico y fundición, cada una vinculada a distintos equipos y procesos auxiliares para asegurar el flujo eficiente de material. (Pucci, A. (2021)).

## Trituración

La trituración es la primera etapa del procesamiento del mineral, crucial para preparar el material para la molienda y concentración. Un tamaño adecuado de las partículas mejora la eficiencia en la extracción química y física del metal valioso. Una trituración mal controlada puede generar sobrecarga o desgaste prematuro de equipos posteriores, además de tiempos improductivos por retrabajos o bloqueos en la planta. La trituración de minerales es el proceso mecánico diseñado para reducir el tamaño de las partículas de mineral extraído, fragmentándolas para facilitar su manipulación y subsecuente procesamiento. Se divide típicamente en trituración primaria, secundaria y terciaria, empleando equipos específicos como trituradoras de mandíbula, de cono y molinos, para alcanzar el tamaño necesario para la liberación óptima del oro contenido. Asegura la liberación del mineral valioso facilitando su separación y concentración. Asimismo, optimiza la utilización de recursos y energía en el proceso, reduciendo pérdidas y tiempos muertos. Establecer un sistema de control sobre la trituración contribuye a la estabilidad operativa y a la mejora continua en la productividad de la mina. (Dynamox. (2024)).

*Figura 2 Área de Trituración*



*Fuente : Planta Mina Linon*

## Molienda

La molienda suele ser la etapa que consume mayor energía dentro del proceso de beneficio de minerales, y su desempeño influye directamente en la eficiencia del sistema completo. Un control adecuado de la molienda permite obtener una granulometría óptima, mejorando la liberación mineral y aumentando la recuperación de oro en las etapas de concentración y lixiviación. La clasificación posterior con hidrociclones o zarandas asegura la calidad del producto molido.

Procesamiento de minerales, en el cual el material triturado se reduce aún más a partículas finas mediante equipos como molinos de bolas, barras o molinos SAG (semi-autógenos). El objetivo es liberar las partículas valiosas (oro) de la ganga para facilitar su concentración y extracción posterior.

El control y optimización de la molienda contribuyen a minimizar los tiempos improductivos y maximizar la extracción del oro, impulsando la rentabilidad y sostenibilidad de la operación minera. Mejora la eficiencia energética y prolonga la vida útil de los equipos, además de permitir una operación más estable y predecible. (MARCI (2024)).

*Figura 3 Área de Molienda*



*Fuente: Planta Mina Limón*

### **Concentración por gravedad y flotación**

Este método es uno de los más antiguos y seguros para concentración de oro, especialmente útil en etapas iniciales para recuperar partículas gruesas antes de procesos químicos. Su eficiencia depende del tamaño, forma y densidad del mineral y puede complementarse con otros procesos para optimizar la recuperación total.

La concentración por gravedad utiliza la diferencia de densidad entre partículas de oro y minerales de ganga para separarlos. Se basa en la fuerza de gravedad (o fuerza centrífuga en algunos equipos) para que las partículas más pesadas (oro) se asienten y se separen de las más livianas. Este proceso es efectivo para recuperar oro de grano medio y grueso, mediante equipos como mesas gravimétricas, concentradores centrífugos, cajas de esclusa y mesas vibratorias.

Reduce la carga de trabajo de procesos químicos posteriores, recupera oro valioso antes de pérdidas potenciales y disminuye el uso de reactivos, contribuyendo a una producción más limpia y económica. (PlanetGOLD (2023)).

### **Flotación, Procesamiento Químico y Fundición**

#### **Flotación**

Este proceso es fundamental para tratar minerales finos o complejos donde el oro no es recuperable solo por métodos gravimétricos. Requiere molienda fina y control riguroso de variables operativas como pH, concentración de reactivos, tiempo de flotación y aireación para maximizar la recuperación. Si no se controla, puede generar pérdidas de oro y contaminación ambiental.

La flotación es un proceso físico-químico utilizado en la concentración de minerales, en el que se aprovechan las diferencias en las propiedades superficiales para separar minerales hidrofóbicos (que repelen el agua, como minerales que contienen oro) de los hidrofílicos (gangas). Se emplean reactivos químicos tales como colectores y espumantes para modificar las superficies y facilitar la adhesión del mineral de oro a burbujas de aire, que luego son llevadas a la superficie para su extracción.

Permite recuperar oro de minerales polimetálicos y sulfúricos, aumentando la eficiencia y recuperación global del proceso de beneficio, haciendo viable la explotación de depósitos complejos. (Padilla, R. (2018)).

### **Procesamiento químico**

Este proceso es crítico para extraer oro de minerales de baja ley o minerales finos no recuperables por concentración física. Exige un manejo cuidadoso de reactivos y condiciones para evitar contaminación y maximizar la recuperación.

Se refiere a las etapas posteriores a la concentración física donde se aplican métodos químicos para extraer el oro del concentrado o el mineral procesado. Los métodos comunes incluyen la lixiviación por cianuración, donde el oro se disuelve en una solución química y luego se recupera mediante adsorción en carbón activado o precipitación.

Optimiza la extracción del oro residual en los concentrados, mejorando el rendimiento económico del proceso y reduciendo la pérdida de metal valioso. (Acciomate. (2025). Proceso de Producción de Oro).

### **Fundición**

Es la etapa final que asegura la calidad y valor comercial del oro producido. Requiere un control riguroso de temperatura y composición para evitar pérdidas durante la fusión, la fundición es una etapa metalúrgica donde el concentrado o precipitado de oro se somete a altas temperaturas para separarlo de impurezas y obtener oro puro. Utiliza hornos eléctricos o de fundición y procesos pirometalúrgicos para lograr la purificación final. Transforma el producto final en una forma comercial de alta pureza (lingotes), lista para su venta o uso industrial, asegurando la rentabilidad del proceso. (Luz de Alba Joyas. (2022)).

2.2.- Marco legal

Tabla 1 Marco legal Ley, Art., Importancia

LEY	ARTÍCULO	IMPORTANCIA
<p><b>Ley No. 387 – Ley Especial sobre Exploración y Explotación de Minas</b></p>	<p>Artículo 6: “Las personas naturales o jurídicas que obtengan concesiones mineras tienen derecho a instalar y operar plantas de beneficio, fundición y refinación, así como a comercializar los productos obtenidos.”</p> <p>Artículo 8: “Las actividades mineras deberán ejecutarse conforme a principios técnicos, económicos y ambientales que garanticen el aprovechamiento racional de los recursos minerales.”</p> <p>Artículo 76: “Los concesionarios están obligados a implementar medidas de control y sistemas eficientes que</p>	<p>Otorgan derechos para instalar y operar plantas de beneficio (incluyendo molienda) y exigen ejecución técnica y ambientalmente responsable. Promueven el uso racional de recursos y la reducción de fallos operativos.</p>

LEY	ARTÍCULO	IMPORTANCIA
	<p>minimicen impactos negativos, incluyendo sobreproducción y desperdicio energético.”</p>	
<p><b>Decreto No. 119-2001 – Reglamento de la Ley 387</b></p>	<p>No especifica artículos, pero regula: “Los procedimientos para la solicitud, otorgamiento, modificación y cancelación de concesiones mineras, así como los requisitos técnicos, económicos y ambientales que deben cumplir los interesados.”</p>	<p>Complementa la Ley 387 detallando los procedimientos administrativos y requisitos para concesiones mineras. Establece mecanismos de fiscalización por el MEM</p>
<p><b>Ley de Áreas de Conservación Ambiental y Desarrollo Sostenible (2025)</b></p>	<p>Artículo 2: “Se permitirá el aprovechamiento racional de los recursos geotérmicos, geológicos, minerales e hidrocarburos dentro de las áreas de conservación, siempre que se utilicen tecnologías limpias y buenas prácticas ambientales.”</p> <p>Disposición sobre procedimientos</p>	<p>Autoriza el uso racional de recursos mineros en áreas de conservación bajo condiciones ambientales estrictas. Centraliza la autorización ambiental en el MARENA.</p>

LEY	ARTÍCULO	IMPORTANCIA
	ambientales: “Se elimina la consulta pública para la autorización ambiental en actividades mineras dentro de estas áreas. La autorización será otorgada exclusivamente por el MARENA.”	
<b>Decreto No. 20-2017 – Sistema de Evaluación Ambiental</b>	No especifica artículos, pero estipula: “El procedimiento técnico para la evaluación ambiental de permisos y autorizaciones relacionados con el uso sostenible de recursos naturales.”	Regula los permisos y autorizaciones ambientales, estableciendo criterios técnicos para el uso sostenible de recursos naturales.

Fuente: Google Leyes y Articulos

### 2.3. Marco Contextual, Institucional.

#### 2.3.1. Marco Contextual.

La minería de oro en Nicaragua tiene orígenes que se remontan a finales del siglo XVIII, alcanzando su desarrollo industrial en la década de 1930 con la operación de la empresa Noranda en Santa Cruz de La India. A partir de entonces, la actividad minera se consolidó como una de las principales fuentes de empleo y generación de divisas para el país, dando origen a comunidades y a la creación de infraestructura vinculada al sector extractivo.

Durante el siglo XX, la minería aurífera experimentó diversos periodos de auge y declive, asociados a factores técnicos, económicos y políticos, incluyendo la

nacionalización de minas en los años 80 y su posterior apertura a la inversión extranjera. Actualmente, la minería del oro constituye uno de los pilares de la economía nicaragüense, representando cerca del 40 % del total de las exportaciones nacionales.

El marco actual se caracteriza por un crecimiento sostenido de la producción minera, impulsado por la modernización tecnológica, las inversiones nacionales e internacionales, y las políticas gubernamentales de fomento y regularización del sector. No obstante, este crecimiento implica retos ambientales y sociales, que requieren una gestión técnica rigurosa, especialmente en el control de procesos productivos y tiempos improductivos, con el fin de garantizar una operación eficiente y sostenible.

En este contexto, la Mina El Limón, ubicada en el departamento de León y operada por Calibre Mining, constituye una de las operaciones de mayor trayectoria en el país. Desde 2019, bajo la gestión de esta empresa canadiense, se han producido más de un millón de onzas de oro, consolidándose como una operación clave para la minería industrial nicaragüense. La mina integra procesos de extracción, trituración y molienda, siendo esta última área estratégica para mejorar la eficiencia global de la producción mediante la reducción de tiempos improductivos y la optimización del mantenimiento de equipos críticos.

### **2.3.2. Marco Institucional**

El marco institucional de la investigación está conformado por tres actores principales: el ente regulador gubernamental, la empresa minera objeto de estudio, y la institución académica que respalda el trabajo de investigación.

#### **a) Ministerio de Energía y Minas (MEM)**

*Figura 4 Logo Ministerio de Energía y Minas*



El Ministerio de Energía y Minas (MEM) es la institución del Estado de Nicaragua encargada de formular, coordinar y ejecutar la política nacional en materia de exploración, explotación y aprovechamiento racional de los recursos minerales. Su actuación se rige principalmente por la Ley No. 387, Ley Especial sobre Exploración y Explotación de Minas, y su reglamento, el Decreto No. 119-2001.

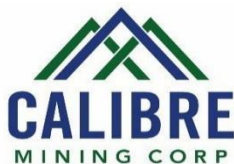
**El MEM tiene como funciones principales:**

- Otorgar, supervisar y regular las concesiones mineras en el territorio nacional.
- Promover la explotación responsable de los recursos minerales, garantizando la sostenibilidad técnica, económica y ambiental de las operaciones.
- Velar por el cumplimiento de las normativas de seguridad industrial y salud ocupacional en las operaciones mineras.
- Coordinar con el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) la evaluación y control de los impactos ambientales derivados de las actividades mineras.

Su rol es fundamental para asegurar que la actividad minera, como la desarrollada por Calibre Mining en Mina El Limón, se ejecute conforme a principios de sostenibilidad y de acuerdo con los lineamientos de la política minera nacional.

**b) Empresa Calibre Mining – Mina El Limón**

*Figura 5 Logo Empresa Calibre Mining – Mina El Limón*



*Fuente: Calibre Mining Corp.*

Calibre Mining Corp. es una empresa minera canadiense dedicada a la exploración, desarrollo y producción de oro en Nicaragua. Desde 2019, tras adquirir los activos de B2Gold, ha operado las minas El Limón y La Libertad, convirtiéndose en uno de los principales productores auríferos del país.

**Misión:** Generar valor sostenible para los accionistas, colaboradores y comunidades mediante una minería responsable, eficiente y con estándares internacionales de seguridad y medio ambiente.

**Visión:** Ser un productor líder de oro a nivel regional, reconocido por su excelencia operativa, innovación tecnológica y compromiso con la sostenibilidad.

**Valores:** Seguridad, responsabilidad social, integridad, transparencia, innovación y sostenibilidad.

La Mina El Limón, ubicada en el municipio de Larreynaga, departamento de León, es una de las operaciones más antiguas de Centroamérica. Su proceso de producción incluye trituración, molienda, lixiviación y recuperación del oro. Actualmente, enfrenta el desafío de mejorar la continuidad operativa y reducir los tiempos improductivos en la planta de molienda, lo que motivó la presente propuesta de sistema de control técnico.

### c) Universidad de Ciencias Comerciales (UCC)

*Figura 6 Logo Universidad de Ciencias Comerciales*



La Universidad de Ciencias Comerciales (UCC), fundada en 1964, es una institución privada de educación superior comprometida con la formación de profesionales

competentes y éticos. A través de su Facultad de Ingenierías, promueve la investigación aplicada y el vínculo universidad-empresa, fortaleciendo el desarrollo tecnológico e industrial del país.

**Misión:** La misión de la UCC es formar profesionales íntegros, éticos, con una visión humanística, competitivos, emprendedores y con liderazgo, que estén comprometidos con el desarrollo de Nicaragua. La universidad busca preparar a sus estudiantes para ser agentes de cambio positivo en la sociedad.

**Visión:** La visión de la UCC es ser reconocida como la universidad con los más altos estándares de calidad en la formación profesional. Busca responder a las necesidades de la sociedad y cumplir con el compromiso social de su proyecto educativo, consolidándose como una institución de referencia.

La misión, visión y valores de la Universidad de Ciencias Comerciales (UCC) de Nicaragua se centran en la formación integral de sus estudiantes, la excelencia académica y el compromiso con el desarrollo del país.

Valores

**Liderazgo:** Fomentar en los estudiantes la capacidad de guiar y tomar la iniciativa.

**Ética Profesional:** Inculcar principios morales y de conducta en el ejercicio de la profesión.

**Creatividad:** Promover la innovación y la capacidad de generar nuevas ideas y soluciones.

**Calidad:** Mantener la excelencia en todos los aspectos de la formación académica y los servicios universitarios.

### CAPÍTULO III: DISEÑO METODOLÓGICO

#### 3.1. Tipo de Proyecto

El presente proyecto se clasifica como descriptivo y propositivo de carácter técnico operativo, ya que se centra en analizar el comportamiento actual del proceso de molienda en la producción de oro y proponer un sistema de control de tiempos improductivos que permita mejorar la eficiencia, disponibilidad y continuidad de los equipos productivos en la planta de procesamiento de la empresa Calibre Mining, Mina El Limón.

##### **3.1.1. Clasificación del proyecto**

###### ***Según la procedencia del capital:***

El proyecto se desarrolla dentro de una organización financiada con capital privado internacional, perteneciente a Calibre Mining Corp., empresa canadiense con operaciones mineras en Nicaragua, enfocada en la extracción y procesamiento de oro.

###### ***Según el sector económico:***

Pertenece al sector primario extractivo, en el subsector de minería metálica aurífera, orientado al aprovechamiento racional de los recursos minerales del país conforme a las disposiciones del Ministerio de Energía y Minas (MEM).

###### ***Según el ámbito o perfil profesional:***

Se enmarca en el campo de la Ingeniería Industrial, aplicando herramientas de gestión del mantenimiento, análisis de procesos, control estadístico, mejora continua y eficiencia operacional, con énfasis en la reducción de tiempos improductivos.

###### ***Según su orientación:***

El proyecto tiene un enfoque aplicado, orientado a la resolución de un problema operativo real dentro del área de molienda, con el propósito de fortalecer la productividad y la competitividad de la planta de procesamiento de oro.

***Según el área de influencia:***

Su aplicación se concentra en el proceso de molienda de la Mina El Limón, área que forma parte de la planta de beneficio de Calibre Mining. Los resultados del sistema propuesto impactan directamente en los departamentos de Operaciones, Mantenimiento y Control de Producción.

**3.2. Métodos de Estudio y Unidad de Análisis*****Métodos de Estudio***

Para el desarrollo del proyecto se aplican dos métodos principales que permiten comprender y optimizar el desempeño del proceso analizado:

***a) Diagnóstico Situacional:***

Este método se emplea para evaluar la situación actual del proceso de molienda en la Mina El Limón, identificando las condiciones operativas, los tipos de fallas recurrentes y los factores que generan tiempos improductivos.

El diagnóstico considera la recopilación de información técnica proveniente de registros de paros, bitácoras de mantenimiento, observaciones en campo y entrevistas con el personal operativo.

El análisis situacional permite determinar las causas raíz que afectan la continuidad del proceso, estableciendo una línea base para definir las acciones de mejora.

***b) Estudios de Ingeniería:***

A partir de los resultados del diagnóstico, se desarrollan estudios técnicos orientados a la optimización del proceso de molienda mediante la aplicación de herramientas de ingeniería industrial y mantenimiento.

Estos estudios comprenden el análisis de fallas mecánicas, eléctricas y operativas, el uso del diagrama de Pareto para priorizar causas críticas, y la formulación de estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo que contribuyan a reducir los tiempos de inactividad.

El enfoque de ingeniería integra criterios de confiabilidad, disponibilidad de equipos, productividad y seguridad operacional, con el propósito de diseñar un sistema de control eficiente y sostenible.

## ***Unidad de Análisis***

La unidad de análisis corresponde al área de molienda de la planta de procesamiento de mineral aurífero en la empresa Calibre Mining Mina El Limón, ubicada en el municipio de Larreynaga, departamento de León.

**El proceso se estructura jerárquicamente de la siguiente manera:**

- **Nivel organizacional superior:** Departamento de Operaciones.
- **Subnivel técnico:** Área de Planta de Procesamiento.
- **Sección específica:** Circuito de Molienda, conformado por el Molino SAG, sistema de bombeo, hidrociclones, alimentadores, tableros eléctricos y sistemas de control automatizado.

El flujo del proceso productivo parte desde la recepción del mineral triturado proveniente del área de trituración, pasando por la molienda y clasificación del material, hasta obtener una pulpa con la granulometría requerida para su posterior tratamiento metalúrgico.

Dentro de esta secuencia, el circuito de molienda es considerado una etapa crítica del sistema productivo, ya que cualquier paro o desviación afecta directamente la capacidad de procesamiento de la planta y, por consiguiente, la producción diaria de oro.

El análisis se concentra en la identificación y control de los tiempos improductivos mayores a 10 minutos, originados por fallas mecánicas, eléctricas o de operación, que reducen la disponibilidad de los equipos y la eficiencia global del sistema (OEE).

### 3.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Para el desarrollo del proyecto se aplican técnicas cuantitativas y cualitativas que permiten obtener información precisa y confiable del proceso productivo.

#### ***Técnicas utilizadas:***

##### ***Observación directa:***

Se aplica en el área de molienda para registrar las condiciones reales de operación, tiempos de paro, causas observadas y tiempos de respuesta del personal técnico.

##### ***Entrevistas semi-estructuradas:***

Dirigidas a supervisores, operadores y técnicos de mantenimiento con el fin de conocer su experiencia, percepciones y recomendaciones sobre las causas de las interrupciones operativas.

##### ***Revisión documental:***

Consiste en el análisis de reportes de mantenimiento, hojas de control de producción, registros de fallas y bases de datos de paros, los cuales proporcionan información cuantificable sobre horas improductivas y frecuencia de eventos.

#### ***Instrumentos aplicados:***

##### ***Ficha de observación técnica:***

Formato diseñado para registrar la fecha, duración, tipo de falla, equipo afectado y acción correctiva ejecutada.

##### ***Guion de entrevista:***

Documento guía con preguntas orientadas a la identificación de fallas críticas y evaluación de los procedimientos operativos.

##### ***Formato de registro de paros (Excel):***

Hoja electrónica que permite clasificar y analizar los datos para la aplicación de herramientas estadísticas como Pareto e Ishikawa.

### 3.4. Confiabilidad y Validez de los Instrumentos

La confiabilidad y validez de los instrumentos utilizados se asegura mediante procedimientos técnicos de control de calidad de la información:

#### ***Validez de contenido:***

Los instrumentos fueron revisados por profesionales del área de Ingeniería Industrial y supervisores de planta para garantizar su coherencia con las condiciones reales del proceso de molienda.

#### ***Validez técnica:***

Se estableció la correspondencia entre los indicadores medidos (tiempos improductivos, frecuencia de fallas, tipo de evento) y las variables del sistema productivo, asegurando la pertinencia de los datos recopilados.

#### ***Confiabilidad:***

Se verificó la consistencia de los registros mediante observaciones repetidas en distintos turnos operativos y la comparación con reportes históricos de mantenimiento.

#### ***Triangulación de fuentes:***

Los datos obtenidos por observación, entrevistas y registros documentales fueron contrastados para garantizar su exactitud y objetividad, minimizando el sesgo y fortaleciendo la credibilidad de los resultados.

## CAPÍTULO IV: DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

### 4.1 Diagnóstico

El diagnóstico constituye la base técnica del presente proyecto y permite determinar el estado actual de operación del circuito de molienda de la empresa Calibre Mining Mina El Limón, durante el periodo comprendido entre julio y noviembre del año 2025. Este análisis se orienta a evaluar la eficiencia operativa, la continuidad del proceso y los principales factores que generan tiempos improductivos, con el propósito de establecer un punto de partida sólido para la formulación de un sistema de control técnico y de gestión.

La etapa diagnóstica se desarrolla bajo un enfoque integral, que combina observación directa en campo, análisis de registros históricos de producción y mantenimiento, así como entrevistas técnicas con personal de las áreas de Operaciones, Mantenimiento Mecánico, Mantenimiento Eléctrico y Control de Procesos. Esta triangulación de fuentes de información garantiza una comprensión global de las condiciones reales del sistema productivo.

El proceso de molienda es considerado una etapa crítica dentro del circuito de beneficio del mineral aurífero, ya que su rendimiento determina directamente la tasa de alimentación hacia la planta de lixiviación y, por tanto, la producción final de oro. Cualquier interrupción o paro prolongado en esta etapa genera un efecto multiplicador negativo en toda la cadena productiva, impactando la eficiencia global (OEE), los costos de mantenimiento y el cumplimiento del plan de producción mensual.

Durante el periodo analizado se recopilaron y depuraron los registros de tiempos improductivos iguales o superiores a diez minutos, clasificándolos en tres grandes grupos:

**Fallas mecánicas**, relacionadas con equipos rotativos, transmisión de potencia, bombas de pulpa, sistemas de lubricación y elementos estructurales del molino.

**Fallas eléctricas**, vinculadas a tableros de control, motores, sensores, protecciones térmicas y variadores de frecuencia.

**Fallas operativas**, asociadas a procedimientos de arranque, errores de operación, ajustes de carga, comunicación o planificación.

El análisis permitió identificar que las fallas mecánicas y operativas representan el mayor porcentaje del tiempo total improductivo, principalmente por problemas recurrentes en los sistemas de sujeción del Trunion Liner, fugas en bombas de descarga y desviaciones en los parámetros de alimentación del molino (nivel de llenado, granulometría del mineral y caudal de agua).

Adicionalmente, se evidenció que los tiempos de respuesta ante fallas no planificadas son variables, debido a la ausencia de protocolos estandarizados para notificación, diagnóstico y ejecución de mantenimiento correctivo. Esta situación genera duplicidad de esfuerzos, pérdida de información y paros extendidos, afectando la continuidad operacional.

El diagnóstico situacional permitió también analizar la capacidad instalada y la capacidad efectiva del sistema de molienda, observándose diferencias atribuibles a tiempos muertos por espera de repuestos, falta de comunicación entre turnos y limitaciones en el control en tiempo real de las variables críticas del proceso.

#### **4.1.1 Macro y Micro localización**

Esta ubicación estratégica en un área con una historia minera significativa ha hecho de la mina un centro para la explotación de oro desde 1941. La Mina El Limón se ubica en la región noroeste de Nicaragua, en el departamento de León.

**Detalles de la Macro Localización**

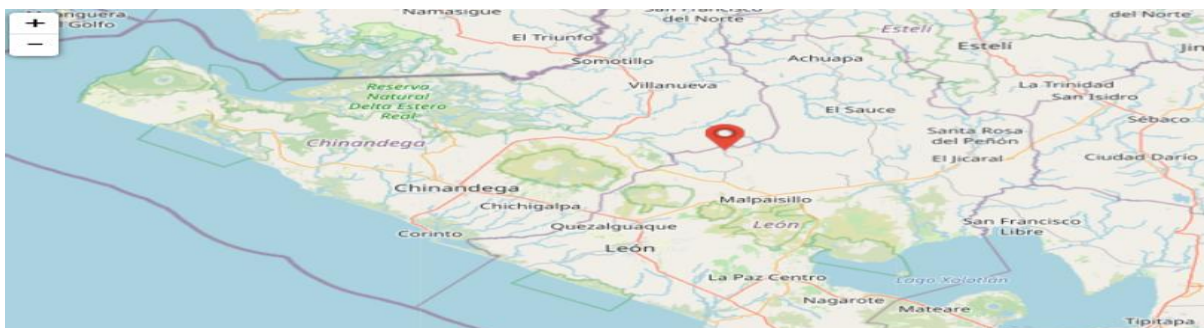
La Mina El Limón se sitúa en la región noroeste de Nicaragua, dentro del departamento de León, una zona reconocida por su actividad minera histórica. Esta mina se encuentra aproximadamente a 140 kilómetros al noroeste de la capital, Managua, lo que le confiere una conectividad estratégica con los principales centros urbanos y logísticos del país.

Tabla 2 Macro Localización

Elemento	Detalle
País	Nicaragua
Departamento	León
Municipio	Larreynaga-Malpaisillo (comunidad de Mina El Limón)
Distancia a la capital	Aproximadamente 140 km al noroeste de Managua
Coordenadas geográficas	Latitud: 12.7514° N / Longitud: - 86.7381° O
Altitud sobre el nivel del mar	308 metros
Límites municipales	Norte: Villa Nueva / Sur: Malpaisillo / Este: El Sauce / Oeste: Telica

Fuente: Google Map

Figura 7 Macro Localización

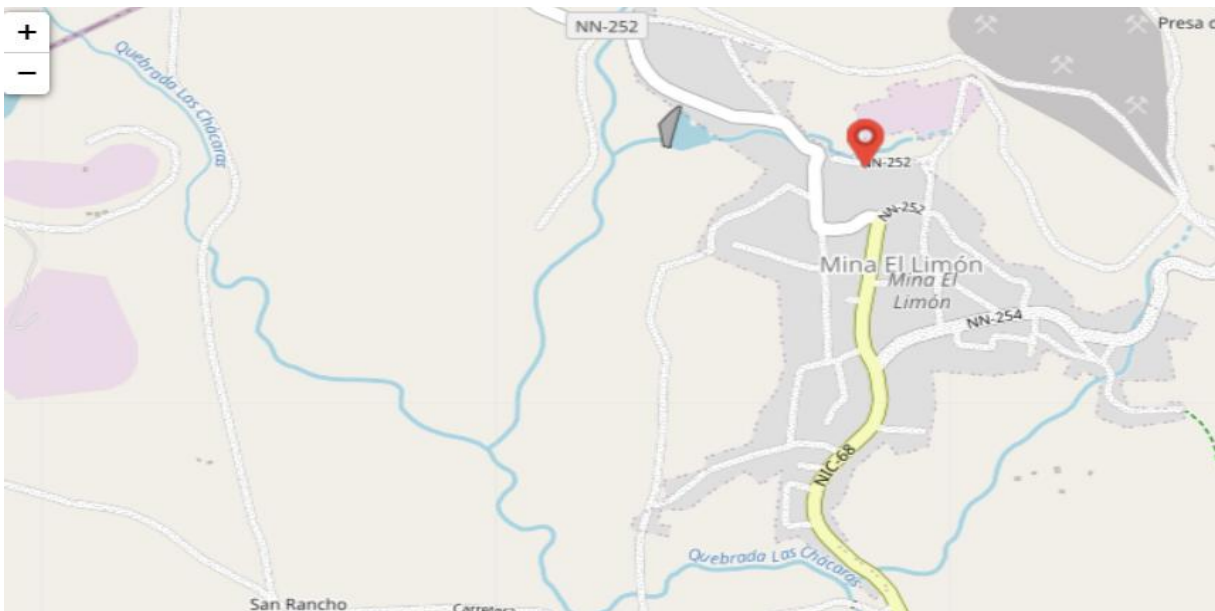


Fuente: Google Map

#### 4.1.2 Detalles de la Micro Localización

La Mina El Limón se ubica en la comunidad homónima dentro del municipio de Larreynaga Malpaisillo, departamento de León, Nicaragua. Su localización precisa corresponde a las coordenadas 12°45'20" N / 86°44'16" O, con una altitud aproximada de 308 metros sobre el nivel del mar

Figura 8 Micro Localización



Fuente: Google Map

#### 4.1.2-Aspectos socioeconómicos / Aspecto económico: actividad de la empresa

##### Actividades económicas.

##### Aspecto Económico: Actividad de la Empresa

La empresa Calibre Mining Corp., operadora de la Mina El Limón, desarrolla actividades económicas vinculadas a la extracción, procesamiento y comercialización de oro, posicionándose como uno de los principales actores del sector minero en Nicaragua. Su operación se enmarca dentro del subsector de minería metálica, específicamente en la categoría de producción aurífera a escala industrial.

### **Principales actividades económicas**

***Exploración geológica y geotécnica:*** Evaluación de reservas minerales mediante estudios de campo, perforaciones y análisis geoquímicos.

***Extracción de mineral aurífero:*** Mediante métodos de minería subterránea y cielo abierto, dependiendo de la zona del yacimiento.

***Procesamiento metalúrgico:*** Incluye trituración, molienda, lixiviación y recuperación de oro mediante procesos químicos y físicos.

***Gestión ambiental y manejo de residuos:*** Implementación de sistemas para el tratamiento de colas, control de emisiones y cumplimiento de normativas ambientales nacionales e internacionales.

***Comercialización del producto final:*** Venta de oro refinado en mercados internacionales, contribuyendo a la balanza comercial del país.

***Generación de empleo directo e indirecto:*** La empresa emplea personal técnico, operativo y administrativo, además de dinamizar la economía local mediante contrataciones de servicios y proveedores.

### ***Impacto económico regional***

La operación de Calibre Mining en la Mina El Limón representa un motor económico para el municipio de Larreynaga y el departamento de León, generando ingresos fiscales, inversión en infraestructura comunitaria y programas de responsabilidad social empresarial. La actividad minera ha contribuido al desarrollo de caminos, electrificación rural, educación técnica y fortalecimiento de capacidades locales.

Además, la empresa mantiene relaciones con cooperativas mineras artesanales, promoviendo la formalización de la actividad extractiva y la mejora de prácticas productivas, lo que amplía su impacto económico y social en la región.

#### **4.1.3 -Identificación de riesgos y afectaciones que disminuye el proyecto**

##### **Riesgo Ambiental**

**Deterioro de fuentes de agua:** La zona ya presenta deterioro progresivo de fuentes de agua superficiales con reducción de caudal en época seca y alta concentración de sólidos, afectando quebradas y ríos con sedimentación y reducción del flujo de agua.

**Alteraciones en el drenaje natural:** Por construcción de vías de acceso y proceso de escorrentías se incrementan los procesos erosivos afectando ecosistemas acuáticos.

**Contaminación por metales pesados:** Contaminación con aluminio y otros metales por actividades mineras, con repercusiones en la salud humana.

**Destrucción de bosques y suelo:** La minería a cielo abierto, como la que practica Calibre Mining en Mina El Limón, genera cambios severos en la corteza terrestre, destruyendo superficie, bosques y sistemas agroforestales.

**Impactos en biodiversidad cercana:** La concesión minera está cerca de áreas protegidas, por lo que existe el riesgo de impacto en ecosistemas frágiles y posibles contaminaciones hacia humedales cercanos.

**Generación de residuos y desechos:** La minería a cielo abierto produce grandes volúmenes de desechos que pueden afectar la superficie y calidad del suelo y agua.

##### **Afectaciones que el Proyecto Busca Reducir**

La propuesta de un sistema de control y reducción de tiempos improductivos en la producción busca optimizar procesos para minimizar impactos ambientales derivados de operaciones prolongadas o ineficientes que podrían agravar la contaminación y deterioro ambiental.

Al mejorar la eficiencia y control, se busca reducir el tiempo de exposición y manipulación de materiales contaminantes, disminuyendo así riesgos para las fuentes de agua, la biodiversidad y la calidad del suelo.

El sistema puede contribuir a mitigar pérdidas y fallos en la operación minera que suelen conllevar mayor impacto ambiental por interrupciones, derrames o inadecuada gestión de materiales.

### ***Riesgo Económico***

Los principales riesgos económicos en la minería de oro a cielo abierto, como la de la empresa Calibre Mining en Mina El Limón, son:

***Altos costos operativos:*** Los costos en mano de obra, energía, explosivos, y manejo de residuos son muy elevados, y representan un riesgo económico si no se controlan adecuadamente.

***Variabilidad en el precio del oro:*** La rentabilidad depende fuertemente del precio internacional del oro, que es volátil y puede afectar la viabilidad económica del proyecto.

***Riesgos por tiempos improductivos:*** Retrasos o fallos en la producción aumentan costos y disminuyen utilidades. Tiempos improductivos prolongados representan una pérdida económica significativa.

***Impactos regulatorios y de sanciones:*** Cambios en normativas ambientales, restricciones o sanciones pueden incrementar gastos, detener operaciones o reducir la producción.

***Conflictos sociales y comunitarios:*** Pueden detener operaciones o generar demandas que implican pérdidas económicas.

**Dependencia de insumos y servicios externos:** Incrementos en precios o falta de disponibilidad pueden afectar los costos y la continuidad de las operaciones.

La propuesta de un sistema de control y reducción de tiempos improductivos busca precisamente reducir estos riesgos económicos al optimizar la operación, disminuir las pérdidas por inactividad y mejorar la eficiencia productiva, con lo que se mejora la rentabilidad y disminuye la exposición a riesgos financieros.

### **Riesgo Social**

Los principales riesgos sociales asociados a la minería de oro de Calibre Mining en Mina El Limón durante el período julio-octubre de 2025 son:

**Conflictos con comunidades locales:** Las comunidades cercanas pueden sentirse afectadas por la minería en sus territorios tradicionales, especialmente cuando hay falta de consultas adecuadas o imposibilidad de protestar debido a la criminalización de manifestaciones sociales. Esto puede generar tensiones y descontento social.

**Desplazamiento y pérdida de actividades tradicionales:** La minería a cielo abierto desplaza actividades agrícolas y económicas tradicionales como el cultivo de café y cacao, afectando la economía local y el sustento de las familias.

**Percepción de poca generación de empleo:** Aunque la minería promete empleo, el uso de maquinaria reduce la cantidad de puestos de trabajo directos, lo que genera desconfianza en las comunidades respecto a los beneficios reales.

**Responsabilidad social corporativa:** Calibre Mining realiza acciones como subsidios a servicios básicos, construcción de escuelas y centros de salud, y campañas sanitarias para mitigar impactos sociales y apoyar a las comunidades.

**Protección y cuidado ambiental:** La empresa ha desarrollado planes para proteger fuentes de agua y capacitar a productores locales, buscando mejorar las relaciones con las comunidades.

Los riesgos sociales más relevantes son los conflictos por uso de territorio, limitación de derechos sociales y económicos para las comunidades, desplazamiento de actividades tradicionales y la tensión generada por el bajo impacto en empleo directo; sin embargo, Calibre Mining realiza acciones para mitigar estos efectos y mantener relaciones con la comunidad.

### **Riesgo Laboral**

Los riesgos laborales más importantes en la minería de oro a cielo abierto, como la que realiza Calibre Mining en Mina El Limón, incluyen:

**Accidentes por manejo de maquinaria pesada:** El uso de equipos grandes y pesados conlleva riesgos de golpes, atrapamientos, vuelcos y colisiones, siendo una de las principales causas de accidente.

**Riesgos por uso de explosivos:** El almacenamiento, manejo y uso de explosivos requiere precauciones estrictas para evitar detonaciones accidentales y accidentes graves.

**Exposición a contaminantes químicos y físicos:** Polvo minero, gases contaminantes, combustible, disolventes y ruido intenso son factores de riesgo para la salud, pudiendo causar enfermedades respiratorias, audición y otras afecciones.

**Condiciones climáticas adversas:** Trabajar en exteriores implica exposición a calor extremo, frío, lluvias e insolación, que afectan la salud y seguridad de los trabajadores.

**Riesgos ergonómicos y carga física:** Las tareas de minería implican esfuerzos musculares importantes, manejo manual de cargas y posturas prolongadas que pueden derivar en problemas musculoesqueléticos.

**Ubicación remota y dificultades de evacuación:** Las minas suelen estar alejadas, dificultando emergencias médicas y rescates rápidos.

**Factores psicosociales:** Estrés laboral, presión por productividad y condiciones de trabajo demandantes afectan el bienestar mental de los trabajadores.

La implementación de sistemas de control y capacitación en medidas de seguridad, primeros auxilios y manejo de riesgos es vital para mitigar estos riesgos laborales y promover un entorno seguro y saludable en la minería a cielo abierto.

#### 4.2 Análisis FODA

Desempeño del proceso de molienda en la empresa Calibre Mining, Mina El Limón. Esta herramienta estratégica facilita la identificación de áreas críticas y potenciales de mejora, orientando la toma de decisiones hacia la optimización de la eficiencia operativa.

Tabla 3 Análisis FODA

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Experiencia operativa consolidada en procesos de molienda aurífera desde la década de 1940.</li> <li>• Infraestructura técnica con equipos de alta capacidad como el molino SAG y el molino de bolas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Alta recurrencia de fallas mecánicas en componentes críticos como pernos del Trunion Liner y sistemas de transmisión.</li> <li>• Deficiencias en la estandarización de procedimientos operativos y tiempos de respuesta ante fallas.</li> </ul>

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Personal técnico con conocimientos en mantenimiento industrial y operación minera.</li> <li>• Acceso a datos históricos de producción y paros, útiles para análisis estadísticos y toma de decisiones.</li> <li>• Compromiso institucional con la mejora continua y apertura a proyectos de investigación aplicada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Limitada implementación de tecnologías de monitoreo predictivo (vibración, temperatura) en equipos clave.</li> <li>• Ausencia de un sistema centralizado para el registro y análisis de tiempos improductivos en tiempo real.</li> <li>• Dependencia de mantenimiento correctivo, lo que incrementa los paros no planificados y reduce la disponibilidad operativa</li> </ul>
Oportunidades	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avances tecnológicos en sistemas de mantenimiento proactivo y automatización industrial aplicables al sector minero.</li> <li>• Disponibilidad de metodologías de análisis estadístico (Pareto, Ishikawa, OEE) para optimizar procesos.</li> <li>• Interés académico y empresarial en proyectos de mejora operativa con impacto económico directo. Potencial de replicabilidad del sistema propuesto en otras plantas mineras del país.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fluctuaciones en el suministro eléctrico que afectan la estabilidad de los equipos y sistemas de control.</li> <li>• Condiciones ambientales adversas que aceleran el desgaste de componentes mecánicos.</li> <li>• Presión del mercado internacional sobre los costos de producción y márgenes de rentabilidad.</li> <li>• Cambios regulatorios o ambientales que podrían exigir nuevas inversiones en tecnología o procesos.</li> </ul>

Fuente: Propia

## CAPÍTULO V: ESTUDIOS DE INGENIERIA

### 5.1. Estudio de mejora en operaciones.

El presente estudio se orienta al análisis técnico-operacional de los paros no programados ocurridos en la sección de molienda de la planta procesadora, con el propósito de identificar, clasificar y cuantificar las causas que inciden negativamente en la continuidad operativa del proceso. La metodología aplicada comprende la recopilación de datos históricos de detenciones, la clasificación de fallas según su origen mecánico, eléctrico y operativo, y el tratamiento estadístico de la información mediante herramientas de ingeniería de calidad tales como el diagrama causan-efecto, análisis de Pareto.

Los resultados obtenidos permiten determinar los factores críticos que limitan la disponibilidad y eficiencia global del sistema de molienda, así como formular propuestas técnicas para la optimización de la gestión del mantenimiento y la mejora de las operaciones productivas.

#### 5.1.1. Clasificación de fallas

El análisis de los registros de paros durante el año 2024 permitió identificar tres grupos principales de causas que afectan la continuidad operacional del sistema:

**Fallas mecánicas:** asociadas a desgastes, roturas o desalineamientos de componentes del molino, bombas, transmisiones, y sistemas de transporte de mineral.

**Fallas eléctricas:** vinculadas a variaciones de tensión, fallas en motores, sensores o tableros de control.

**Fallas operativas:** causadas por errores humanos, deficiencias en la supervisión, o desviaciones en los parámetros de operación.

## 5.2. Análisis de fallas mecánicas

### Descripción general

El presente estudio se enfoca en el análisis de las fallas mecánicas ocurridas en el circuito de molienda de la planta de procesamiento, con el objetivo de identificar las principales causas que generan pérdidas de disponibilidad operativa y proponer acciones técnicas de mejora.

El análisis se basa en los registros históricos de paros consolidados del año 2024, contenidos en la hoja “Falla Mecánica” del archivo Paretos paros consolidados molienda 2024 Analisis.xlsx.

El método aplicado corresponde a un análisis de Pareto, el cual permite priorizar los modos de falla que concentran la mayor proporción del tiempo total de paro, bajo el principio del 80/20.

### Resultados del análisis Pareto

El total de tiempo improductivo asociado a fallas mecánicas durante el período analizado fue de 130,07 horas, los resultados consolidados se presentan en la Tabla 4, donde se listan las cinco principales causas de falla que generan mayor impacto en la disponibilidad de los equipos.

Tabla 4 Análisis Pareto

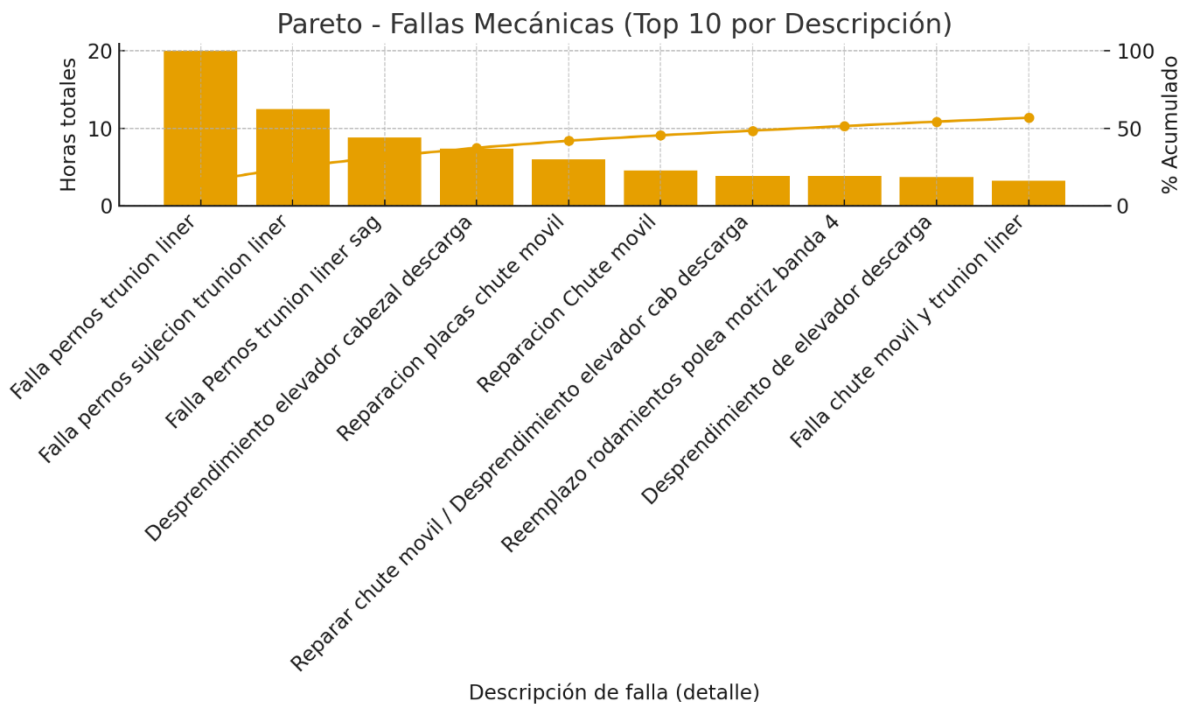
N°	Descripción de falla	Horas de paro	% individual	% acumulado
1	Falla pernos trunion liner	19.98	15.36	15.36
2	Falla pernos sujeción trunion liner	12.47	9.58	24.94
3	Falla pernos trunion liner SAG	8.80	6.77	31.71
4	Desprendimiento elevador cabezal descarga	7.42	5.70	37.41
5	Reparación placas chute móvil	5.95	4.57	41.98

**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

El diagrama de Pareto correspondiente, en el cual se observa que las tres primeras causas, todas relacionadas con fallas en los pernos del trunion liner, concentran aproximadamente el 31,7 % del tiempo total de paro mecánico, lo que evidencia una causa raíz común de carácter estructural y de sujeción de componentes del molino.

### 5.2.1. Diagrama de Pareto fallas mecánicas

Figura 9 Diagrama de Pareto fallas mecánicas



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

### Análisis técnico

El análisis muestra una concentración significativa de fallas en el sistema de fijación y sujeción del trunion liner, componente crítico del molino SAG. Estas fallas están asociadas a:

- Aflojamiento progresivo o rotura de pernos por fatiga mecánica.
- Insuficiente torque de apriete o uso de materiales de baja resistencia.
- Falta de inspección predictiva (ultrasonido o torque controlado).

Adicionalmente, se detectan fallas recurrentes en los chutes móviles y elevadores de descarga, las cuales provocan desprendimientos o roturas que incrementan los tiempos de reparación no programados.

De acuerdo con la curva acumulada del Pareto, un 42 % del total de horas de parada se concentra en tan solo cinco modos de falla, lo que permite priorizar intervenciones en estos puntos para obtener la máxima reducción de tiempo improductivo con un esfuerzo de mantenimiento relativamente bajo.

#### 5.2.2. Indicadores de desempeño recomendados mecánicas

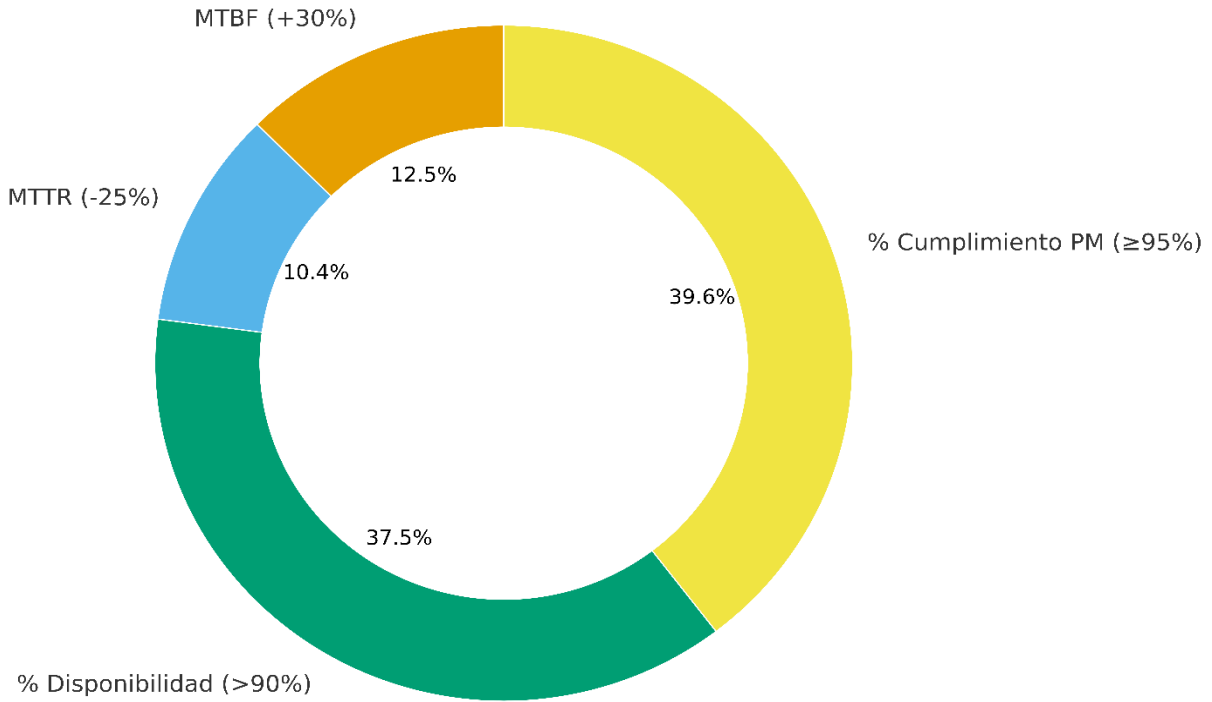
Tabla 5 Indicadores de desempeño recomendados mecánicas

Indicador	Descripción	Meta inicial
MTBF	Tiempo medio entre fallas de componentes críticos	+30% en 6 meses
MTTR	Tiempo medio de reparación	-25% en 6 meses
% Disponibilidad mecánica	Tiempo operativo / tiempo total	>90%
% Cumplimiento mantenimiento preventivo	Actividades PM ejecutadas vs planificadas	≥95%

**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

Figura 10 Indicadores de desempeño recomendados

### Indicadores de Desempeño Recomendados



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

El análisis de fallas mecánicas mediante la herramienta de Pareto permite concluir que el sistema de pernos y sujeción del trunion liner constituye el principal punto crítico en la operación de molienda.

La implementación de un programa de mantenimiento basado en condición, acompañado de control de torque y rediseño de componentes de sujeción, representa

la oportunidad de mayor impacto para reducir los paros mecánicos y optimizar la disponibilidad del equipo.

Con la ejecución de las acciones propuestas se estima una reducción superior al 30% de las horas de paro mecánico dentro de los primeros seis meses de implementación del plan de mejora.

### **5.3. Análisis de fallas eléctricas**

#### **Descripción general**

Análisis de las fallas eléctricas registradas en el sistema de molienda, con el propósito de determinar las causas más recurrentes de interrupciones en la operación y su impacto en la disponibilidad de los equipos.

El estudio se fundamenta en los registros históricos del archivo Paretos paros consolidados molienda 2024 Analisis.xlsx, hoja "Falla Eléctrica", en la cual se documentan los eventos eléctricos que ocasionaron tiempos de parada durante el período evaluado.

El tratamiento de los datos se realizó mediante la metodología de análisis de Pareto, la cual permite identificar y priorizar los modos de falla que concentran la mayor proporción de horas de indisponibilidad eléctrica.

#### **Resultados del análisis**

El tiempo total de parada asociado a fallas eléctricas fue de 37,57 horas.

En la Tabla 4 se detallan las cinco causas principales que representan más del 70% del total de horas perdidas por fallas eléctricas.

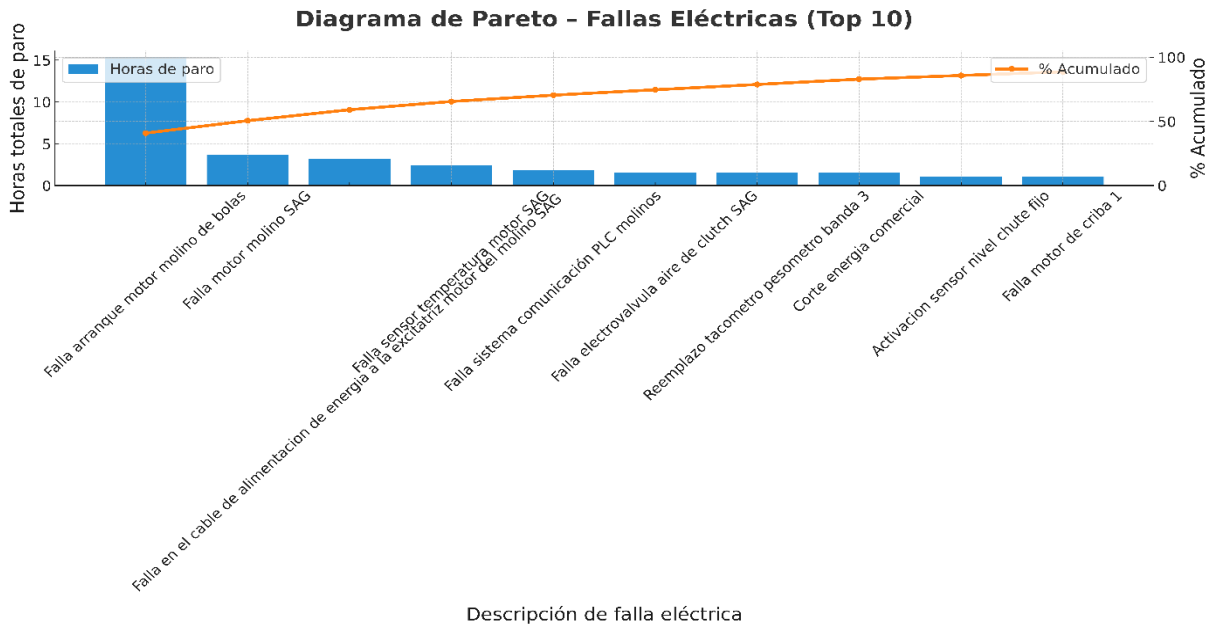
Tabla 6 Principales fallas eléctricas – resultados del análisis Pareto

N°	Descripción de falla	Horas de paro	% individual	% acumulado
1	Falla arranque motor molino de bolas	15.35	40.86	40.86
2	Falla motor molino SAG	3.63	9.67	50.53
3	Falla en el cable de alimentación de energía a la excitatriz motor del molino SAG	3.22	8.56	59.09
4	Falla sensor temperatura motor SAG	2.42	6.43	65.52
5	Falla sistema comunicación PLC molinos	1.85	4.92	70.44

**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

### 5.3.1. Diagrama de Pareto fallas eléctricas

Figura 11 Diagrama de Pareto fallas eléctricas



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

### Interpretación

El análisis de Pareto evidencia que las fallas en el sistema de arranque y control de motores representan el principal factor de indisponibilidad eléctrica en la planta.

En particular, la falla en el arranque del motor del molino de bolas concentra por sí sola más del 40% del tiempo total de paro eléctrico, lo que indica una alta criticidad del sistema de potencia y sus elementos asociados (contactores, arrancadores, protecciones térmicas y cableado de alimentación).

Asimismo, se destacan eventos recurrentes relacionados con:

Fallas en el motor del molino SAG (9,67%), posiblemente originadas por sobrecargas o fluctuaciones de tensión.

- Problemas en la excitatriz del motor SAG (8,56%), lo que sugiere deterioro del cableado o conexiones inadecuadas.
- Falla del sensor de temperatura del motor SAG (6,43%), reflejando deficiencias en el sistema de monitoreo y protección térmica.
- Interrupciones en la comunicación PLC-molinos (4,92%), que afectan la sincronización de control y los sistemas de automatización.

### 5.3.2. Indicadores eléctricos recomendados

Tabla 7 Indicadores eléctricos recomendados

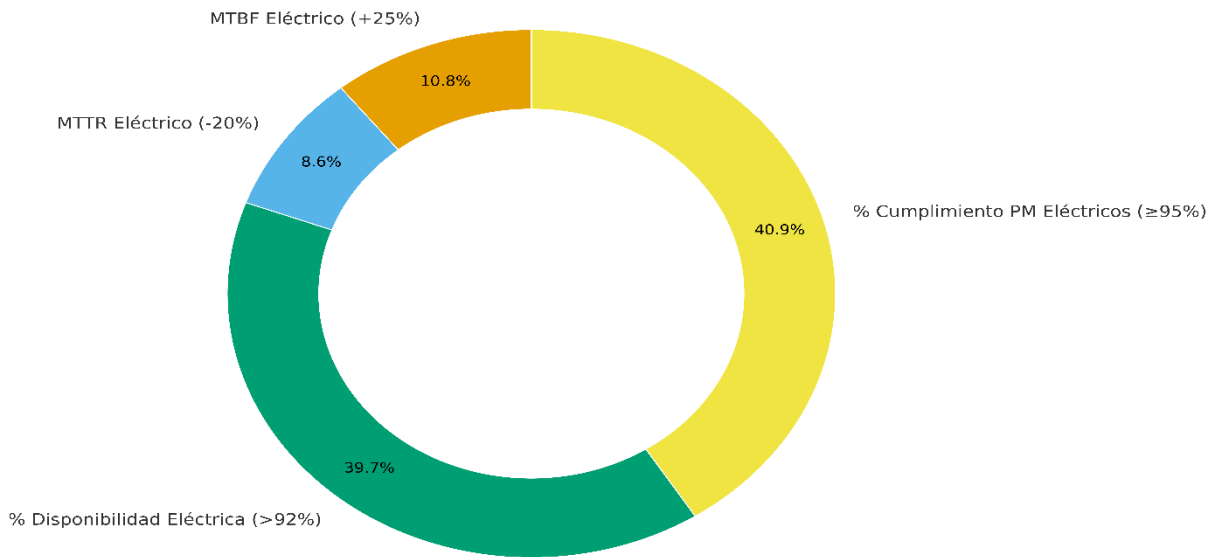
Indicador	Descripción	Meta inicial
MTBF eléctrico	Tiempo medio entre fallas eléctricas	+25% en 6 meses
MTTR eléctrico	Tiempo medio de reparación de fallas eléctricas	-20% en 6 meses
% Disponibilidad eléctrica	Tiempo operativo / tiempo total del sistema	>92%

Indicador	Descripción	Meta inicial
% Cumplimiento de mantenimientos preventivos eléctricos	Ejecución de PM eléctricos vs plan	≥95%

**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

Figura 12 Indicadores eléctricos recomendados

**Indicadores Eléctricos Recomendados**



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

El análisis de fallas eléctricas demuestra que los principales eventos que afectan la disponibilidad del sistema de molienda se concentran en los motores de los molinos y sus sistemas de arranque y excitación.

Las acciones propuestas, enfocadas en mantenimiento predictivo, mejora de cableado, control térmico y modernización de los sistemas de control, permitirán

reducir más del 30% de las horas de paro eléctrico y aumentar la confiabilidad del proceso de molienda.

Con ello se contribuye directamente a la mejora del índice de disponibilidad global (OEE) de la planta y a la continuidad operacional del proceso minero.

#### 5.4. Análisis de Fallas Operativas en el Proceso de Molienda

El análisis de fallas operativas constituye una etapa crítica en la identificación de los factores que afectan la eficiencia del proceso de molienda en la producción de oro. Durante el período julio-octubre de 2025, se registraron múltiples eventos de paro operativo en la planta de Calibre Mining, Mina El Limón, los cuales fueron clasificados y cuantificados para su evaluación mediante la herramienta de Pareto.

##### 5.4.1. Clasificación y frecuencia de fallas operativas

Del total de eventos operativos registrados, se identificaron 61 paros operativos con una duración superior a 10 minutos, lo que representa un volumen significativo de tiempo improductivo. Las fallas fueron agrupadas por tipo de evento, permitiendo establecer las siguientes categorías principales:

Tabla 8 Tipo de Falla Operativa

Tipo de Falla Operativa	Frecuencia	Tiempo Total (h)
Obstrucción de Chute Móvil	33	32.83
Sobrecarga de Molino SAG	17	17.00
Atasque de bolas en codo alimentación molino bolas	7	12.77
Obstrucción codo alimentación molino bolas	3	5.28
Obstrucción overflow de ciclones	1	0.77

**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

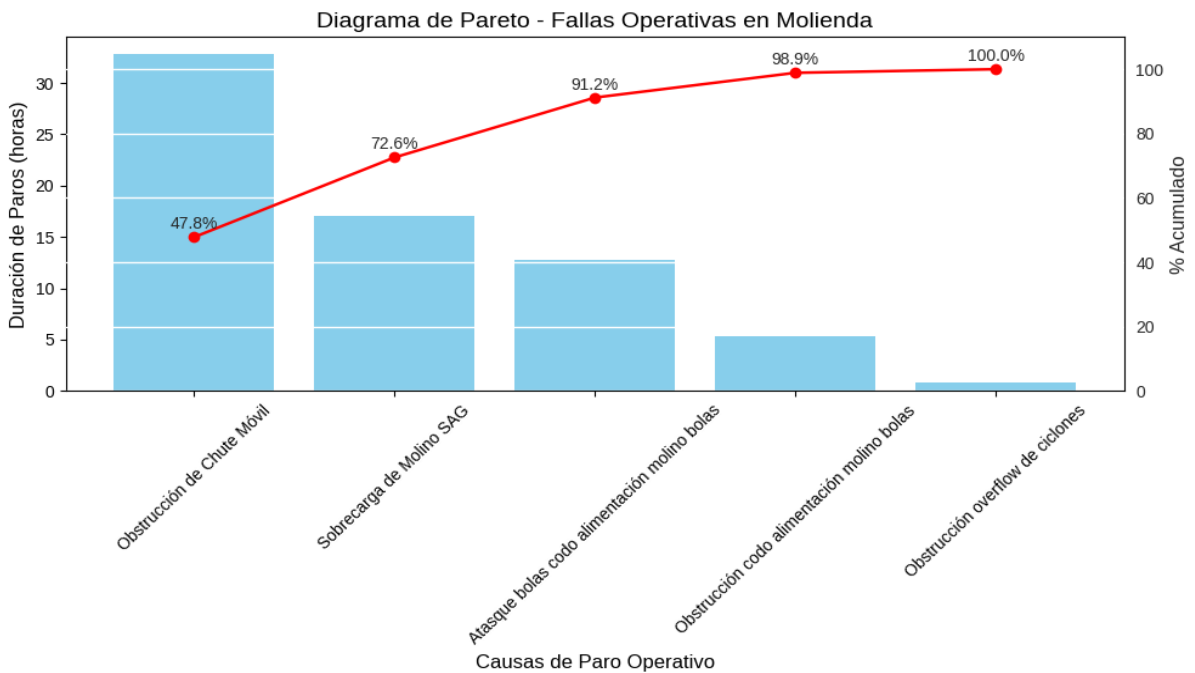
Total, de tiempo improductivo por fallas operativas: 68.65 horas

Aplicación del Principio de Pareto Fallas Operativas

El principio de Pareto establece que el 80% de los efectos provienen del 20% de las causas.

**5.4.2. Principio de Pareto Fallas Operativas**

Figura 13 Principio de Pareto Fallas Operativas



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

Aplicando esta lógica a los datos operativos, se observa que tres tipos de fallas concentran más del 90% del tiempo improductivo:

- Obstrucción de Chute Móvil: 32.83 horas (47.8%)

- Sobrecarga de Molino SAG: 17.00 horas (24.8%)
- Ataque de bolas en codo alimentación molino bolas: 12.77 horas (18.6%)

Estas tres categorías representan el núcleo del problema operativo. La curva acumulada del gráfico confirma el principio 80/20, donde un pequeño número de causas genera la mayoría del impacto negativo en la producción. Este resultado justifica priorizar acciones correctivas en estas áreas para lograr una mejora significativa en la eficiencia operativa.

Estas tres causas suman el 91.2% del tiempo total de paro operativo, lo que las convierte en los principales focos de intervención para mejorar la eficiencia del proceso.

### **Análisis técnico de las principales causas**

**Obstrucción de Chute Móvil** Las obstrucciones en el chute móvil se deben principalmente a acumulación de material, presencia de cuerpos extraños (madera, bolas de molienda), y deficiencias en el diseño del flujo de alimentación. Estas fallas generan interrupciones recurrentes en la transferencia de mineral hacia el molino SAG, afectando la continuidad del proceso.

**Sobrecarga de Molino SAG** Las sobrecargas se producen por una alimentación excesiva o desequilibrada, falta de monitoreo en tiempo real de la carga interna, y ausencia de procedimientos estandarizados para la regulación de flujo. Este tipo de falla no solo detiene la molienda, sino que también incrementa el desgaste de componentes críticos.

**Ataque de bolas en codo de alimentación** Este evento ocurre por acumulación de bolas de acero en el codo de alimentación del molino de bolas, lo cual puede deberse a fallas en el sistema de clasificación, diseño inadecuado del codo o falta de limpieza preventiva. El ataque impide el paso del mineral y genera paros prolongados.

### 5.4.3. Gráfico de Control – Duración de Fallas Operativas

Figura 14 Gráfico de Control – Duración de Fallas Operativas



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

El gráfico de control muestra la variabilidad en la duración de los 61 eventos operativos registrados. Se establecieron los siguientes parámetros estadísticos:

- Media (Línea Central): aproximadamente 1.13 horas
- Límite Superior de Control (UCL): 3.62 horas
- Límite Inferior de Control (LCL): -1.36 horas (no aplicable físicamente, se interpreta como 0 h)

Se identificaron varios puntos fuera de control, principalmente eventos con duración superior a 3.6 horas, lo que indica la presencia de causas especiales que deben ser investigadas. Estos eventos corresponden a obstrucciones severas del chute móvil y

sobrecargas prolongadas del molino SAG, que requieren revisión técnica y rediseño de procedimientos operativos.

### 5.5. Síntesis del análisis estadístico

Tabla 9 Síntesis del análisis estadístico

Tipo de falla	Horas acumuladas	% participación	Correlación (r)	Estado de control	Tipo de distribución	Impacto operativo
Mecánica	130.07 h	49.55 %	0.88	Fuera de control	Exponencial	Alto
Operativa	94.85 h	36.14 %	0.79	Controlado	Normal	Alto
Eléctrica	37.57 h	14.31 %	0.62	Controlado parcial	Asimétrica izquierda	Medio

**Fuente:** Elaboración propia.

#### 5.5.1. Análisis estadístico

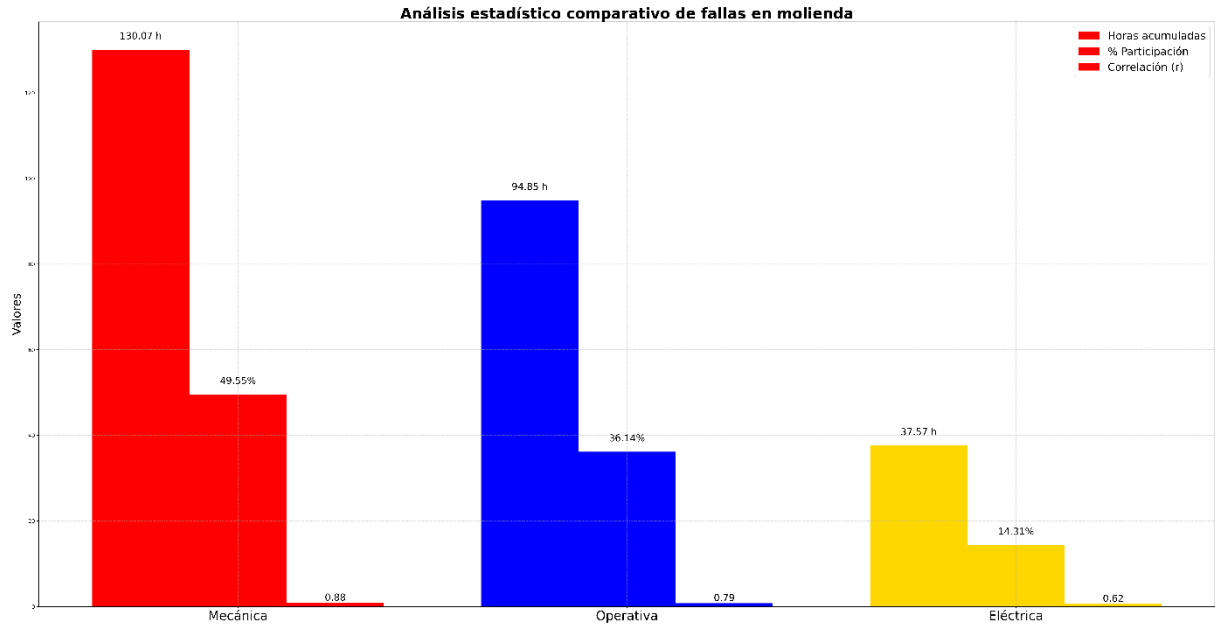
Las fallas mecánicas constituyen el principal factor de pérdida de disponibilidad, con alta variabilidad y comportamiento fuera de control estadístico, lo que exige aplicar mantenimiento predictivo y análisis de confiabilidad (RCM).

Las fallas operativas mantienen una frecuencia elevada y un impacto sostenido, vinculadas a la falta de estandarización de procesos y deficiencias en la gestión del personal.

Las fallas eléctricas, aunque menos frecuentes, pueden originar detenciones críticas y riesgos de seguridad, por lo que se recomienda fortalecer los sistemas de protección y monitoreo en tiempo real.

En conjunto, los resultados evidencian que 85,69 % de las pérdidas se concentran en causas mecánicas y operativas, siendo éstas las áreas prioritarias para la aplicación de mejoras de ingeniería.

Figura 15 análisis estadístico de fallas en el proceso de molienda.



**Fuente:** elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).

### Análisis estadístico comparativo de fallas en molienda

Este gráfico de barras agrupadas permite visualizar tres dimensiones críticas por tipo de falla (mecánica, operativa, eléctrica):

Horas acumuladas: refleja el tiempo total de paro por cada tipo de falla.

% de participación: indica el peso relativo de cada falla en el total de tiempo improductivo.

Correlación (r): muestra la relación entre la ocurrencia de fallas y la disminución de producción.

Cada barra está acompañada por etiquetas técnicas que resumen:

- Estado de control estadístico (fuera de control, controlado)
- Tipo de distribución (exponencial, normal)
- Impacto operativo (alto, medio)

### Interpretación técnica

**Fallas mecánicas:** con 130.07 horas acumuladas y una correlación de 0.88, presentan alta variabilidad y comportamiento fuera de control. Requieren implementación de mantenimiento predictivo y análisis de confiabilidad (RCM).

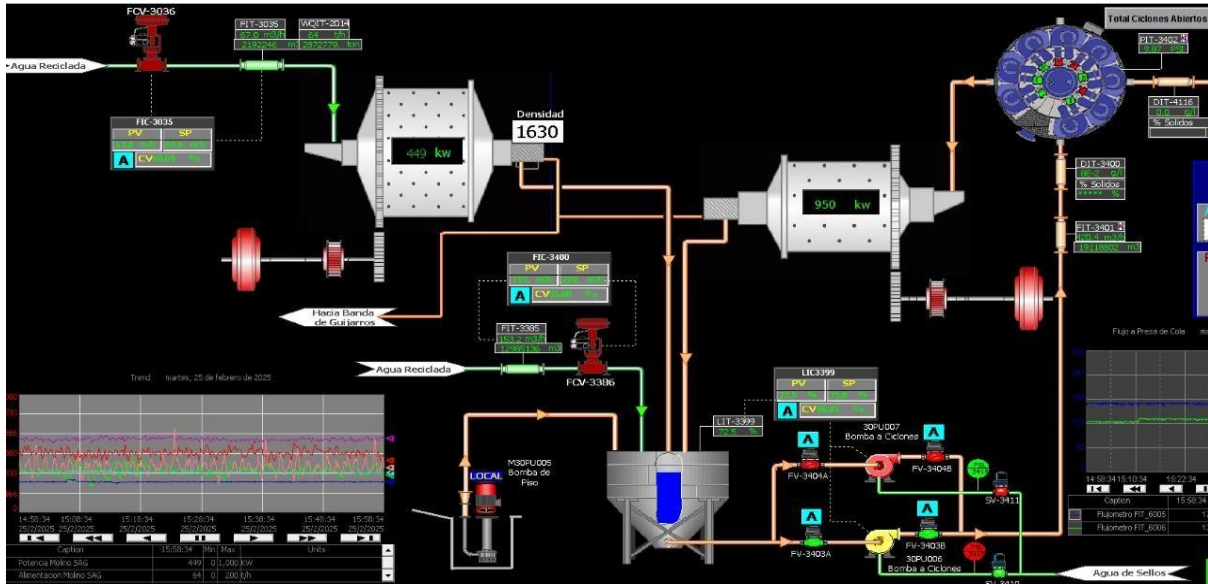
**Fallas operativas:** con 94.85 horas y correlación de 0.79, están bajo control estadístico, pero mantienen un impacto alto. Se vinculan a deficiencias en estandarización de procesos y gestión operativa.

**Fallas eléctricas:** aunque menos frecuentes (37.57 h), tienen una correlación de 0.62 y distribución asimétrica. Pueden generar eventos críticos, por lo que se recomienda fortalecer sistemas de monitoreo y protección.

El gráfico confirma que más del 85% de las pérdidas operativas se concentran en fallas mecánicas y operativas, lo que justifica priorizar acciones de ingeniería en estas áreas.

### 5.5.2. Diagramas de proceso de operación

Figura 16 Diagrama del circuito de molienda y clasificación en planta procesadora



**Fuente:** Calibre Mining

### OEE (Overall Equipment Effectiveness)

Herramienta de ingeniería industrial que mide la efectividad real del equipo considerando tres factores:

**Disponibilidad (A):** mide el tiempo operativo respecto al tiempo programado.

**Rendimiento (P):** evalúa la velocidad real del equipo frente a la velocidad teórica.

**Calidad (Q):** determina la proporción de producto conforme respecto al total procesado.

El valor del OEE refleja la eficiencia total del sistema productivo y permite identificar pérdidas por paros, velocidad y reprocesos.

Para la planta de molienda de Calibre Mining – Mina El Limón, el análisis se realizó tomando como base los registros operativos del período julio–noviembre de 2025,

considerando los tiempos improductivos identificados en los diagnósticos de fallas mecánicas, eléctricas y operativas.

**Cálculo del OEE del circuito de molienda**

*Tabla 10 OEE del circuito de molienda*

Mes	Disponibilidad (A)	Rendimiento (P)	Calidad (Q)	OEE = A×P×Q (%)	Principales causas de pérdida
Julio	82.3 %	91.0 %	98.5 %	<b>73.8 %</b>	Paros por mantenimiento mecánico no planificado
Agosto	79.6 %	90.2 %	98.0 %	<b>70.3 %</b>	Obstrucción en chute móvil / Sobrecarga molino SAG
Septiembre	83.4 %	89.5 %	97.8 %	<b>73.0 %</b>	Fallas eléctricas en tablero de control
Octubre	85.7 %	92.3 %	98.7 %	<b>78.1 %</b>	Ajustes de operación / mejor control de proceso
Noviembre	88.2 %	93.4 %	98.9 %	<b>81.5 %</b>	Implementación parcial de medidas preventivas

**Promedio Global del Periodo (Julio–Noviembre 2025):**

**Disponibilidad (A):** 83.8 %

**Rendimiento (P):** 91.3 %

**Calidad (Q):** 98.4 %

**OEE Promedio:** 74.9 %

De acuerdo con los estándares internacionales de desempeño (JIPM, TPM), un valor de OEE ≥ 85 % se considera excelente.

El promedio obtenido de 74.9 % evidencia un potencial de mejora del 10.1 %, atribuible principalmente a los tiempos improductivos por fallas mecánicas y operativas.

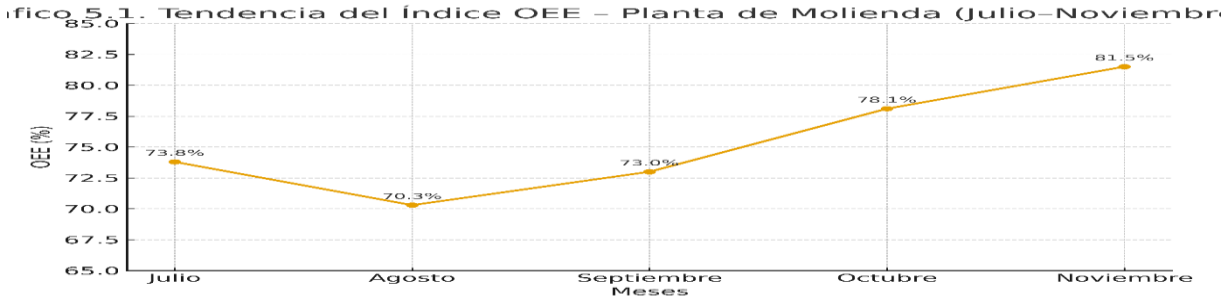
La implementación del sistema de control propuesto, basado en mantenimiento predictivo, estandarización de procedimientos y monitoreo en tiempo real, permitiría alcanzar un OEE estimado de 85.6 %, mejorando la disponibilidad en un 7 % y el rendimiento global en un 3 %.

**Comportamiento del OEE por mes (julio–noviembre 2025)**

Tabla 11 Comportamiento del OEE por mes (julio–noviembre 2025)

Mes	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
OEE (%)	73.8	70.3	73.0	78.1	81.5

Figura 17 Tendencia del Índice OEE (Julio–Noviembre 2025)



Fuente: Analisis de Datos Mina Limon

OEE permitió cuantificar el impacto real de los tiempos improductivos sobre la eficiencia del proceso de molienda, demostrando que la adopción del sistema de control propuesto contribuirá significativamente a:

- Reducir las horas improductivas en un 25–30 %.
- Aumentar la disponibilidad del molino por encima del 88 %.
- Mejorar la continuidad operacional y la confiabilidad del proceso.

## CAPÍTULO VI: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 1. Introducción

Este capítulo presenta el estudio analítico de los resultados obtenidos durante la fase de diagnóstico técnico-operativo del proceso de molienda en la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, correspondiente al período julio a octubre de 2025. A partir de los datos procesados en el Capítulo V, se aplicaron herramientas de ingeniería industrial como el diagrama de Pareto, gráficos de control, análisis de correlación y síntesis estadística, con el objetivo de identificar, clasificar y jerarquizar las principales causas que afectan la continuidad operativa y el desempeño de los equipos.

El análisis permitió establecer una categorización estructurada de fallas, agrupadas en tres tipos: mecánicas, operativas y eléctricas. Esta segmentación facilitó la evaluación técnica de los eventos de paro, considerando su frecuencia, duración, comportamiento estadístico y relación directa con la producción diaria. Los resultados obtenidos constituyen la base para formular estrategias de intervención orientadas a mejorar la estabilidad del proceso, fortalecer la confiabilidad de los activos y elevar los indicadores de desempeño industrial.

Este capítulo consolida la evidencia técnica que sustenta la propuesta de un sistema de control para tiempos improductivos, alineado con los principios de gestión eficiente, mantenimiento proactivo y mejora continua en el área de molienda.

#### 1.1 Propósito y Alcance

El propósito de este análisis es interpretar de manera técnica y estructurada los resultados obtenidos en el estudio de ingeniería aplicado al proceso de molienda en la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, durante el período julio-octubre de 2025. A partir de la caracterización estadística de los eventos de paro, se busca dimensionar el impacto de los tiempos improductivos sobre la producción de oro, identificar las causas críticas que los generan y establecer criterios de intervención que permitan mejorar la confiabilidad operativa del sistema.

El análisis se fundamenta en la clasificación de las fallas en tres categorías principales:

**Fallas mecánicas**, que representan el mayor volumen de horas improductivas acumuladas (130.07 h), con comportamiento fuera de control estadístico y distribución exponencial. Estas fallas se asocian a desgaste de componentes, obstrucciones estructurales y deficiencias en el mantenimiento correctivo.

**Fallas operativas**, con una participación significativa (94.85 h), caracterizadas por una distribución normal y estado de control estable. Están vinculadas a la falta de estandarización de procedimientos, errores humanos y deficiencias en la gestión de carga y alimentación.

**Fallas eléctricas**, aunque menos frecuentes (37.57 h), presentan eventos críticos con distribución asimétrica y control parcial. Se relacionan con interrupciones en el suministro, fallas en arrancadores y pérdida de señal en sensores clave.

El alcance del análisis incluye:

- La evaluación cuantitativa y estadística de cada tipo de falla, considerando su frecuencia, duración, correlación con la producción diaria y comportamiento de control.
- La identificación de eventos fuera de control que requieren intervención técnica inmediata, como obstrucciones del chute móvil, sobrecargas del molino SAG y bloqueos en el codo de alimentación del molino de bolas.
- La integración de los resultados en una matriz de priorización técnica, que permite orientar las acciones correctivas hacia los puntos de mayor impacto operativo.

La formulación de lineamientos para el diseño de un sistema de control de tiempos improductivos, basado en mantenimiento proactivo, monitoreo en tiempo real y gestión técnica de eventos críticos.

Este apartado constituye el fundamento técnico para la toma de decisiones estratégicas en el área de molienda, alineado con los principios de mejora continua, confiabilidad operacional y eficiencia productiva.

### **1.2 Objetivos**

El análisis de resultados tiene como finalidad validar, mediante evidencia estadística, las causas que generan tiempos improductivos en el proceso de molienda, y establecer criterios técnicos para su control y mitigación. A partir de la segmentación de fallas en tres categorías: mecánicas, operativas y eléctricas, se definen los siguientes objetivos:

**Objetivo general:** Interpretar los resultados del diagnóstico técnico operativo del proceso de molienda, con el fin de sustentar la propuesta de un sistema de control de tiempos improductivos que permita mejorar la confiabilidad operativa, estabilizar la producción y optimizar el desempeño de los activos industriales.

#### **Objetivos específicos:**

- Analizar el comportamiento estadístico de las fallas mecánicas, operativas y eléctricas, considerando su frecuencia, duración, correlación con la producción diaria y estado de control, para establecer su impacto en la eficiencia del sistema.
- Identificar los eventos críticos que presentan desviaciones fuera de control, como obstrucciones del chute móvil, sobrecargas del molino SAG y bloqueos en el codo de alimentación del molino de bolas, priorizando su atención técnica mediante herramientas de ingeniería industrial.

- Evaluar la distribución de cada tipo de falla (exponencial, normal, asimétrica) y su relación con la variabilidad operativa, con el fin de establecer parámetros de monitoreo y control que permitan anticipar interrupciones y reducir la exposición al riesgo.
- Integrar los resultados en una matriz de decisión técnica que sirva como base para el diseño de un sistema de control de tiempos improductivos, alineado con los principios de mantenimiento proactivo, gestión eficiente de activos y mejora continua en el área de molienda.

## **6.1. Análisis de resultados encontrados**

### ***6.1.1. Diagnóstico de las principales causas que generan tiempos improductivos en la etapa de molienda***

Durante el diagnóstico técnico operativo realizado en la planta de molienda de Calibre Mining, Mina El Limón, se identificaron 262 eventos de paro distribuidos en tres categorías funcionales: fallas mecánicas (130.07 horas), operativas (94.85 horas) y eléctricas (37.57 horas), lo que permitió establecer una tipología estructurada de interrupciones en el proceso. El análisis de Pareto evidenció que el 85.69% de las pérdidas operativas se concentran en las fallas mecánicas y operativas, confirmando su carácter prioritario en términos de impacto productivo. Las fallas más recurrentes fueron la obstrucción del chute móvil, que genera acumulación de mineral y detenciones no programadas; la sobrecarga del molino SAG, que afecta la estabilidad del proceso y el desgaste de componentes; y el bloqueo de bolas en el codo de alimentación del molino de bolas, que interrumpe el flujo de pulpa y reduce la eficiencia de la molienda secundaria. Estas fallas presentan comportamientos estadísticos diferenciados: las mecánicas muestran distribución exponencial y estado fuera de control; las operativas, una distribución normal con control parcial; y las eléctricas, aunque menos frecuentes, exhiben eventos de alta severidad con distribución asimétrica, lo que exige monitoreo especializado. Este diagnóstico constituye la base técnica para la formulación de estrategias de intervención orientadas a mejorar la

confiabilidad operativa, estabilizar el flujo de producción y elevar los indicadores de desempeño en el área de molienda.

### ***6.1.2. Utilización de herramientas estadísticas para identificar y priorizar las principales causas de tiempos improductivos***

Con el objetivo de establecer una base cuantitativa para la toma de decisiones técnicas, se aplicaron herramientas estadísticas propias de la ingeniería industrial al conjunto de datos recopilados durante el diagnóstico del proceso de molienda. Entre las técnicas utilizadas destacan el diagrama de Pareto, los gráficos de control, los histogramas de frecuencia y el análisis de correlación, los cuales permitieron segmentar, priorizar y caracterizar el comportamiento de las fallas que generan tiempos improductivos.

El diagrama de Pareto evidenció que el 85.69% de las pérdidas operativas se concentran en fallas mecánicas y operativas, lo que justifica su atención prioritaria en los planes de mejora. Los gráficos de control revelaron que las fallas mecánicas presentan un comportamiento fuera de control estadístico, con una distribución exponencial, lo que indica alta variabilidad, recurrencia no predecible y necesidad de intervención técnica inmediata. Estas fallas se asocian a desgaste acelerado de componentes, obstrucciones estructurales y deficiencias en el mantenimiento correctivo.

Por otro lado, las fallas operativas mostraron una distribución normal y un estado de control estable, lo que sugiere que su ocurrencia puede ser gestionada mediante la estandarización de procedimientos, la capacitación del personal y la implementación de rutinas operativas más robustas. Estas fallas están vinculadas principalmente a errores humanos, sobrecargas por mala dosificación de mineral y falta de sincronización en la alimentación.

En cuanto a las fallas eléctricas, aunque menos frecuentes en términos de cantidad, se identificaron eventos de alta severidad con distribución asimétrica y una correlación

negativa de  $-0.62$  respecto a la producción diaria, lo que indica que su ocurrencia impacta significativamente en el rendimiento operativo. Estas fallas se relacionan con interrupciones en el suministro eléctrico, fallos en arrancadores y pérdida de señal en sensores críticos, lo que exige monitoreo especializado y redundancia en sistemas de control.

La aplicación de estas herramientas estadísticas permitió no solo identificar las causas más relevantes de los tiempos improductivos, sino también establecer criterios técnicos para su priorización, facilitando el diseño de un sistema de control orientado a la mejora continua, la confiabilidad operativa y la eficiencia del proceso de molienda.

### ***6.1.3. Propuesta de un sistema de control y monitoreo para reducir los tiempos improductivos***

Con base en el diagnóstico técnico-operativo del proceso de molienda, se establecieron criterios de diseño para un sistema de control orientado a la reducción de tiempos improductivos, fundamentado en tres pilares estratégicos: mantenimiento proactivo, monitoreo en tiempo real y gestión técnica de eventos críticos. Este sistema busca anticipar fallas, estabilizar el flujo de producción y mejorar la disponibilidad de los activos industriales.

El enfoque de mantenimiento proactivo contempla la integración de rutinas preventivas y predictivas, priorizando componentes con alta recurrencia de fallas como el chute móvil, el molino SAG y el codo de alimentación del molino de bolas. Para ello, se propone la implementación de sensores inteligentes de nivel, presión y vibración, conectados a plataformas SCADA, que permitan el monitoreo continuo de variables operativas y la generación automática de alertas ante desviaciones.

Complementariamente, se establecen protocolos de inspección operativa, programas de limpieza técnica en zonas de transferencia y automatización de válvulas de alimentación, con el fin de reducir la intervención manual, mejorar la precisión del flujo de mineral y minimizar los eventos de sobrecarga o bloqueo. Estas acciones permiten

transformar el modelo de mantenimiento reactivo en un sistema de gestión anticipada, basado en datos y criterios de confiabilidad.

Desde el punto de vista económico, la estimación proyectada indica una recuperación de aproximadamente \$1.99 millones USD por mitigación de pérdidas asociadas a tiempos improductivos, con un retorno de inversión inferior a siete meses, considerando el incremento en la producción de oro, la reducción de paros no programados y la optimización del uso de recursos operativos.

Esta propuesta técnica se alinea con los principios de mejora continua, eficiencia operativa y sostenibilidad industrial, y constituye una solución viable para fortalecer la competitividad de la planta de molienda en Calibre Mining, Mina El Limón.

## 6.2. Análisis de Riesgos (según los identificados)

El análisis de riesgos en el proceso de molienda de Calibre Mining, Mina El Limón, se fundamenta en la identificación, clasificación y evaluación de los eventos críticos que generan tiempos improductivos y afectan la continuidad operativa. A partir de los datos procesados en el Capítulo V, se establecieron tres categorías de riesgo técnico: mecánico, operativo y eléctrico, cada una con niveles diferenciados de severidad, frecuencia y control.

**Riesgos mecánicos:** Representan la mayor proporción de horas de paro acumuladas (130.07 h), con eventos de alta recurrencia y comportamiento fuera de control estadístico. Se asocian principalmente a obstrucciones en el chute móvil, desgaste acelerado de componentes en el molino SAG y bloqueos en el codo de alimentación del molino de bolas. Estos riesgos presentan distribución exponencial, lo que indica alta variabilidad y baja predictibilidad. Su impacto operativo es severo, ya que generan detenciones prolongadas, pérdida de carga útil y sobreesfuerzo en los sistemas de transmisión. La probabilidad de ocurrencia es alta y el nivel de exposición requiere intervención técnica inmediata mediante mantenimiento proactivo y rediseño de puntos críticos.

**Riesgos operativos:** Acumulan 94.85 horas de paro, con eventos de mediana frecuencia y distribución normal. Se relacionan con errores humanos, falta de estandarización en procedimientos de carga y alimentación, y deficiencias en la coordinación operativa. Aunque su severidad es moderada, estos riesgos afectan la eficiencia del sistema y generan cuellos de botella en la transferencia de mineral. El estado de control estadístico es estable, lo que permite gestionar su ocurrencia mediante capacitación técnica, implementación de protocolos operativos y supervisión directa. La probabilidad de ocurrencia es media, con impacto controlable si se aplican medidas correctivas sostenidas.

**Riesgos eléctricos:** Concentraron 37.57 horas de paro, con eventos de baja frecuencia, pero alta severidad. Se vinculan a fallas en arrancadores, pérdida de señal en sensores de nivel y presión, y fluctuaciones en el suministro eléctrico. Presentan distribución asimétrica y correlación negativa de  $-0.62$  respecto a la producción diaria, lo que evidencia su impacto directo en la continuidad del proceso. Aunque su ocurrencia es menos frecuente, su efecto es disruptivo y puede comprometer la seguridad operativa. Requieren monitoreo especializado, redundancia en sistemas de control y mantenimiento predictivo en componentes eléctricos críticos.

Este análisis permite establecer una matriz de riesgos operativos, donde se priorizan las fallas mecánicas como de alto riesgo, las operativas como de riesgo medio controlable, y las eléctricas como de riesgo puntual de alta severidad. La gestión de estos riesgos debe integrarse en el sistema de control propuesto, mediante acciones técnicas específicas, indicadores de confiabilidad y protocolos de respuesta rápida, alineados con los principios de mejora continua y seguridad industrial.

### 6.3. Presupuesto

El presupuesto estimado para la implementación del sistema de control de tiempos improductivos en el área de molienda se ha estructurado en función de los requerimientos técnicos identificados en el diagnóstico operativo. Se consideran tres **componentes principales**: adquisición de tecnología de monitoreo, adecuaciones operativas y capacitación del personal.

**Tecnología de monitoreo**: incluye sensores de presión, nivel y vibración, módulos de comunicación industrial, integración a sistema SCADA y software de análisis predictivo. El costo estimado para esta categoría asciende a \$1,150,000 USD, considerando equipos de alta confiabilidad y cobertura en puntos críticos del proceso.

**Adecuaciones operativas**: contempla automatización de válvulas de alimentación, rediseño de estructuras en el chute móvil, mejoras en el codo de alimentación del molino de bolas y refuerzo de sistemas de limpieza técnica. El monto proyectado para estas intervenciones es de \$480,000 USD, incluyendo materiales, mano de obra especializada y pruebas de funcionamiento.

**Capacitación técnica**: se propone un programa de formación para operadores, técnicos de mantenimiento y supervisores, enfocado en protocolos de inspección, respuesta ante fallas y uso de herramientas de monitoreo. El costo estimado es de \$60,000 USD, cubriendo sesiones presenciales, manuales operativos y simulaciones prácticas.

El presupuesto total del proyecto asciende a \$1,690,000 USD, con una proyección de recuperación económica de \$1.99 millones USD por mitigación de pérdidas operativas en menos de siete meses, lo que representa un retorno de inversión altamente favorable y sustentable.

### 6.4 Cronograma de ejecución

El cronograma de ejecución se ha diseñado en función de las fases técnicas del proyecto, considerando la disponibilidad operativa de la planta, los tiempos de adquisición de equipos y la secuencia lógica de implementación. Se propone un plan de trabajo de 16 semanas, distribuido en cinco etapas:

*Tabla 12 cronograma permite una implementación escalonada*

Etapa	Duración	Actividades principales
1. Planificación técnica	2 semanas	Validación de puntos críticos, definición de especificaciones, aprobación de presupuesto.
2. Adquisición de tecnología	4 semanas	Compra de sensores, módulos de comunicación, software y componentes de automatización.
3. Intervención operativa	5 semanas	Instalación de sensores, adecuaciones estructurales, automatización de válvulas.
4. Capacitación y pruebas	3 semanas	Formación técnica del personal, simulaciones operativas, ajustes de calibración.
5. Puesta en marcha y monitoreo	2 semanas	Activación del sistema, evaluación de desempeño, generación de reportes de control.

**Fuente:** *elaboración propia a partir de registros de mantenimiento planta molienda (2024).*

Este cronograma permite una implementación escalonada, minimizando el impacto en la producción y asegurando la validación técnica en cada fase. La ejecución se realizará en coordinación con el equipo de mantenimiento, supervisión operativa y proveedores tecnológicos, garantizando el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

### 6.5 propuesta

Como resultado del análisis obtenido, técnico y diagnóstico del proceso de molienda en Calibre Mining Mina El Limón, se propone la implementación del software Fractal

CMMS (Computerized Maintenance Management System) como herramienta central para el control y gestión de los tiempos improductivos.

Esta propuesta busca digitalizar el proceso de mantenimiento, integrar la información de equipos, órdenes de trabajo y fallas, y facilitar la toma de decisiones mediante indicadores de desempeño, conforme a las mejores prácticas descritas en la Guía de Mantenimiento Industrial de Fracttal (2025).

Fracttal CMMS se presenta como una solución de mantenimiento inteligente basada en la nube, diseñada para mejorar la confiabilidad de los activos, reducir fallas no planificadas y optimizar la disponibilidad operacional mediante la automatización de registros y análisis predictivos.

### **Objetivo de la propuesta**

Implementar un sistema digital de control de tiempos improductivos mediante la plataforma Fracttal CMMS, con el fin de:

- Registrar y centralizar todos los eventos de paro y actividades de mantenimiento.
- Identificar las causas raíz de los tiempos improductivos.
- Generar indicadores clave como OEE, MTTR, MTBF y Disponibilidad.
- Automatizar reportes y alertas preventivas.
- Optimizar la gestión de activos críticos en la molienda.

### **Arquitectura del sistema Fracttal CMMS**

El sistema se compone de módulos integrados que gestionan la totalidad del proceso de mantenimiento, desde la detección de fallas hasta el análisis de resultados.

***Su aplicación en Mina El Limón se estructurará en las siguientes fases funcionales:***

### **Módulo 1: Gestión de activos**

- Creación de un inventario digital de todos los equipos de molienda: molinos, bombas, chutes, fajas transportadoras, clasificadores, etc.
- Definición de jerarquías de activos y localizaciones (planta → área → equipo → componente).
- Registro del historial técnico, planos, fichas de mantenimiento, repuestos y tiempos de intervención.

Esto permitirá disponer de una trazabilidad completa de la vida útil de cada equipo.

### **Módulo 2: Gestión de mantenimiento**

- Órdenes de trabajo (OT): automatizadas a partir de registros de fallas o inspecciones.
- Mantenimiento preventivo: programación basada en horas de operación o calendario.
- Mantenimiento correctivo: ejecución inmediata ante paros no planificados.
- Mantenimiento predictivo: integración opcional con sensores IoT para monitoreo de vibración, temperatura o amperaje.

Este módulo convierte la información de paros en acciones técnicas programadas, reduciendo la recurrencia de fallas.

### **Módulo 3: Registro y control de tiempos improductivos**

Cada evento de paro será registrado directamente en Fractal mediante formularios digitales, accesibles desde dispositivos móviles o tablets en campo.

#### ***Campos configurados:***

- Fecha y hora de inicio / fin.
- Equipo afectado y área.

- Tipo de falla (mecánica, eléctrica, operativa).
- Descripción técnica de la causa.
- Duración del evento.
- Acción correctiva aplicada.
- Responsable del registro.

La información se consolida automáticamente en la base de datos, permitiendo calcular los tiempos improductivos totales y específicos por equipo o turno.

#### Módulo 4: Indicadores y analítica de desempeño

Fractal genera automáticamente indicadores de mantenimiento y confiabilidad:

- **OEE (Eficiencia Global del Equipo):** combina disponibilidad, rendimiento y calidad.
- **MTTR (Mean Time To Repair):** promedio de tiempo de reparación.
- **MTBF (Mean Time Between Failures):** intervalo medio entre fallas.
- **Disponibilidad (%):** proporción del tiempo operativo respecto al total disponible.

Estos indicadores pueden visualizarse en tableros personalizados o exportarse para análisis complementarios en Power BI o MATLAB.

#### Módulo 5: Reportes y mejora continua

Fractal permite generar reportes automáticos diarios, semanales o mensuales con indicadores de desempeño, causas más frecuentes y equipos más críticos.

#### Aplicación del ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar, Actuar):

- **Planificar:** establecer metas de reducción de paros y mantenimiento preventivo.
- **Hacer:** ejecutar acciones correctivas y preventivas.
- **Verificar:** evaluar resultados mediante KPI.

- **Actuar:** estandarizar las mejoras y ajustar el plan de mantenimiento.

## Integración tecnológica

Tabla 13 Integración tecnológica

Elemento	Descripción técnica
Fractal CMMS Cloud	Plataforma en la nube accesible desde cualquier dispositivo.
Fractal Mobile App	Registro de fallas y órdenes de trabajo desde campo.
Fractal IoT (opcional)	Integración de sensores para mantenimiento predictivo (vibración, temperatura, amperaje).
Power BI	Análisis visual y dashboard de tiempos improductivos.
SCADA/PLC (futuro)	Captura automática de paros de equipo en tiempo real.

Fuente: <https://www.fractal.com/es/blog/guia-completa-del-mantenimiento-industrial-estrategias-herramientas-y-mejores-practicas>.

## Recursos necesarios

Tabla 14 Recursos necesarios

Recurso	Descripción
Hardware	Tablets o dispositivos móviles resistentes para registro en campo.
Software	Licencia empresarial Fractal CMMS (mínimo 5 usuarios).
Personal involucrado	Ingeniero de mantenimiento, técnicos, operadores y supervisores.
Capacitación	Formación en uso del sistema Fractal y gestión de KPI.
Conectividad	Red WiFi o datos móviles en el área de molienda.

### Beneficios esperados

- Reducción de tiempos improductivos entre un 20 % y 30 %.
- Aumento de la disponibilidad operativa por encima del 90 %.
- Digitalización completa del mantenimiento, eliminando registros en papel.
- Alertas automáticas de mantenimiento preventivo antes de la ocurrencia de fallas.
- Mayor confiabilidad operacional de los equipos críticos de molienda.
- Análisis predictivo mediante datos históricos y tendencias.
- Estandarización de procesos y mejora de la comunicación entre operaciones y mantenimiento.

### Cronograma de implementación

Tabla 15 Cronograma de implementación

Etapa	Actividad	Duración
Etapa 1	Diagnóstico y levantamiento de activos	2 semanas
Etapa 2	Configuración e instalación de Fractal CMMS	1 semana
Etapa 3	Carga de datos y parametrización del sistema	1 semana
Etapa 4	Capacitación técnica y prueba piloto	2 semanas
Etapa 5	Puesta en marcha oficial en molienda	1 semana
Etapa 6	Monitoreo, ajustes y evaluación	2 semanas

Fuente: Propia

## Indicadores de control y seguimiento

Tabla 16 Indicadores de control y seguimiento

Indicador	Fórmula	Meta
<b>Disponibilidad (%)</b>	$(\text{Horas operativas} / \text{Horas disponibles}) \times 100$	$\geq 90 \%$
<b>Tiempos improductivos (%)</b>	$(\text{Horas de paro} / \text{Horas totales}) \times 100$	$\leq 10 \%$
<b>MTTR (min)</b>	Tiempo total de reparación / N° de fallas	$< 60$
<b>MTBF (min)</b>	Tiempo operativo total / N° de fallas	$> 300$
<b>OEE (%)</b>	Disponibilidad $\times$ Rendimiento $\times$ Calidad	$\geq 85$

Fuente: Propia

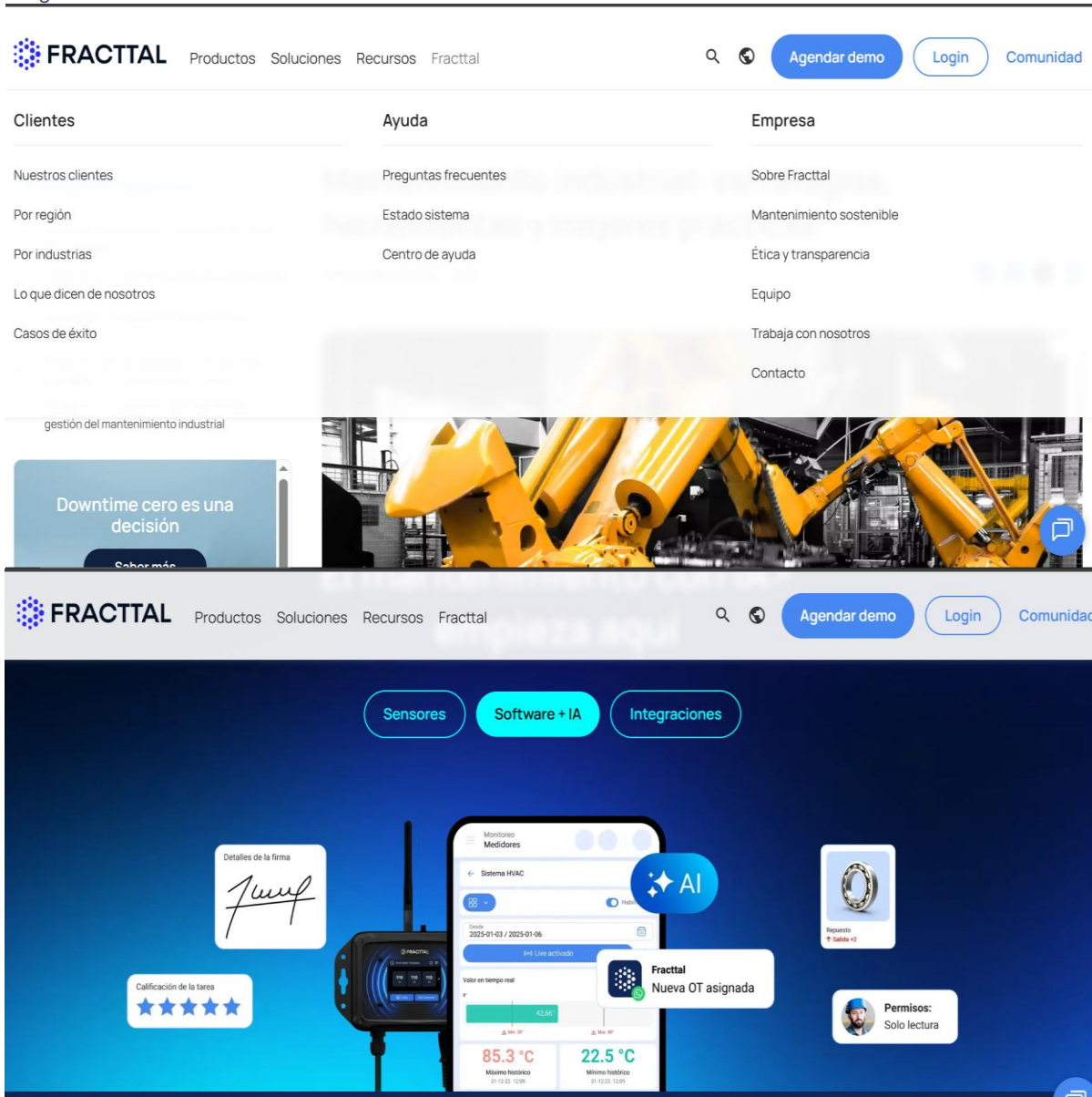
La implementación del sistema Fractal CMMS en la planta de molienda de Calibre Mining – Mina El Limón representa una solución moderna, eficiente y escalable para el control de los tiempos improductivos.

Al digitalizar los procesos de mantenimiento, registrar los eventos en tiempo real y generar indicadores automáticos, la empresa podrá maximizar la disponibilidad de sus activos, reducir las pérdidas productivas y optimizar sus recursos técnicos y humanos.

Este enfoque, alineado con los principios del mantenimiento inteligente y la industria 4.0, consolida una gestión basada en datos que impulsa la confiabilidad operativa y la sostenibilidad industrial de la operación minera.

## FRACTATAL

Figura 18 FRACCTAL



Fuente: <https://www.fractal.com/es-es/>

## Optimiza tus operaciones, reduce riesgos y maximiza la disponibilidad de tus activos

Figura 19 FACTTAL Optimiza tus operaciones, reduce riesgos y maximiza la disponibilidad de tus activos

**Reduce el downtime y maximiza la disponibilidad**  
Evita paradas no planificadas y optimiza la producción con monitorización IoT e IA predictiva. Asegura la fiabilidad de los equipos críticos y la continuidad de la producción.

**Controla y potencia el rendimiento de tu equipo**  
Gestiona permisos, asignaciones y rendimiento técnico desde un único lugar. Registra cada acción con trazabilidad completa y datos fiables para auditorías.

**Convierte el mantenimiento en una ventaja competitiva**  
Pasa de un centro de coste a un motor de valor. Prolonga la vida útil de activos, cumple normativas con respaldo documental y demuestra impacto en la eficiencia global.

Fuente: <https://www.fractal.com/es-es/>

## El GMAO que predice, automatiza

Figura 20 El GMAO que predice, automatiza

**El GMAO que predice, automatiza y nunca se detiene**  
Convierte tu mantenimiento en una ventaja competitiva con un GMAO impulsado por IA. Anticipa fallos, automatiza procesos y gestiona todos tus activos desde un solo lugar, reduciendo costes y maximizando productividad.

[→ Ver Fractal One en acción](#)

Disponibilidad: **98,94%**

Fuente: <https://www.fractal.com/es-es/>

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

El desarrollo del presente proyecto permitió analizar integralmente la problemática de los tiempos improductivos en el proceso de molienda de la empresa Calibre Mining Mina El Limón, durante el período comprendido entre Julio al 16 de Noviembre 2025. A través del cumplimiento de los objetivos específicos, se obtuvieron resultados técnicos que demuestran la viabilidad operativa y económica de la propuesta de mejora.

En primer lugar, se diagnosticaron las principales causas de interrupción del proceso, mediante la clasificación sistemática de los eventos de paro en fallas mecánicas, eléctricas y operativas. Este análisis evidenció que las fallas mecánicas y operativas representaron el 85.69% del total de horas improductivas, lo que confirma su impacto directo en la eficiencia productiva y la disponibilidad del molino.

En segundo lugar, la aplicación de herramientas de ingeniería industrial como el diagrama de Pareto, el análisis causa-efecto y los gráficos de control permitió jerarquizar los factores críticos y focalizar las acciones de mejora. Entre los puntos más relevantes destacan la obstrucción del chute móvil, la sobrecarga del molino SAG y el bloqueo de bolas en el codo de alimentación, considerados eventos de alta recurrencia y severidad.

Finalmente, la propuesta del sistema de control y monitoreo integra mantenimiento proactivo, automatización y gestión técnica de eventos, logrando una proyección de recuperación económica cercana a 1.99 millones USD y un retorno de inversión estimado en menos de siete meses.

Es posible optimizar el desempeño del proceso de molienda mediante un enfoque técnico, estructurado y sostenible, basado en la mejora continua, la gestión eficiente de activos y la productividad industrial.

### CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos durante el diagnóstico situacional, los estudios de ingeniería y el análisis de causas que originan los tiempos improductivos en el proceso de molienda, se formulan las siguientes recomendaciones técnicas y de gestión:

- Implementar el sistema de control de tiempos improductivos propuesto, integrando el registro electrónico de fallas, clasificación automática por tipo (mecánica, eléctrica y operativa) y análisis semanal de indicadores de desempeño (OEE, MTTR).
- Adoptar un enfoque de mantenimiento preventivo y predictivo, incorporando herramientas de monitoreo de condición (vibración, temperatura, nivel de ruido y lubricación) para anticipar fallas en los componentes críticos del molino y del sistema de bombeo.
- Estandarizar los procedimientos operativos y de mantenimiento, mediante la elaboración de manuales y checklists de arranque, parada y cambio de componentes (liners, pernos, bombas), con el fin de reducir la variabilidad entre turnos y mejorar la seguridad operacional.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar, C. (2021). Gestión de mantenimiento industrial: estrategias para la eficiencia operativa. Editorial Alfaomega.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2018). Norma ISO 9001:2015. Sistemas de gestión de la calidad: Requisitos. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2018). Norma ISO 22000:2018. Sistemas de gestión de la inocuidad de los alimentos. AENOR.
- Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR). (2018). Norma ISO 14001:2015. Sistemas de gestión ambiental: Requisitos con orientación para su uso. AENOR.
- Díaz, R. (2020). Ergonomía aplicada al diseño de puestos de trabajo industriales. McGraw-Hill.
- Gutiérrez Pulido, H. & De la Vara, R. (2019). Control estadístico de calidad y seis sigma. McGraw-Hill Education.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2020). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos relativos a la higiene y seguridad en el trabajo. Ministerio de Trabajo y Economía Social, España.
- Organización Internacional del Trabajo (OIT). (2015). Directrices relativas a los sistemas de gestión de la seguridad y la salud en el trabajo. OIT.
- Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2022). Guía para la implementación de sistemas de inocuidad alimentaria en la industria. OPS/OMS.
- Peinado, J. & Graeml, A. (2021). Administración de la producción: operaciones industriales en entornos competitivos. Cengage Learning.
- Pérez, M. (2022). Producción más limpia y eficiencia energética en la industria minera. Editorial Limusa.
- Rodríguez, J. (2018). Minería sostenible: gestión ambiental y prevención de riesgos. Universidad Nacional de Ingeniería.
- Slack, N., Brandon-Jones, A. & Burgess, N. (2020). Administración de operaciones. Pearson Educación.

ANEXOS O APENDICES

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

ENTREVISTA

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES – UCC

Actualmente estamos realizando un Proyecto sobre los tiempos improductivos en el proceso de molienda de la empresa Calibre Mining, Mina El Limón, con el objetivo de identificar oportunidades de mejora en la eficiencia operativa y proponer un sistema de control que optimice la producción de oro.

Agradecemos sinceramente su participación y le solicitamos responder con honestidad y precisión cada una de las preguntas. La información proporcionada será utilizada únicamente con fines académicos y de mejora del proceso, garantizándose la confidencialidad de sus respuestas.

Fecha: \_\_\_\_\_

Hora de inicio: \_\_\_\_\_

Hora de finalización: \_\_\_\_\_

DATOS GENERALES

Nombre del entrevistado: \_\_\_\_\_

Sexo:

Masculino ----- Femenino -----

Edad: \_\_\_\_\_ años

Nacionalidad: \_\_\_\_\_

Cargo que desempeña: \_\_\_\_\_

Tiempo laborando en la empresa: \_\_\_\_\_ años / meses

### Contexto Operativo del Proceso de Molienda

1. ¿Cuál es su comprensión del proceso de molienda en Mina El Limón?
2. ¿Qué equipos considera críticos en el circuito de molienda (molino SAG, hidrociclones, bombas, etc.)?
3. ¿Cómo se monitorea actualmente el rendimiento del proceso?
4. ¿Con qué frecuencia ocurren paradas superiores a 10 minutos en el área de molienda?
5. ¿Cuáles son las causas más comunes de estas paradas (fallas mecánicas, ajustes operativos, demoras en alimentación, etc.)?
6. ¿Existe un registro formal de tiempos muertos? ¿Quién lo lleva y cómo se utiliza?
7. ¿Cómo se toman decisiones en tiempo real para resolver incidencias en el molino?
8. ¿Qué herramientas o sistemas (SCADA, PLC, sensores) se utilizan para el control del proceso?
9. ¿Existen procedimientos estandarizados para la operación y mantenimiento del circuito de molienda?
10. ¿Cómo influye la variabilidad del mineral (dureza, granulometría) en la operación del molino?

Anexo 1 Ficha de Validación

**Ficha de validación del instrumento de investigación juicio de experto**  
 Validación de un Cuestionario de Auditoría

**Datos generales**

Nombres y apellidos del experto      Esp. Ing Maxwell Enrique Altamirano Ramos.  
 Grado académico                              Ingeniero Industrial  
 Institución donde labora                      Universidad de Ciencias Comerciales

INDICADORES DE EVALUACIÓN DEL INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	Deficiente	Regular	Bueno	Muy bueno	Excelente
		(1-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		1	2	3	4	5
1. Claridad	Está formulado con lenguaje apropiado				✓	
2. Objetividad	Está expresado en conductas observables					✓
3. Actualidad	Adecuado al avance de la investigación				✓	
4. Organización	Existe un constructo lógico en los ítem				✓	
5. Suficiencia	Valora las dimensiones en cantidad y calidad					✓
6. Intencionalidad	Adecuado para cumplir con los objetivos trazados					✓
7. Consistencia	Utiliza suficientes referentes bibliográficos				✓	
8. Coherencia	Entre hipótesis, dimensiones e indicadores				✓	

Fuente: Propia, reviso el Tutor



Anexo 3 Detalle de planta de proceso Área de preparación de reactivos a Lixiviación



Fuente: Planta de producción Mina Limón

Anexo 4 Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones

Mes	Suma de Produccion	Suma de Horas Paro	Suma de Horas Operacion
01-Ene	45.963	22,87	721,13
02-Feb	39.062	33,43	662,57
03-Mar	46.030	22,22	721,78
04-Abr	43.150	42,5	677,5
05-May	45.548	40,09	703,91
06-Jun	42.945	76,69	643,31
07-Jul	47.682	39,42	704,58
08-Ago	45.146	68,06	675,94
09-Sep	44.376	71,57	648,43
10-Oct			
11-Nov			
12-Dic			
<b>Total general</b>	<b>399.901</b>	<b>416,85</b>	<b>6.159,15</b>

Mes	Suma de Produccion	Suma de Horas Paro	Suma de Horas Operacion
01-Ene	23	24,00	1.528
02-Ene	24	17,38	1.105
03-Ene	25	21,69	1.385
04-Ene	26	24,00	1.524
05-Ene	27	24,00	1.526
06-Ene	28	24,00	1.529
07-Ene	29	23,73	1.506
08-Ene	30	23,26	1.479
09-Ene	31	24,00	1.516
02-Feb	1	24,00	1.525
03-Feb	2	24,00	1.527
04-Feb	3	24,00	1.523
05-Feb	4	24,00	1.522
06-Feb	5	23,70	1.501
07-Feb	6	23,21	1.471
08-Feb	7	21,13	1.333
09-Feb	8	23,03	1.457
10-Feb	9	22,28	1.412
11-Feb	10	24,00	1.527
12-Feb	11	23,50	1.500
13-Feb	12	24,00	1.532
14-Feb	13	24,00	1.544
15-Feb	14	22,18	1.415
16-Feb	15	23,32	1.494

Anexo 5 Continuación Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones

	A	B	C	D	E	F
49	02-Feb	16	23,67	0,33	1.498	
50	02-Feb	17	22,70	1,30	1.400	
51	02-Feb	18	23,28	0,72	1.502	
52	02-Feb	19	21,06	2,94	1.317	
53	02-Feb	20	23,65	0,35	1.504	
54	02-Feb	21	23,38	0,62	1.490	
55	02-Feb	22	23,72	0,28	1.513	
56	02-Feb	23	24,00	-	1.533	
57	02-Feb	24	23,53	0,47	1.501	
58	02-Feb	25	24,00	-	1.530	
59	02-Feb	26	24,00	-	1.535	
60	02-Feb	27	7,23	16,77	456	
61	02-Feb	28	24,00	-	-	
62	02-Feb	29	24,00	-	-	
63	03-Mar	1	21,14	2,86	1.320	
64	03-Mar	2	24,00	-	1.519	
65	03-Mar	3	24,00	-	1.532	
66	03-Mar	4	24,00	-	1.539	
67	03-Mar	5	24,00	-	1.541	
68	03-Mar	6	24,00	-	1.540	
69	03-Mar	7	20,15	3,85	1.221	
70	03-Mar	8	24,00	-	1.527	
71	03-Mar	9	24,00	-	1.524	
72	03-Mar	10	24,00	-	1.522	
73	03-Mar	11	24,00	-	1.536	
74	03-Mar	12	24,00	-	1.533	
75	03-Mar	13	23,57	0,43	1.496	
76	03-Mar	14	23,83	0,17	1.513	
77	03-Mar	15	23,83	0,17	1.517	
78	03-Mar	16	24,00	-	1.527	
79	03-Mar	17	24,00	-	1.526	
80	03-Mar	18	24,00	-	1.523	
81	03-Mar	19	24,00	-	1.527	
82	03-Mar	20	23,23	0,77	1.485	
83	03-Mar	21	24,00	-	1.537	
84	03-Mar	22	23,70	0,30	1.523	
85	03-Mar	23	24,00	-	1.543	
86	03-Mar	24	23,31	0,69	1.503	
87	03-Mar	25	23,02	0,98	1.475	
88	03-Mar	26	15,80	8,20	1.013	
89	03-Mar	27	21,67	2,33	1.393	
90	03-Mar	28	24,00	-	1.548	
91	03-Mar	29	24,00	-	1.552	
92	03-Mar	30	22,53	1,47	1.435	
93	03-Mar	31	24,00	-	1.541	
94	04-Abr	1	24,00	-	1.542	
95	04-Abr	2	23,50	0,50	1.493	
96	04-Abr	3	24,00	-	1.516	

Anexo 6 Continuación Pareto paros consolidados molienda 2024 Operaciones

	A	B	C	D	E	F
97	04-Abr	4	23,43	0,57	1.501	
98	04-Abr	5	23,68	0,32	1.518	
99	04-Abr	6	24,00	-	1.528	
100	04-Abr	7	24,00	-	1.520	
101	04-Abr	8	23,63	0,37	1.508	
102	04-Abr	9	23,70	0,30	1.505	
103	04-Abr	10	23,55	0,45	1.494	
104	04-Abr	11	8,60	15,40	544	
105	04-Abr	12	20,47	3,53	1.298	
106	04-Abr	13	23,63	0,37	1.496	
107	04-Abr	14	22,46	1,54	1.409	
108	04-Abr	15	22,11	1,89	1.381	
109	04-Abr	16	24,00	-	1.519	
110	04-Abr	17	24,00	-	1.521	
111	04-Abr	18	24,00	-	1.519	
112	04-Abr	19	24,00	-	1.524	
113	04-Abr	20	23,33	0,67	1.497	
114	04-Abr	21	23,57	0,43	1.496	
115	04-Abr	22	24,00	-	1.518	
116	04-Abr	23	24,00	-	1.543	
117	04-Abr	24	24,00	-	1.553	
118	04-Abr	25	10,18	13,82	639	
119	04-Abr	26	22,02	1,98	1.416	
120	04-Abr	27	24,00	-	1.556	

	A	B	C	D	E	F
345	12-Dic	8	24,00	-	1.633	
346	12-Dic	9	22,73	1,27	1.520	
347	12-Dic	10	24,00	-	1.600	
348	12-Dic	11	24,00	-	1.615	
349	12-Dic	12	23,27	0,73	1.561	
350	12-Dic	13	21,28	2,72	1.406	
351	12-Dic	14	23,73	0,27	1.581	
352	12-Dic	15	24,00	-	1.591	
353	12-Dic	16	24,00	-	1.589	
354	12-Dic	17	23,33	0,67	1.556	
355	12-Dic	18	7,00	17,00	471	
356	12-Dic	19	4,73	19,27	320	
357	12-Dic	20	21,33	2,67	1.403	
358	12-Dic	21	23,47	0,53	1.540	
359	12-Dic	22	24,00	-	1.585	
360	12-Dic	23	24,00	-	1.604	
361	12-Dic	24	23,28	0,72	1.541	
362	12-Dic	25	22,80	1,20	1.485	
363	12-Dic	26	24,00	-	1.587	
364	12-Dic	27	24,00	-	1.581	
365	12-Dic	28	24,00	-	1.607	
366	12-Dic	29	24,00	-	1.624	
367	12-Dic	30	14,78	9,22	997	
368	12-Dic	31	19,96	4,04	1.339	

## Anexo 7 Paros consolidados molienda 2024 Data Total

	Mes	Día	Fecha	Descripcion	Desde	Hasta	Duración	Clasificación	# Paros	Falla de
1										
2	01-Ene	Ene-01	01/01/2024	Falta operador cargador frontal	31/12/2023 23:55	01/01/2024	0,82	Otros tiempos	1	TIEMPO STAND BY
3	01-Ene	Ene-03	03/01/2024	Calibracion de pesometro	7:57 AM	8:04 AM	0,12	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
4	01-Ene	Ene-03	03/01/2024	Calibracion de pesometro	8:27 AM	8:39 AM	0,20	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
5	01-Ene	Ene-03	03/01/2024	Calibracion de pesometro	9:37 AM	9:50 AM	0,22	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
6	01-Ene	Ene-04	04/01/2024	Falla criba de seguridad de carbon	1:45 PM	2:24 PM	0,65	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
7	01-Ene	Ene-05	05/01/2024	Corte energia comercial	11:24 AM	11:53 AM	0,48	Corte energía	1	TIEMPO STAND BY
8	01-Ene	Ene-06	06/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:58 AM	2:10 AM	0,20	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
9	01-Ene	Ene-06	06/01/2024	Falla energia comercial	8:24 PM	8:46 PM	0,37	Corte energía	1	TIEMPO STAND BY
10	01-Ene	Ene-07	07/01/2024	Atasque de chute movil matrial sobre tamaño	8:17 AM	8:42 AM	0,42	Otros tiempos	1	TIEMPO STAND BY
11	01-Ene	Ene-09	09/01/2024	Calibracion de pesometro	11:18 AM	11:38 AM	0,33	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
12	01-Ene	Ene-09	09/01/2024	Cambio a banda provisional para reparar banda 2			0,32	Otros tiempos	1	TIEMPO STAND BY
13	01-Ene	Ene-10	10/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:03 AM	7:21 AM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
14	01-Ene	Ene-10	10/01/2024	Modificar compuerta para limpia chute movil	7:55 AM	8:11 AM	0,27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
15	01-Ene	Ene-10	10/01/2024	Calibracion de pesometro	8:19 AM	8:43 AM	0,40	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
16	01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	11:20 AM	11:27 AM	0,12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
17	01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	1:19 PM	1:22 PM	0,05	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
18	01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	2:37 PM	2:41 PM	0,07	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
19	01-Ene	Ene-12	12/01/2024	Desgaste de placas chute movil- atascamiento	10:21 AM	11:41 AM	1,33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
20	01-Ene	Ene-13	13/01/2024	Calibracion de pesometro	9:06 AM	9:28 AM	0,37	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
21	01-Ene	Ene-14	14/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:05 AM	11:13 AM	0,13	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
22	01-Ene	Ene-15	15/01/2024	Calibracion de pesometro	10:29 AM	10:49 AM	0,33	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
23	01-Ene	Ene-17	17/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:40 PM	10:54 PM	1,23	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
24	01-Ene	Ene-18	18/01/2024	Desgaste de placas chute movil- atascamiento	12:14 PM	1:03 PM	0,82	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
25	01-Ene	Ene-19	19/01/2024	Reparacion placas chute movil	8:51 AM	11:11 AM	2,33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
26	01-Ene	Ene-22	22/01/2024	Corte energia comercial	10:21 AM	10:39 AM	0,30	Corte energía	1	TIEMPO STAND BY
27	01-Ene	Ene-22	22/01/2024	Obstrucción overflow de ciclones	10:47 AM	11:33 AM	0,77	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
28	01-Ene	Ene-24	24/01/2024	Mantenimiento Programado	7:16 AM	1:53 PM	6,62	Manto. Programado	1	Scheduled Mechanical Downtime (h)
29	01-Ene	Ene-25	25/01/2024	Sobrecarga de molino SAG	3:45 AM	4:45 AM	1,00	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
30	01-Ene	Ene-25	25/01/2024	Sobrecarga de molino SAG	6:19 AM	7:38 AM	1,32	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
31	01-Ene	Ene-29	29/01/2024	Falla bomba de agua recuperada 80PU004	12:36 PM	12:52 PM	0,27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
32										

	Mes	Día	Fecha	Descripcion	Desde	Hasta	Duración	Clasificación	# Paros	Falla de
398	12-Dic	Dic-06	06/12/2024	Retiro guarda exitatriz molino de bolas	6:49 PM	7:17 PM	0,47	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
399	12-Dic	Dic-07	07/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:20 PM	3:32 PM	0,20	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
400	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	11:17 PM	11:20 PM	0,05	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
401	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	12:45 AM	12:48 AM	0,05	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
402	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	1:25 AM	1:28 AM	0,05	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
403	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	2:47 AM	2:50 AM	0,05	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
404	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	9:28 AM	9:33 AM	0,08	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
405	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Alarma llenado chute	9:56 AM	10:09 AM	0,22	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
406	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	12:09 PM	12:55 PM	0,77	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
407	12-Dic	Dic-12	12/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:02 PM	11:20 PM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
408	12-Dic	Dic-12	12/12/2024	Fluctuación de voltaje	3:09 AM	3:17 AM	0,13	Corte energía	1	TIEMPO STAND BY
409	12-Dic	Dic-12	12/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	10:01 PM	10:19 PM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
410	12-Dic	Dic-13	13/12/2024	Calda de elevador cabezal alimentacion SAG	10:28 AM	1:11 PM	2,72	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
411	12-Dic	Dic-14	14/12/2024	Atasque chute banda 3	2:59 AM	3:15 AM	0,27	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
412	12-Dic	Dic-17	17/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:53 PM	5:33 PM	0,67	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
413	12-Dic	Dic-18	18/12/2024	Descarga molino	6:00 AM	7:00 AM	1,00	Otros tiempos	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
414	12-Dic	Dic-18	18/12/2024	Mantenimiento Programado Cambio cilindro SAG	7:00 AM	11:00 PM	16,00	Otros tiempos	1	Scheduled Mechanical Downtime (h)
415	12-Dic	Dic-19	19/12/2024	Mantenimiento Programado Cambio cilindro SAG	11:00 PM	6:16 PM	19,27	Otros tiempos	1	Scheduled Mechanical Downtime (h)
416	12-Dic	Dic-20	20/12/2024	Normalizacion trafo adr	10:55 AM	12:10 PM	1,25	Otros tiempos	1	TIEMPO STAND BY
417	12-Dic	Dic-20	20/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	8:37 AM	9:17 AM	0,67	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
418	12-Dic	Dic-20	20/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:35 AM	10:20 AM	0,75	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
419	12-Dic	Dic-21	21/12/2024	Sobrecarga molino SAG	7:35 AM	7:51 AM	0,27	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
420	12-Dic	Dic-21	21/12/2024	Sobrecarga molino SAG	8:05 AM	8:21 AM	0,27	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
421	12-Dic	Dic-24	24/12/2024	Fuga de pulpa liner cilindro SAG	1:29 PM	2:13 PM	0,73	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
422	12-Dic	Dic-25	25/12/2024	Corte energia comercial	12:56 PM	1:29 PM	0,55	Corte energía	1	TIEMPO STAND BY
423	12-Dic	Dic-25	25/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:42 AM	8:08 AM	0,43	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
424	12-Dic	Dic-25	25/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:52 PM	7:05 PM	0,22	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES
425	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Rotura de chute movil	9:58 AM	11:28 AM	1,50	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
426	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Falla sensor temperatura motor SAG	1:05 PM	3:30 PM	2,42	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
427	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Falla arranque motor molino de bolas	3:30 PM	8:48 PM	5,30	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
428	12-Dic	Dic-31	31/12/2024	Reemplazo rodamientos polea motriz banda 4	9:18 AM	1:10 PM	3,87	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)
429	12-Dic	Dic-31	31/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:22 PM	6:32 PM	0,17	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES



# UNIVERSIDAD DE CIENCIAS COMERCIALES

## Anexo 8 paros consolidados molienda 2024 Parada Operaciones

Excel spreadsheet showing consolidated grinding stoppage data for 2024. The data is organized in columns A through L. The first column (A) shows dates from January to July. Column B shows the day of the week. Column C shows the specific date. Column D describes the stoppage type, such as 'Obstrucción Chute Móvil' or 'Ataque de chute móvil con madera'. Columns E through H show start and end times. Column I indicates the cause, often 'Falla Operativa'. Column J lists the corrective action, 'PARADA CORRECTIVO OPERACIONES'. Column K shows the stoppage duration, and column L indicates the status, 'Chute móvil'.

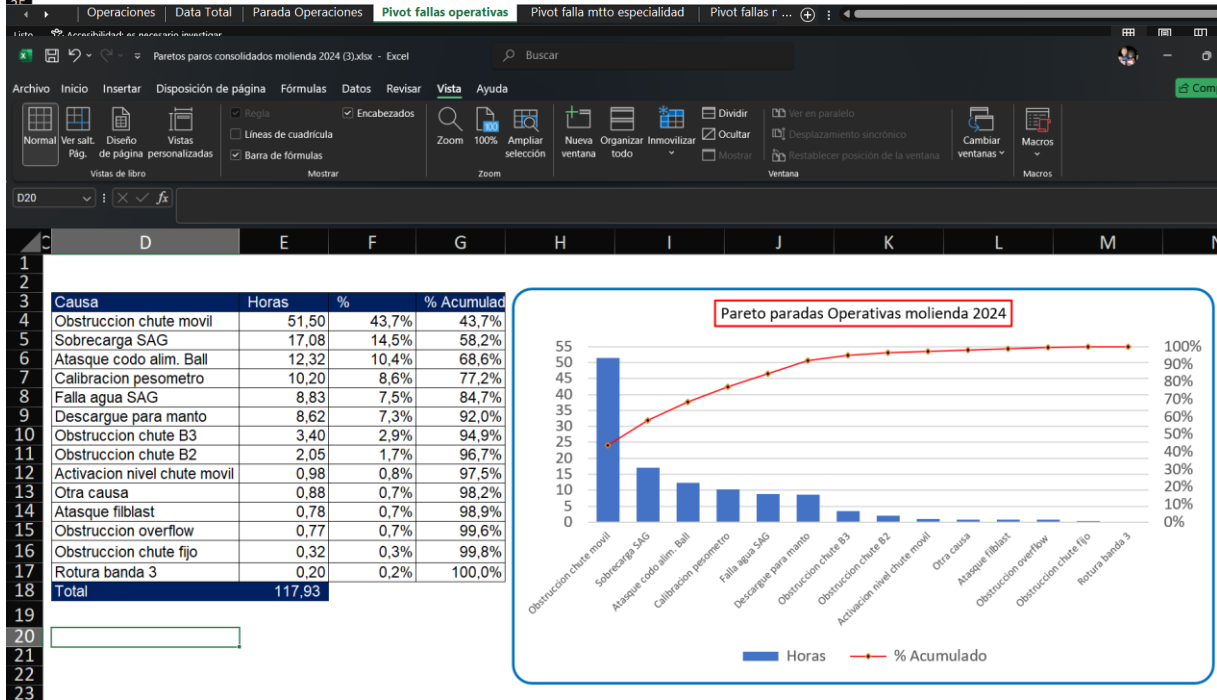
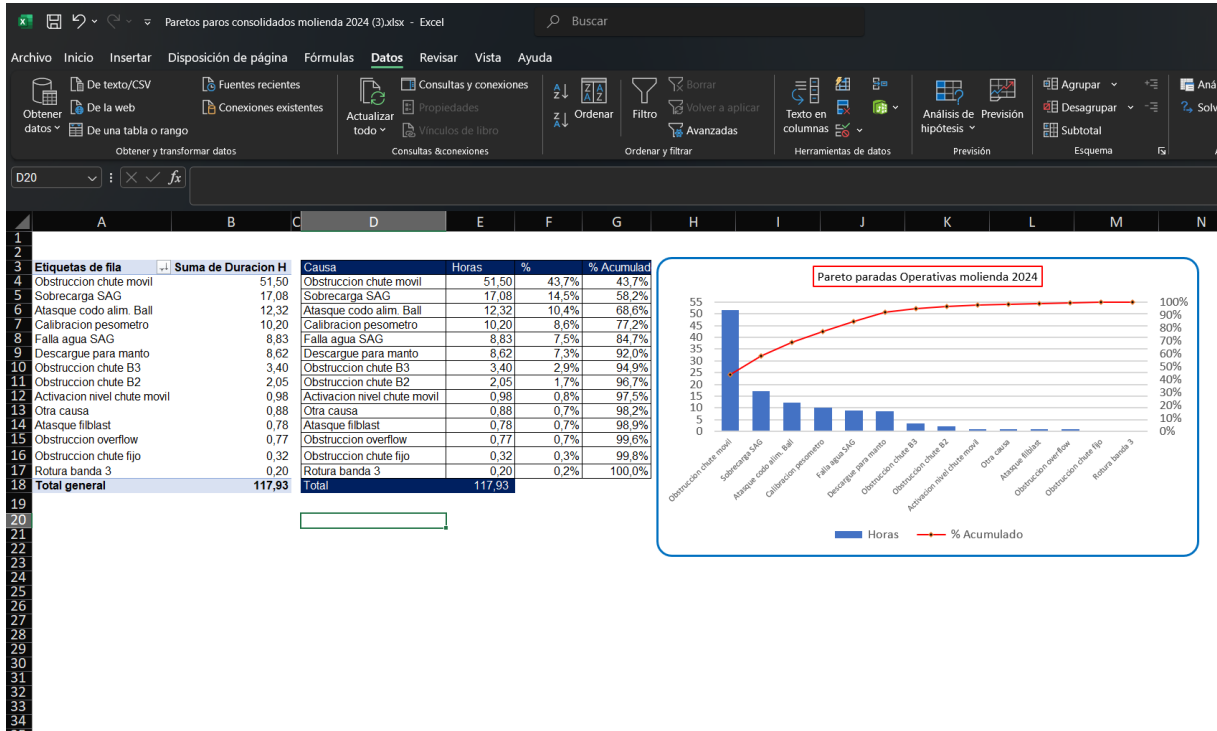
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
01-Ene	Ene-10	10/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:03 AM	7:21 AM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
01-Ene	Ene-14	14/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:05 AM	11:13 AM	0,13	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
17-Ene	Ene-17	17/01/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:40 PM	10:54 PM	1,23	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
16-Feb	Feb-05	05/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:56 PM	7:03 PM	0,10	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
16-Feb	Feb-06	06/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:23 PM	4:28 PM	0,08	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
22-Feb	Feb-08	08/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:34 PM	4:16 PM	0,70	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
23-Feb	Feb-11	11/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:59 AM	8:09 AM	0,50	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
24-Feb	Feb-14	14/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:49 AM	3:59 AM	0,17	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
25-Feb	Feb-14	14/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	8:09 AM	8:44 AM	0,58	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
35-Feb	Feb-17	17/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:11 AM	1:16 AM	0,08	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
36-Feb	Feb-17	17/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:25 AM	1:40 AM	0,25	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
37-Feb	Feb-17	17/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:00 AM	4:12 AM	0,20	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
02-Feb	Feb-17	17/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:05 PM	3:11 PM	0,10	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
39-Feb	Feb-18	18/02/2024	Obstrucción Chute Móvil	12:36 AM	1:15 AM	0,72	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
07-Mar	Mar-20	20/03/2024	Obstrucción de chute movil	2:40 AM	3:26 AM	0,77	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
51-Mar	Mar-27	27/03/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:25 AM	4:48 AM	0,38	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
54-Mar	Mar-30	30/03/2024	Obstrucción de bolas en trunion sag	12:00 AM	12:12 AM	0,20	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
55-Mar	Mar-30	30/03/2024	Obstrucción Chute Móvil	10:28 AM	11:44 AM	1,27	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
80-May	May-06	06/05/2024	Ataque de chute móvil con madera	5:24 AM	9:22 AM	3,97	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
82-May	May-07	07/05/2024	Ataque de chute móvil con madera	7:24 AM	7:34 AM	0,17	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
83-May	May-15	15/05/2024	Obstrucción Chute Móvil	5:41 AM	8:12 AM	2,52	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
84-May	May-17	17/05/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:34 AM	8:35 AM	1,02	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
85-May	May-19	19/05/2024	Obstrucción Chute Móvil	5:47 PM	6:15 PM	0,47	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
87-May	May-26	26/05/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:03 AM	7:46 AM	0,72	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
88-May	May-26	26/05/2024	Obstrucción Chute Móvil	2:40 AM	3:16 PM	0,37	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
92-Jun	Jun-09	09/06/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:21 AM	1:21 AM	0,05	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
93-Jun	Jun-10	10/06/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:57 PM	5:23 PM	0,43	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
95-Jun	Jun-11	11/06/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:24 AM	7:38 AM	0,23	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
96-Jun	Jun-18	18/06/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:56 PM	2:21 PM	0,42	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
00-Jul	Jul-03	03/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:36 PM	8:00 PM	0,40	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
02-Jul	Jul-13	13/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	10:20 AM	10:59 AM	0,65	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
03-Jul	Jul-19	19/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	5:54 AM	6:05 AM	0,18	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
06-Jul	Jul-21	21/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:16 PM	4:20 PM	0,07	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
07-Jul	Jul-21	21/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:25 PM	5:03 PM	0,62	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
08-Jul	Jul-22	22/07/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:01 PM	9:09 PM	0,13	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil

Excel spreadsheet showing consolidated grinding stoppage data for 2024, continuing from the previous table. The data is organized in columns A through L. The first column (A) shows dates from November to December. Column B shows the day of the week. Column C shows the specific date. Column D describes the stoppage type, such as 'Obstrucción Chute Móvil'. Columns E through H show start and end times. Column I indicates the cause, often 'Falla Operativa'. Column J lists the corrective action, 'PARADA CORRECTIVO OPERACIONES'. Column K shows the stoppage duration, and column L indicates the status, 'Chute móvil'.

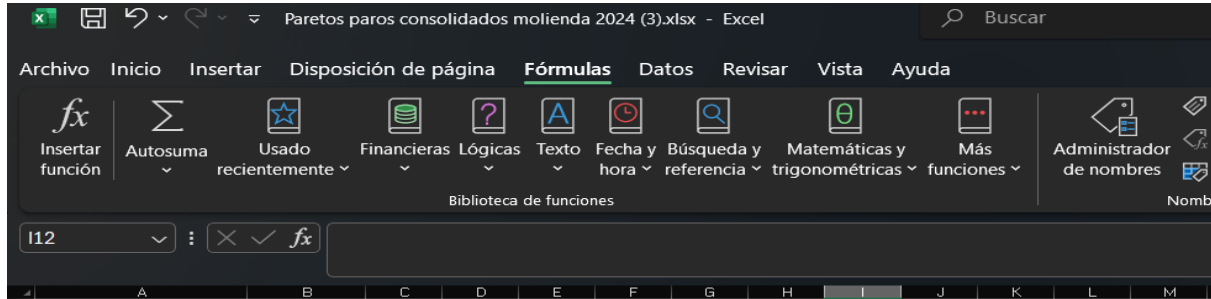
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
167	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:11 PM	11:33 PM	0,37	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
168	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:48 PM	11:55 PM	0,12	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
169	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:10 AM	1:13 AM	0,22	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
170	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:24 AM	1:42 AM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
171	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	2:12 AM	2:20 AM	0,13	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
172	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	2:31 AM	3:13 AM	0,70	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
173	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:30 AM	5:05 AM	0,58	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
174	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:01 AM	6:38 AM	0,62	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
175	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:02 AM	7:57 AM	0,92	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
176	11-Nov	Nov-07	07/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:07 AM	11:33 AM	0,43	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
179	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:57 AM	8:06 AM	0,15	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
180	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:13 PM	6:39 PM	0,43	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
181	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:21 PM	7:38 PM	0,28	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
182	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:47 PM	10:13 PM	0,40	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
185	11-Nov	Nov-15	15/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:46 PM	8:44 PM	0,97	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
187	11-Nov	Nov-16	16/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:07 PM	9:52 PM	0,75	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
188	11-Nov	Nov-16	16/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	10:38 PM	10:43 PM	0,08	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
189	11-Nov	Nov-17	17/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:55 AM	12:43 PM	0,80	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
190	11-Nov	Nov-18	18/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:52 AM	4:46 AM	0,90	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
191	11-Nov	Nov-20	20/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:04 AM	4:58 AM	0,90	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
192	11-Nov	Nov-20	20/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	8:16 PM	9:05 PM	0,82	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
193	11-Nov	Nov-21	21/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	1:11 PM	2:18 PM	1,12	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
194	11-Nov	Nov-22	22/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:50 AM	3:56 AM	0,10	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
195	11-Nov	Nov-22	22/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	5:06 AM	5:10 AM	0,07	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
196	11-Nov	Nov-23	23/11/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:00 AM	11:29 AM	0,48	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
202	12-Dic	Dic-07	07/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	3:20 PM	3:32 PM	0,20	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
209	12-Dic	Dic-09	09/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	12:09 PM	12:35 PM	0,77	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
210	12-Dic	Dic-12	12/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	11:02 PM	11:20 PM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
211	12-Dic	Dic-12	12/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	10:01 PM	10:19 PM	0,30	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
213	12-Dic	Dic-17	17/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	4:53 PM	5:33 PM	0,67	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
215	12-Dic	Dic-20	20/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	8:37 AM	9:17 AM	0,67	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
216	12-Dic	Dic-20	20/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	9:35 AM	10:20 AM	0,75	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
219	12-Dic	Dic-25	25/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	7:42 AM	8:08 AM	0,43	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
220	12-Dic	Dic-25	25/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:52 PM	7:05 PM	0,22	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil
221	12-Dic	Dic-31	31/12/2024	Obstrucción Chute Móvil	6:22 PM	6:32 PM	0,17	Falla Operativa	1	PARADA CORRECTIVO OPERACIONES	Obstrucion chute movil	Chute movil

Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!

Anexo 9 paros consolidados molienda 2024 Pivot fallas operativas



Anexo 10 consolidados molienda 2024 Pivot falla mto especialidad



Etiquetas de fila	Suma de Duracion H
<b>Falla eléctrica</b>	<b>35,78</b>
Arrancador Ball mill	15,35
Calentamiento Exitatriz ball	0,97
Comunicación PLC molinos	1,85
Falla aire comprimido	0,65
Falla cable exitratriz ball	3,22
Falla Criba	1,72
Falla instrumentacion ciclon	0,50
Falla motor molino SAG	3,63
Falla pesometro	1,55
Falla sensor nivel chute mov.	1,08
Falla sensor temp motor SAG	2,42
Paro emergencia B2	0,20
Sensor nivel chute movil	0,63
Valvula alim. Agua SAG	0,43
Valvula clutch SAG	1,58
<b>Falla mecánica</b>	<b>126,70</b>
Banda 3 destensionada	0,46
Bomba agua sellos	1,97
Bomba ciclones	0,30
Bombas agua rec	2,10
Correas B5	1,72
Coupling B2	0,18
Desalineamiento B4	0,75
Elevador Liner alimentacion	2,72
Elevador Liner descarga SA	13,57
Faldon B3	0,35
Faldones B2	0,65
Falla aire comprimido	0,50
Falla B3	0,12
Falla Chute movil	30,33
Falla ciclones	2,55
Falla placa troja intermedia	1,05
Falla valvula colas	1,72
Fuga liner alim. SAG	1,88
Fuga Liner alimentacion SAG	1,83
Fuga pulpa cilindro SAG	4,33
Otra causa	0,85
Pernos Trunion Liner	41,93
Polea motriz B4	3,87
Raspabanda B2	3,12
Revestimiento chute B1 a tro	0,37
Rodillos carga B3	0,70
Rotura B2	4,52
Rotura B3	0,08
Valvula alim. Agua SAG	0,20
Valvula clutch SAG	1,98
<b>Total general</b>	<b>162,48</b>

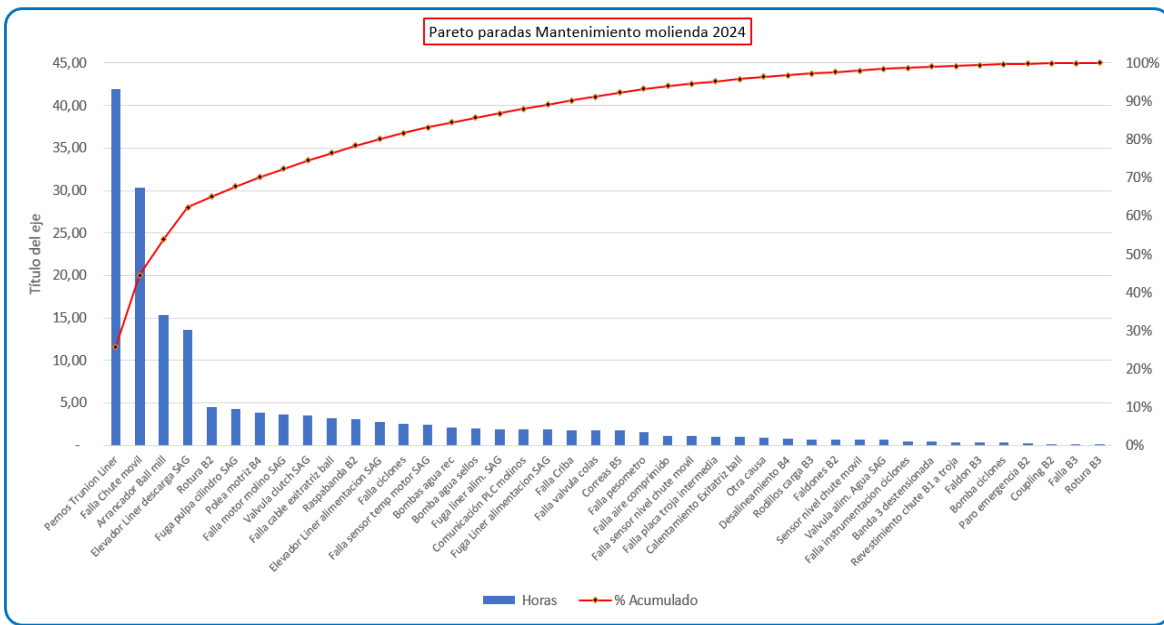
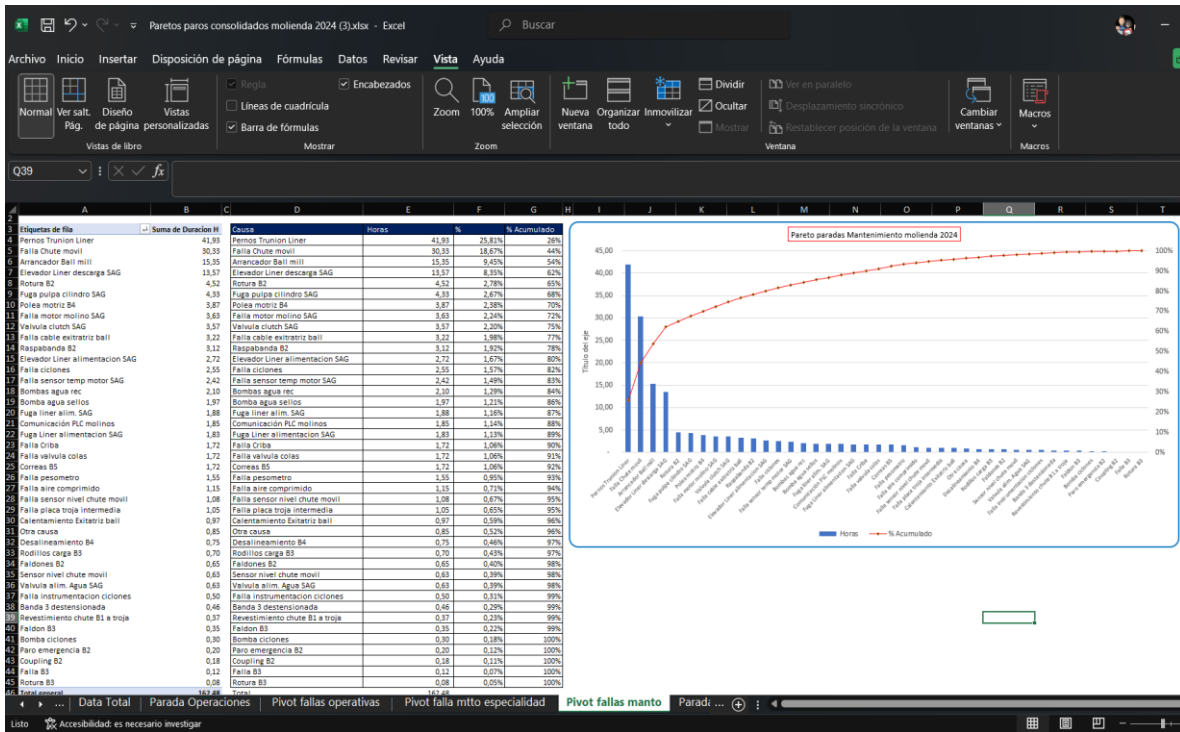
  

Etiquetas de fila	Suma de Duracion H
<b>Falla eléctrica</b>	<b>35,78</b>
Arrancador Ball mill	15,35
Calentamiento Exitatriz ball	0,97
Comunicación PLC molinos	1,85
Falla aire comprimido	0,65
Falla cable exitratriz ball	3,22
Falla Criba	1,72
Falla instrumentacion ciclon	0,50
Falla motor molino SAG	3,63
Falla pesometro	1,55
Falla sensor nivel chute movil	1,08
Falla sensor temp motor SAG	2,42
Paro emergencia B2	0,20
Sensor nivel chute movil	0,63
Valvula alim. Agua SAG	0,43
Valvula clutch SAG	1,58

Etiquetas de fila	Suma de Duracion H
<b>Falla mecánica</b>	<b>126,70</b>
Banda 3 destensionada	0,46
Bomba agua sellos	1,97
Bomba ciclones	0,30
Bombas agua rec	2,10
Correas B5	1,72
Coupling B2	0,18
Desalineamiento B4	0,75
Elevador Liner alimentacion SAC	2,72
Elevador Liner descarga SAG	13,57
Faldon B3	0,35
Faldones B2	0,65
Falla aire comprimido	0,50
Falla B3	0,12
Falla Chute movil	30,33
Falla ciclones	2,55
Falla placa troja intermedia	1,05
Falla valvula colas	1,72
Fuga liner alim. SAG	1,88
Fuga Liner alimentacion SAG	1,83
Fuga pulpa cilindro SAG	4,33
Otra causa	0,85
Pernos Trunion Liner	41,93
Polea motriz B4	3,87
Raspabanda B2	3,12
Revestimiento chute B1 a troja	0,37
Rodillos carga B3	0,70
Rotura B2	4,52
Rotura B3	0,08
Valvula alim. Agua SAG	0,20
Valvula clutch SAG	1,98
<b>Total general</b>	<b>162,48</b>

## Anexo 11 consolidados molienda 2024 Pivot fallas manto





# UNIVERSIADAD DE CIENCIAS COMERCIALES

UCC

## Anexo 12 Consolidados molienda 2024 Paradas Mto

Pareto paros consolidados molienda 2024 (3).xlsx - Excel

Mes	Día	Fecha	Descripción	Desde	Hasta	Duración H	Clasificación	# Paros	Falla de	Causa	Equipo Falla
01-Ene	Ene-04	04/01/2024	Falla criba	1:45 PM	2:24 PM	0.63	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Criba	Criba
01-Ene	Ene-10	10/01/2024	Modificar compuerta para limpieza chute móvil	7:55 AM	8:11 AM	0.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	11:20 AM	11:27 AM	0.12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldones B2	Banda 2
01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	1:19 PM	1:22 PM	0.05	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldones B2	Banda 2
01-Ene	Ene-11	11/01/2024	Falla faldones banda 2	2:37 PM	2:41 PM	0.07	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldones B2	Banda 2
01-Ene	Ene-12	12/01/2024	Desgaste de placas chute móvil- atascamiento	10:21 AM	11:41 AM	1.33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
01-Ene	Ene-18	18/01/2024	Desgaste de placas chute móvil- atascamiento	12:14 PM	1:03 PM	0.82	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
01-Ene	Ene-19	19/01/2024	Reparacion placas chute móvil	8:51 AM	11:11 AM	2.33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
01-Ene	Ene-29	29/01/2024	Falla bomba de agua recuperada 80PU004	12:36 PM	12:52 PM	0.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bombas agua rec	Bombas agua recuperada
01-Ene	Ene-30	30/01/2024	Fuga pulpa liner cilindro SAG	5:58 AM	6:14 AM	0.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
01-Ene	Ene-30	30/01/2024	Fuga pulpa cabezal alimentacion SAG	8:39 AM	9:07 AM	0.47	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
02-Feb	Feb-05	05/02/2024	Fuga pulpa cilindro SAG	11:34 PM	11:46 PM	0.20	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
02-Feb	Feb-06	06/02/2024	Falla bomba de agua recuperada	6:30 PM	6:53 PM	0.38	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bombas agua rec	Bombas agua recuperada
02-Feb	Feb-08	08/02/2024	Fuga pulpa cilindro SAG	7:11 PM	7:27 PM	0.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
02-Feb	Feb-09	09/02/2024	Falla correas banda 5	8:51 AM	10:04 AM	1.22	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Correas B5	Banda 5
02-Feb	Feb-09	09/02/2024	Falla correas banda 5	2:14 PM	2:44 PM	0.50	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Correas B5	Banda 5
02-Feb	Feb-16	16/02/2024	Desprendimiento faldon de madera banda 3	8:35 PM	8:49 PM	0.23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldon B3	Banda 3
02-Feb	Feb-19	19/02/2024	Reparacion revestimiento interno chute móvil	9:20 AM	11:45 AM	2.42	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
02-Feb	Feb-20	20/02/2024	Fuga pulpa cilindro SAG	11:29 PM	11:43 PM	0.23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
02-Feb	Feb-20	20/02/2024	Desprendimiento placas resbaladero banda 1 a troja atacada en banda 2	3:31 AM	3:38 AM	0.12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Revestimiento chute B1 a troja	Chute B1 a troja
02-Feb	Feb-21	21/02/2024	Retiro guarda excitador motor molino de bolas por calentamiento	4:43 PM	5:20 PM	0.62	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga liner alm. SAG	Liner alimentacion SAG
02-Feb	Feb-24	24/02/2024	Fuga pulpa cilindro SAG	10:08 AM	10:36 AM	0.47	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
03-Mar	Mar-01	01/03/2024	Fuga pulpa cabezal alimentacion	8:50 AM	10:40 AM	1.83	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga liner alimentacion SAG	Liner cilindro SAG
03-Mar	Mar-07	07/03/2024	Desprendimiento elevador cabezal descarga	9:09 AM	11:55 AM	2.77	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador liner descarga SAG	Liner descarga SAG
03-Mar	Mar-25	25/03/2024	Desprendimiento elevador cabezal descarga	9:51 AM	10:50 AM	0.98	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador liner descarga SAG	Liner descarga SAG
04-Abr	Abr-02	02/04/2024	Reemplazo de motor molino de bolas por calentamiento	2:13 PM	2:57 PM	0.62	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Calentamiento Excitriz ball	Excitriz motor ball
04-Abr	Abr-09	09/04/2024	Reparacion faldones banda 2	1:37 PM	1:55 PM	0.30	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldones B2	Banda 2
04-Abr	Abr-10	10/04/2024	Reemplazo de rodos en mal estado banda 3	3:45 PM	4:12 PM	0.45	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rodillos carga B3	Banda 3
04-Abr	Abr-30	30/04/2025	Ajustar tension banda 3	11:47 PM	11:50 PM	0.23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Banda 3 destensionada	Banda 3
05-May	May-02	02/05/2024	Banda 3 destensionada	8:21 AM	8:35 AM	0.23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Banda 3 destensionada	Banda 3
05-May	May-08	08/05/2024	Falla pernos trunion liner SAG	10:02 AM	1:09 PM	1.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
05-May	May-03	03/05/2024	Rotura banda 2	10:27 AM	1:25 PM	2.97	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
05-May	May-06	06/05/2024	Falla pernos trunion liner SAG	9:22 AM	10:44 AM	1.37	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
05-May	May-06	06/05/2024	Reemplazo rodos banda 2	7:33 PM	7:42 PM	0.15	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rodillos carga B3	Banda 3
05-May	May-07	07/05/2024	Desprendimiento elevador cabezal descarga	1:26 PM	3:52 PM	2.43	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador liner descarga SAG	Liner descarga SAG
05-May	May-08	08/05/2024	Falla pernos trunion liner SAG	10:40 PM	11:00 PM	0.33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
05-May	May-09	09/05/2024	Falla pernos trunion liner SAG	11:00 PM	12:57 AM	1.95	Falla mecánica	0	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG

Pareto paros consolidados molienda 2024 (3).xlsx - Excel

Mes	Día	Fecha	Descripción	Desde	Hasta	Duración H	Clasificación	# Paros	Falla de	Causa	Equipo Falla
05-May	May-13	13/05/2024	Falla aire comprimido	9:09 AM	9:15 AM	0.10	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla aire comprimido	Aire comprimido
05-May	May-13	13/05/2024	Falla faldones banda 2	1:38 PM	1:45 PM	0.12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldones B2	Banda 2
05-May	May-17	17/05/2024	Reemplazo de banda 2	9:58 AM	10:27 AM	0.48	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
05-May	May-17	17/05/2024	Activacion paro emergencia banda 2	3:53 AM	4:05 AM	0.20	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Paro emergencia B2	Banda 2
05-May	May-19	19/05/2024	Falla valvula clutch molino SAG	6:15 PM	8:14 PM	1.98	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Valvula clutch SAG	Clutch SAG
05-May	May-21	21/05/2024	Desprendimiento elevador cabezal descarga	4:55 PM	6:09 PM	1.23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador liner descarga SAG	Liner descarga SAG
05-May	May-23	23/05/2024	Instalacion elevador cabezal descarga	9:50 AM	12:16 PM	2.48	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador liner descarga SAG	Liner descarga SAG
05-May	May-24	24/05/2024	Fuga de pulpa cabezal alimentacion SAG	10:27 AM	11:02 AM	0.58	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga liner alm. SAG	Liner alimentacion SAG
05-May	May-28	28/05/2024	Falla pernos trunion liner SAG	8:07 AM	10:27 AM	2.33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
06-Jun	Jun-03	03/06/2024	Falla sistema comunicacion PLC molinos	5:52 AM	7:43 AM	1.85	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Comunicacion PLC molinos	Comunicacion control
06-Jun	Jun-10	10/06/2024	Falla bomba agua recuperada	2:03 PM	2:18 PM	0.25	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bombas agua rec	Bombas agua recuperada
06-Jun	Jun-12	12/06/2024	Falla electroválvula alimentación agua a chute móvil	11:38 PM	11:53 PM	0.25	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Valvula alm. Agua SAG	Alim. agua SAG
06-Jun	Jun-15	15/06/2024	Falla electroválvula alimentación agua a chute móvil	1:19 AM	1:30 AM	0.18	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Valvula alm. Agua SAG	Alim. agua SAG
06-Jun	Jun-15	15/06/2024	Falla pernos trunion liner SAG	2:02 PM	3:23 PM	1.35	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
06-Jun	Jun-21	21/06/2024	Falla tranomisor de gresion de ciclones	4:09 PM	4:39 PM	0.30	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla instrumentacion ciclones	Ciclones
06-Jun	Jun-24	24/06/2024	Falla raspapanda de banda 2	10:10 AM	10:20 AM	0.17	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspapanda B2	Banda 2
06-Jun	Jun-24	24/06/2024	Falla raspapanda de banda 2	10:36 AM	10:52 AM	0.27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspapanda B2	Banda 2
06-Jun	Jun-24	24/06/2024	Falla raspapanda de banda 2	11:20 AM	11:55 AM	0.58	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspapanda B2	Banda 2
06-Jun	Jun-24	24/06/2024	Falla raspapanda de banda 2	1:57 PM	2:30 PM	0.55	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspapanda B2	Banda 2
06-Jun	Jun-27	27/06/2024	Mantenimiento correctivo pospuerto por lluvia	1:25 PM	2:18 PM	0.85	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Otra causa	Programado no ejecutado
06-Jun	Jun-28	28/06/2024	Mantenimiento correctivo ciclones y bandas	9:00 AM	11:33 AM	2.55	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla ciclones	Ciclones
07-Jul	Jul-08	08/07/2024	Fuga pulpa cabezal de alimentacion	9:20 AM	10:01 AM	0.68	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga liner alm. SAG	Liner alimentacion SAG
07-Jul	Jul-11	11/07/2024	Fuga de agua tubería agua recuperada	5:12 AM	6:10 AM	0.97	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bombas agua rec	Bombas agua recuperada
07-Jul	Jul-11	11/07/2024	Falla arranque motor molino de bolas	6:10 AM	7:08 AM	0.97	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arranque Ball Mill	Chute móvil
07-Jul	Jul-11	11/07/2024	Fuga de mineral chute móvil	2:17 PM	4:32 PM	2.25	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
07-Jul	Jul-15	15/07/2024	Fuga de pulpa cilindro SAG	8:53 AM	9:13 AM	0.33	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
07-Jul	Jul-17	17/07/2024	Falla couplig Banda 2, traslado de operación a banda a auxiliar	6:41 PM	6:49 PM	0.13	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Coupling B2	Banda 2
07-Jul	Jul-17	17/07/2024	Falla couplig Banda 2, traslado de operación a banda 2	9:20 PM	9:23 PM	0.05	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Coupling B2	Banda 2
07-Jul	Jul-23	23/07/2024	Reparacion placas chute móvil	8:42 AM	12:19 PM	3.62	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute móvil	Chute móvil
08-Ago	Ago-01	01/08/2024	Falla aire comprimido	4:40 PM	4:48 PM	0.13	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla aire comprimido	Aire comprimido
08-Ago	Ago-02	02/08/2024	Falla pernos trunion liner SAG	3:32 PM	4:55 PM	1.38	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
08-Ago	Ago-06	06/08/2024	Falla chute móvil y trunion liner	1:19 PM	4:54 PM	3.25	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Chute móvil	Chute móvil
08-Ago	Ago-10	10/08/2024	Falla pernos trunion liner SAG	7:37 AM	11:01 AM	3.40	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
08-Ago	Ago-10	10/08/2024	Falla sensor de nivel de chute móvil	2:04 PM	2:10 PM	0.10	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Sensor nivel chute móvil	Sens. Nivel chute móvil
08-Ago	Ago-10	10/08/2024	Falla sensor de nivel de chute móvil	2:20 PM	2:26 PM	0.10	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Sensor nivel chute móvil	Sens. Nivel chute móvil
08-Ago	Ago-12	12/08/2024	Falla pernos trunion liner SAG	3:00 PM	5:36 PM	2.93	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion liner	Trunion liner SAG
08-Ago	Ago-13	13/08/2024	Reemplazo bomba de ciclones	7:29 PM	7:40 PM	0.18	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bomba ciclones	Bomba Pulpa
08-Ago	Ago-13	13/08/2024	Reemplazo bomba de ciclones	7:58 PM	8:05 PM	0.35	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bomba ciclones	Bomba Pulpa
08-Ago	Ago-15	15/08/2024	Reparacion banda 2- cambio de tolva	8:39 PM	8:47 PM	0.13	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2

Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad ¡Somos la gente que triunfa!

# UNIVERSIADAD DE CIENCIAS COMERCIALES

## Anexo 13 Continuación consolidados molienda 2024 Paradas Mtto

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
79	08-Ago	Ago-15	15/08/2024	Falla pernos trunion liner SAG	10:05 AM	11:10 AM	1,08	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
80	08-Ago	Ago-22	22/08/2024	Falla arranque motor molino de bolas	5:07 PM	6:00 PM	0,88	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arrancador Ball mill	Arranque Ball Mill
81	08-Ago	Ago-24	24/08/2024	Falla electrovalvula aire de clutch SAG	7:54 AM	9:29 AM	1,58	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Valvula clutch SAG	Clutch SAG
82	08-Ago	Ago-28	28/08/2024	Cambio troja para reparar banda 2	9:46 AM	9:59 AM	0,22	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
83	08-Ago	Ago-28	28/08/2024	Cambio troja para reparar banda 2	10:37 AM	10:44 AM	0,12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
84	09-Sep	Sep-04	04/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	1:50 PM	3:40 PM	1,83	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
85	09-Sep	Sep-05	05/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	9:59 AM	12:37 PM	2,63	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
86	09-Sep	Sep-10	10/09/2024	Desprendimiento lamina de chute B1 a Troja intermedia	7:17 AM	7:32 AM	0,25	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Revestimiento chute B1 a troja	Chute B1 a troja
87	09-Sep	Sep-10	10/09/2024	Falla electrica: perdida presion de aire	1:48 PM	2:03 PM	0,25	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla aire comprimido	Aire comprimido
88	09-Sep	Sep-16	16/09/2024	Falla valvula agua alimentacion SAG	11:10 PM	11:22 PM	0,20	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Valvula alm. Agua SAG	Alim. agua SAG
89	09-Sep	Sep-17	17/09/2024	Falla raspabanda primario banda 2	6:02 PM	6:35 PM	0,53	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspabanda B2	Banda 2
90	09-Sep	Sep-18	18/09/2024	Falla arranque motor molino de bolas	4:25 PM	7:34 PM	3,13	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arrancador Ball mill	Arranque Ball Mill
91	09-Sep	Sep-19	19/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	9:34 AM	10:53 AM	1,32	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
92	09-Sep	Sep-19	19/09/2024	Falla arranque motor molino de bolas	10:53 AM	3:05 PM	4,20	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arrancador Ball mill	Arranque Ball Mill
93	09-Sep	Sep-24	24/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	3:00 PM	4:47 PM	1,78	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
94	09-Sep	Sep-26	26/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	7:18 AM	10:12 AM	2,90	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
95	09-Sep	Sep-27	27/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	9:44 AM	12:00 PM	2,27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
96	09-Sep	Sep-27	27/09/2024	Falla arranque motor molino de bolas	12:00 PM	12:51 PM	0,85	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arrancador Ball mill	Arranque Ball Mill
97	09-Sep	Sep-28	28/09/2024	Falla bomba agua de sellos	8:32 PM	10:30 PM	1,97	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bomba agua sellos	Agua sellos
98	09-Sep	Sep-29	29/09/2024	Falla sensor de nivel de chute movil	7:56 AM	8:04 AM	0,13	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Sensor nivel chute movil	Sens. Nivel chute movil
99	09-Sep	Sep-29	29/09/2024	Falla sensor de nivel de chute movil	3:28 PM	3:39 PM	0,18	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Sensor nivel chute movil	Sens. Nivel chute movil
100	09-Sep	Sep-29	29/09/2024	Falla sensor de nivel de chute movil	4:44 PM	4:51 PM	0,12	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Sensor nivel chute movil	Sens. Nivel chute movil
101	09-Sep	Sep-30	30/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	9:00 AM	10:10 AM	1,17	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
102	09-Sep	Sep-30	30/09/2024	Falla pernos trunion liner SAG	3:00 PM	6:10 PM	3,17	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
103	10-Oct	Oct-04	04/10/2024	Cambio de troja reparacion banda 2	8:03 AM	8:09 AM	0,10	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
104	10-Oct	Oct-04	04/10/2024	Cambio de troja reparacion banda 2	3:18 PM	3:24 PM	0,10	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
105	10-Oct	Oct-10	10/10/2024	Falla motor de criba 1	8:14 AM	9:18 AM	1,07	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla Criba	Criba
106	10-Oct	Oct-14	14/10/2024	Falla de bomba agua recuperada	6:00 PM	6:14 PM	0,23	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Bombas agua rec	Bombeo agua recuperada
107	10-Oct	Oct-14	14/10/2024	Falla aire comprimido	10:32 PM	10:48 PM	0,27	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla aire comprimido	Aire comprimido
108	10-Oct	Oct-16	16/10/2024	Falla aire comprimido	12:43 PM	1:07 PM	0,40	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla aire comprimido	Aire comprimido
109	10-Oct	Oct-20	20/10/2024	Falla en el cable de alimentacion de energia a la excitatriz motor del molino	5:26 AM	8:39 AM	3,22	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla cable extratriz	Extratriz motor ball
110	10-Oct	Oct-20	20/10/2024	Desalinacion banda 4	8:39 AM	9:24 AM	0,75	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Desalinamiento B4	Banda 4
111	10-Oct	Oct-26	26/10/2024	Falla motor molino SAG	9:42 AM	10:54 AM	1,20	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla motor molino SAG	Motor SAG
112	10-Oct	Oct-27	27/10/2024	Falla motor molino SAG	7:55 AM	10:21 AM	2,43	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla motor molino SAG	Motor SAG
113	10-Oct	Oct-29	29/10/2024	Reparar chute movil / desprendimiento elevador cab descarga	8:49 AM	12:42 PM	3,88	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
114	11-Nov	Nov-01	01/11/2024	Desmontaje raspabanda primario B2	8:25 AM	9:25 AM	1,00	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Raspabanda B2	Banda 2
115	11-Nov	Nov-03	03/11/2024	Corte en banda 2	11:11 PM	11:17 PM	0,10	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
116	11-Nov	Nov-03	03/11/2024	Corte en banda 3	11:47 PM	11:52 PM	0,08	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B3	Banda 3
117	11-Nov	Nov-04	04/11/2024	Reparacion chute movil	2:06 PM	3:47 PM	1,68	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
118	11-Nov	Nov-06	06/11/2024	Reparacion chute movil	8:46 AM	11:40 AM	2,90	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
119	11-Nov	Nov-07	07/11/2024	Traspado a tolva provisional-reparacion banda 2	8:38 AM	8:56 AM	0,30	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rotura B2	Banda 2
120	11-Nov	Nov-08	08/11/2024	Falla pernos trunion liner/fuga de pulpa cabezal descarga	9:08 AM	11:50 AM	2,70	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
121	11-Nov	Nov-11	11/11/2024	Reemplazo tacometro pesometro banda 3	10:22 AM	11:55 AM	1,55	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla pesometro	Pesometro
122	11-Nov	Nov-12	12/11/2024	Desprendimiento de placa en chute movil, ataque	4:49 PM	5:52 PM	1,05	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
123	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Fuga pulpa liner cilindro SAG	8:54 AM	10:03 AM	1,15	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
124	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Reinstalacion faldon de madera banda 3	2:10 PM	2:17 PM	0,12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Faldon B3	Banda 3
125	11-Nov	Nov-14	14/11/2024	Falla banda 3	6:39 PM	6:46 PM	0,12	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla B3	Banda 3
126	11-Nov	Nov-16	16/11/2024	Desprendimiento placa troja intermedia daña B2	5:47 PM	6:50 PM	1,05	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla placa troja intermedia	Troja intermedia
127	11-Nov	Nov-16	16/11/2024	Activacion sensor nivel chute fijo	6:50 PM	7:55 PM	1,08	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla sensor nivel chute movil	Sens. Nivel chute movil
128	11-Nov	Nov-18	18/11/2024	Reemplazo rodos banda 3	10:48 AM	10:34 AM	0,10	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Rodillos carga B3	Banda 3
129	11-Nov	Nov-22	22/11/2024	Falla valvula de colas	7:44 AM	9:27 AM	1,72	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla valvula colas	Bombeo Colas
130	11-Nov	Nov-25	25/11/2024	Desprendimiento de elevador descarga	9:47 AM	1:30 PM	3,72	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador Liner descarga SAG	Liner descarga SAG
131	12-Dic	Dic-02	02/12/2024	Reparacion chute movil rotura virola	2:00 PM	5:02 PM	3,03	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
132	12-Dic	Dic-05	05/12/2024	Fuga pulpa liner cilindro SAG	1:35 AM	1:48 AM	0,22	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
133	12-Dic	Dic-05	05/12/2024	Falla pernos trunion liner	1:30 PM	2:29 PM	2,92	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Pernos Trunion Liner	Trunion Liner SAG
134	12-Dic	Dic-06	06/12/2024	Retiro guarda extratriz molino de bolas	6:49 PM	7:17 PM	0,47	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Calentamiento Extratriz ball	Extratriz motor ball
135	12-Dic	Dic-13	13/12/2024	Caida de elevador cabezal alimentacion SAG	10:28 AM	11:19 PM	2,71	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Elevador Liner alimentacion SAG	Liner alimentacion SAG
136	12-Dic	Dic-24	24/12/2024	Fuga de pulpa liner cilindro SAG	1:29 PM	2:13 PM	0,73	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Fuga pulpa cilindro SAG	Liner cilindro SAG
137	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Rotura de chute movil	9:58 AM	11:28 AM	1,50	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla chute movil	Chute movil
138	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Falla sensor temperatura motor SAG	1:05 PM	3:30 PM	2,42	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Falla sensor temp motor SAG	Sensor motor SAG
139	12-Dic	Dic-30	30/12/2024	Falla arranque motor molino de bolas	3:30 PM	8:48 PM	5,30	Falla eléctrica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Arrancador Ball mill	Arranque Ball Mill
140	12-Dic	Dic-31	31/12/2024	Reemplazo rodamientos polea motriz banda 4	9:18 AM	1:10 PM	3,87	Falla mecánica	1	Unscheduled Mechanical Downtime (h)	Polea motriz B4	Banda 4

Etiquetas de fila	Suma de # Paros	Suma de Duracion H		
Trunion Liner SAG	19	41,93	45.000	1.887.000,00
Chute movil	14	30,33	45.000	1.365.000,00
Arranque Ball Mill	6	15,35		2.295.000,00
Liner descarga SAG	6	13,57		5.547.000,00
Banda 2	23	8,67		
Liner cilindro SAG	11	6,17		
Banda 4	2	4,62		
Liner alimentacion SAG	4	4,60		
Exitatriz motor ball	3	4,18		
Motor SAG	2	3,63		
Clutch SAG	2	3,57		
Ciclones	2	3,05		
Sensor motor SAG	1	2,42		
Bombeo agua recuperada	5	2,10		
Agua sellos	1	1,97		
Comuncacion control	1	1,85		
Sens. Nivel chute movil	6	1,72		
Criba	2	1,72		
Banda 5	2	1,72		
Bombeo Colas	1	1,72		
Banda 3	9	1,71		
Pesometro	1	1,55		
Aire comprimido	5	1,15		
Troja Intermedia	1	1,05		
Programado no ejecutado	1	0,85		
Alim. agua SAG	3	0,63		
Chute B1 a troja	2	0,37		
Bomba Pulpa	2	0,30		
<b>Total general</b>	<b>137</b>	<b>162,48</b>		

Fuente: Planta de producción Mina Limón

Anexo 15 Planta proceso de oro Mina Limón, grupo de trabajo de proyecto de graduación 2025



Fuente: Planta de producción Mina Limón

Anexo 16 Trituradora ( se usa para quebrar piedras( y que pasen solo de la medida requerida



Fuente: Planta de producción Mina Limón

El tamaño de las rocas que ingresa a la troja (trituradora) es de 5” hasta 30”, la piedra que sea muy grande no pasa por la parrilla que está al inicio de la trituradora, el tamaño máximo que la parrilla deja pasar es de 12”, se tiene que estar apartando y sacando, geología se encarga de llevárselas, se les conoce como “bolones” y los exponen a voladuras.

En la trituradora el material que pasa por la parrilla cae a la trituradora que le llaman “trituradora de mandíbulas” tiene mandíbulas fijas y móviles, la abertura que tiene la mandíbula es ajustable en este caso es de 4.5”

*Anexo 17 banda transportadora (banda #1)*



*Fuente: Planta de producción Mina Limón*

Descripción por Diego Mairena: Las rocas que lograron pasar salen de la trituradora en un tamaño de 4.5” lo cual es una medida en que el molino trabaja muy bien, el mineral que pasa por la banda transportadora (banda #1) cae en una troja pequeña que la función es transportarla a la banda 2 que lleva a la banda 3 que es la que cae al molino la banda 3 tiene una velocidad constante y la banda 2 tiene una velocidad variable en dependencia a la meta que quiera la empresa. La capacidad de la trituradora es de 100 toneladas por hora, aproximadamente. No siempre se hacen todas las horas productivas ya que existen tiempos improductivos, como basuras, troncos, que se pueden hallar en el material que cae en la troja, al encontrar ese tipo de basura se procede a detener la banda y se elimina el material innecesario

Las piedras que pasan bien (de 4.5”) pasan luego al molino primario SEMI AUTONOMO, utiliza bolas de 4.5” se adicionan a través de un buzón que se levanta por medio de un teclé eléctrico y se le mete por un “chute”, de esa manera entran las bolas al molino primario, el muele por impacto, hace un efecto cascada, el molino por dentro tiene unos elevadores que levanta la piedra con el mineral y luego la deja caer y por impacto las piedras se van rompiendo. El molino tiene un rechazo ya que por dentro tiene unas parrillas con aberturas máximas de 9 mm todo lo que va quebrando sale por esas parrillas y luego cae en unas cajas llamadas “Receptoras de pulpa” le llaman pulpa a lo que es la molienda cuando cae en esas cajas que tienen dos bombas que succionan y la mandan por unas tuberías a unos hidrociclones, lo mas liviano sale por arriba y se manda al espesador y lo más grueso sale por debajo a un molino llamado “molino de bolas” porque trabaja con bolas de 1.5”. La función de ese molino es refinar hasta 74 micras, que es la partícula más fina que produce ese molino, la intención de esto es provocar que la partícula sea lo más pequeña posible para que quede desencapsulado lo que es la partícula de oro. El oro que se procesa en la planta no es puro, es oro metálico, contiene varios metales como: bronce, hierro y plata

La planta tiene una sala llamada TLC monitoreada por un colaborador mediante un proceso automatizado desde 2015 que ha mejorado significativamente los tiempos en realizar algún trabajo ya sea en indicarle a la planta que se necesita mas agua o mas espesor.

Anexo 18 Material que ingresa a la troja (brosa)



Fuente: Planta de producción Mina Limón

Material que ingresa a la troja (brosa) Proceso de trituración se alimenta de 3 montones (montón 60, 45 y 11 así se les llama) a la fecha realizados los estudios equivalen a 4 gramos por toneladas, eso cambia conforme al plan mensual de producción que tiene la alta gerencia, el mineral que proviene cambia de tonalidad, el más claro viene de subterráneo y el más oscuro proviene de los tajos.

Anexo 19 Área de estudio de ingeniería, Planta de procesos de oro, se logra ver el molino de bolas



Fuente: Planta de producción Mina Limón

*Por nuestro prestigio, trayectoria y calidad  
¡Somos la gente que triunfa!*