



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
DIRECCION ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
MAESTRIA EN GESTIÓN EMPRESARIAL

Tesis para la obtención del grado de
Master en
Gestión Empresarial

**“DISEÑO DE UN MODELO DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA
MAQUINARIA Y EQUIPOS APLICABLE A PLANTELES MINEROS”**

Elaborado por:

Ing. Carlos José Pérez Reyes

Ing. Helder José Cruz Varela

Tutor de tesis:

Lic. Isa Raquel Zeledón Rivers M.Sc.,

Managua, Nicaragua, diciembre de 2024



Managua, 05 de septiembre de 2024

Ing. Freddy González López, M.Sc.,
Director de Estudios de Posgrado UNI
Su despacho

Estimado Ing. González

Reciba fraternos saludos de mi parte.

Por este medio deseo comunicarme en calidad de tutora del tema de tesis titulado **Diseño de Modelo de Gestión de Mantenimiento para Maquinaria y Equipos aplicable a Planteles Mineros** que el mismo cumple con la normativa para la elaboración de la tesis y se encuentra estructurado de acuerdo con el protocolo aprobado por Posgrado que usted dirige y acorde a los lineamientos de culminación de estudio de la Oficina de Posgrado.

Por lo cual he autorizado al **Ing. Carlos José Pérez Reyes** y al **Ing. Helder José Cruz Varela**, la entrega del documento a la instancia correspondiente.

Sin más que agregar y deseándole éxitos en sus labores académicas y administrativas me despido.

Atentamente,

Lic. Isa Raquel Zeledón Rivers M.Sc.,
Tutor de Tesis



DEDICATORIA

Dedico este trabajo con mucho amor y gratitud primeramente a Dios por guiarme en el camino de la vida brindarme sabiduría, entendimiento y fortaleza para cumplir con uno más de mis objetivos profesionales, a mis padres que en paz descansen, a mi esposa y a mis hijos.

Ing. Carlos José Pérez Reyes



DEDICATORIA

A Dios, mi roca eterna, por guiarme en cada paso de este viaje académico y darme la fuerza para perseverar. Gracias por ser mi fuente de fortaleza y entendimiento en este logro académico. De igual manera a mi esposa e hijos quienes con su paciencia y comprensión, cedieron su tiempo para permitirme cumplir una meta personal.

Ing. Helder José Cruz Varela



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi profundo agradecimiento primeramente a Dios, por darme la vida, la salud, sabiduría y fortaleza para permitirme alcanzar cada una de las metas propuestas en mi carrera profesional.

Agradecer a mis padres que en paz descansen, a mi esposa e hijos por su amor, comprensión y el apoyo incondicional depositado en cada momento de mi vida, sé que este esfuerzo les ha robado una buena parte de mi tiempo que debería haber dedicados a ellos, sin embargo; este tiempo será recompensado con este nuevo logro.

A los maestros que me acompañaron durante todo el camino de la maestría, por compartirnos sus conocimientos, guiarnos en el buen camino del saber con paciencia y comprensión; en especial a mi tutora Lic. Isa Raquel Zeledón Rivers por su especial atención y habilidad de orientación para la realización de este trabajo en especial.

De igual manera agradecemos a nuestros compañeros de trabajo que brindaron parte de su sabiduría y a mis compañeros de estudio de la maestría que me brindaron su apoyo en este camino y todas aquellas personas que de forma directa e indirecta que me brindaron su apoyo en la ejecución del presente documento.

Ing. Carlos José Pérez Reyes



AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar agradecimiento a mi familia por haberme brindado la oportunidad de estudiar con la tranquilidad de saber que cuento con su respaldo y en especial a mi esposa que ha sido un apoyo siempre que lo he necesitado.

A mi tutora Lic. Isa Raquel Zeledón Rivers, así como al resto de docentes por compartir sus conocimientos y dedicación durante todo este período.

Ing. Helder José Cruz Varela



Contenido

| | |
|---|-----|
| I. RESUMEN EJECUTIVO | 4 |
| II. INTRODUCCIÓN | 5 |
| III. ANTECEDENTES..... | 6 |
| IV. PLANTEAMIENTO SITUACIONAL..... | 8 |
| V. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN | 10 |
| VI. JUSTIFICACION..... | 11 |
| VII. MARCO TEORICO | 13 |
| VIII.DISEÑO METODOLÓGICO..... | 33 |
| IX. CONTEXTO DE LA EMPRESAS | 38 |
| X. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS PLANTELES HEMCO | 47 |
| XI. PROPUESTA DE MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO | 71 |
| XII. ANALISIS DE CRITICIDAD DE MAQUINARIA Y EQUIPOS..... | 80 |
| XIII.IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO..... | 84 |
| XIV. RESULTADOS ESPERADOS DEL NUEVO MODELO | 87 |
| XV. ESTUDIO DE TÉCNICO | 94 |
| XVI. ESTUDIO DE FINANCIERO | 98 |
| XVII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 100 |
| 17.1 Conclusiones..... | 100 |
| 17.2 Recomendaciones..... | 104 |
| XVIII. BIBLIOGRAFÍA..... | 106 |
| XIX. ANEXOS | 108 |



Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1 Criterios de Clasificación para Severidad de Fallas..... | 22 |
| Tabla 2 Criterios de Ocurrencias de Fallas..... | 24 |
| Tabla 3 Criterios de Elección de Fallas | 25 |
| Tabla 4 Clasificación según NPR | 27 |
| Tabla 5 Criterios de Evaluación y Análisis de Criticidad | 27 |
| Tabla 6 Escala de Calificación del Análisis de Criticidad..... | 28 |
| Tabla 7 Metodología del Proyecto | 35 |
| Tabla 8 Resultados de la gestión de avisos y cierre de OT del año 2023 | 56 |
| Tabla 9 Total Horas paro generadas en el año 2023..... | 59 |
| Tabla 10 Distribución por tipo de mantenimiento 2023 (Preventivo, Correctivo y Predictivo) | 61 |
| Tabla 11 Costos de Mantenimiento | 63 |
| Tabla 12 Mes piso - Coberturas..... | 66 |
| Tabla 13 Valor de los Inventarios 2023.. | 67 |
| Tabla 14 Criterios Particulares | 80 |
| Tabla 15 Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral..... | 91 |
| Tabla 16 Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral..... | 92 |
| Tabla 17 Dashboard de seguimiento a Indicadores | 93 |



Índice de Gráficos

| | |
|---|----|
| Gráfico 1 Modelo de gestión de mantenimiento actual..... | 48 |
| Gráfico 2 Nivel de Conocimiento en la Gestión del Mantenimiento | 52 |
| Gráfico 3 Nivel de conocimiento en la Gestión del Mantenimiento del Personal Administrativo (PA)..... | 53 |
| Gráfico 4 Nivel de conocimiento en la Gestión del Mantenimiento del Personal Técnico (PT)..... | 54 |
| Gráfico 5 Total de Horas Paro 2023 (Incluye Mantenimiento y Operaciones) | 57 |
| Gráfico 6 Total de Horas Paro vs Disponibilidad de Planta | 58 |
| Gráfico 7 Total Horas Paro No Programas y % de tiempo perdido..... | 59 |
| Gráfico 8 Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo | 60 |
| Gráfico 9 Equipos con más intervenciones correctivas en el año 2023..... | 62 |
| Gráfico 10 Costos reales OPEX y CAPEX 2023 | 64 |
| Gráfico 11 Rotación de Inventario | 68 |
| Gráfico 12 Clasificación de Equipos por Criticidad | 81 |
| Gráfico 13 Criticidad vs Total Intervenciones vs Correctivas..... | 81 |



Índice de Ilustraciones

| | |
|--|----|
| Ilustración 1 Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento | 32 |
| Ilustración 2 Descripción grafica de la Ubicación de los diferentes Planteles Mineros en el País | 40 |
| Ilustración 3 Descripción grafica de la Ubicación de los diferentes Planteles Mineros en el País | 42 |
| Ilustración 4 Flujogramas..... | 49 |
| Ilustración 5 Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento Planteles ... | 51 |
| Ilustración 6 Roles de mantenimiento en SAP | 55 |
| Ilustración 7 Organigrama del modelo propuesto | 72 |
| Ilustración 8 Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento..... | 75 |
| Ilustración 9 Criterios Generales..... | 80 |
| Ilustración 10 Análisis FODA | 83 |
| Ilustración 11 Pilares del Modelo Integral de Mantenimiento Propuesto | 85 |



I. RESUMEN EJECUTIVO

La industria minera constituye uno de los renglones más importantes de la economía de Nicaragua y en la mayoría de los países, desarrollarla con la mayor eficiencia posible es tarea de primer orden para la ciencia, por lo que se emplean grandes esfuerzos en el estudio de las principales operaciones que la componen con el fin de optimizar recursos.

El problema que fundamenta esta investigación es la necesidad de establecer la relación entre la productividad, el mantenimiento y el reemplazo de la maquinaria de los planteles mineros a gran escala, partiendo del análisis de su desempeño bajo condiciones concretas de explotación.

Un modelo de gestión de mantenimiento busca establecer una serie de componentes relacionados entre sí para definir una ruta a seguir, según las necesidades de la organización y en este caso enfocarse al factor financiero

En el siguiente proyecto se presenta una propuesta de diseño de un Modelo de Gestión de Mantenimiento que permita establecer los costos totales del mantenimiento.

Finalmente, la sostenibilidad del Modelo de Gestión Mantenimiento será evaluada mediante un Cuadro de Mando Integral en el que se definen objetivos por cada perspectiva que se requiera, con el fin de validar el modelo.

Palabras Clave: Minería, Modelo de Gestión de Mantenimiento, Criticidad, Equipos Móviles, Preventivo, Predictivo, Costo total de Mantenimiento, Cuadro de Mando Integral, AMEF.



II. INTRODUCCIÓN

Las compañías mineras son cada vez más conscientes que la continuidad de sus operaciones y de la producción no solo dependen del hallazgo de recursos mineros; sino también del adecuado funcionamiento de sus bienes de capital, que ayudarán a cumplir con los objetivos de costos y optimización de procesos.

Los activos y recursos que han recibido un mantenimiento adecuado continúan una producción estable y minimizan en gran medida las posibilidades de tiempo de inactividad no planificada, llevando a una mayor rentabilidad a las empresas y garantizando el éxito a largo plazo en la operación minera.

El tiempo de inactividad no planificada provoca un efecto de bola de nieve que lleva a un aumento en los costos inesperados asociados, como reparaciones (horas extras, piezas de repuesto, etc.), retrasos en los envíos, pérdida de ingresos o fallas completas de las máquinas.

Por tal razón, la gestión del mantenimiento ayuda a mejorar la eficiencia operativa de las instalaciones de la planta y los procesos mineros, lo que contribuye en los ingresos económicos al disminuir los costos operacionales y mejorar la calidad (y cantidad) de los productos manufacturados. Además del ahorro, se incluye una mayor seguridad en el lugar de trabajo y una mayor productividad.

Entonces, un mantenimiento bien gestionado resulta fundamental para garantizar la continuidad de la actividad operativa en los procesos mineros, siendo vital para lograr la eficiencia de los activos y garantizar un excelente trabajo en la operación minera.



III. ANTECEDENTES

En la literatura teórica acerca del manejo de económico de las minas, se encuentran varias estructuras de costos y formas de administrar los flujos de caja; además de diversas maneras de determinar un valor adecuado de presupuesto para los costos totales del mantenimiento.

Como menciona Alvear. C, López M, Pindo. J, Proaño. (2011) en una mina ubicada en Ecuador se cuenta con la siguiente estructura de costos, donde se destacan los siguientes puntos: variables del flujo de caja, costos de operación, costos de minado, costo de carga y transporte, impuestos y utilidades de operación. En este caso en específico el valor del mantenimiento está incluido en su estructura de costos dentro de rubro de costos de carga y transporte donde se determina que el costo fijo de mantenimiento debe ser de 0.2 dólares por cada metro cubico de material extraído de la mina; sin embargo, se habla de que este puede estar sujeto a variaciones dada la rentabilidad que presente la mina a lo largo del año.

En una mina en San Juan, Argentina, explican Peluc. M, González. M. (2015) que todo costo, en esencia, está basado en relaciones de productividad física expresada luego en términos monetarios. Existen diferentes clasificaciones de costos y para el análisis se utiliza la clasificación de costos directos e indirectos. Por lo que para el caso de explotación de piedra caliza se definen diferentes costos directos e indirectos en forma porcentual por cada tonelada de caliza extraída, donde destaca el costo del mantenimiento como un costo directo y este está cuantificado en un 8% del valor de cada tonelada de caliza extraída por esta mina.

En Canadá menciona Shinobe. A. (2007) que se establecen estructuras de costos estructuradas mediante modelos matemáticos (ecuaciones) que permiten determinar



qué valores de cada rubro que determinan como costos variables y fijos del flujo de caja de la mina. Se destaca que el valor del costo del mantenimiento se define como un costo fijo modelado mediante la siguiente ecuación:

Costo MNT=14600 T^{0.4}, donde T es la cantidad de toneladas de material extraído, que devuelve el valor en dólares canadienses por tonelada de material extraído.

En España explican Azcarate. E, Campos. C, González. M, Manrubia. F (2012), mediante el Manual de evaluación técnico económico de proyectos mineros de inversión, donde inicialmente se recomienda realizar estudios para establecer el valor de todos los costos que están involucrados en el proceso de minería sea cual sea el mineral explotado, donde se recomienda establecer los rubros por cantidad de material extraído.

El mantenimiento se define como un costo de operación e inicialmente se recomienda estimar el costo de mantenimiento de 2% a 5% del coste del capital de los equipos mineros o individualizarlo en función del coste de la energía, después de un análisis del costo de la energía.

Los costos imprevistos (correctivo) se pueden estimar de un 10 al 25% de los costes de operación; es decir no deben ser mayores a los porcentajes establecidos.

También se explica que mineras ya existentes que contemplen alinearse a este manual técnico deben tener un mantenimiento de coste fijo del 0.1 al 0.3 del valor de producción para llegar a ser competitivo.

En síntesis, la minería necesita una estructura de costos muy bien definida, con claros valores fijos y variables, para establecer la rentabilidad del negocio.



IV. PLANTEAMIENTO SITUACIONAL

Problemas por resolver

En la mayoría de los Planteles mineros en Nicaragua no se tienen los costos totales (fijos y variables) de operación y mantenimiento; impidiendo conocer cómo estos afectan la rentabilidad del negocio, debido a esto es difícil determinar si existen pérdidas o ganancias en el proceso productivo de la misma.

Descripción del problema a resolver

En los Planteles mineros en Nicaragua actualmente no se está cuantificando el costo de la realización de los trabajos de mantenimiento de la maquinaria y los equipos mineros, rubro que se debería estar midiendo, debido a su gran importancia.

Actualmente en algunos planteles Mineros la ejecución y la administración de los controles del mantenimiento de la Maquinaria y equipos móviles de la minas se gestiona a través de archivos de Microsoft Office Excel, lo cual no es lo adecuado como herramienta para guardar información sobre los trabajos de mantenimiento, pero al no ser una herramienta desarrollada para estos fines, no se registra toda la información que debe tener un programa de mantenimiento, además no se cuenta con un historial general de los trabajos realizados a los equipos de la mina, generando que la empresa no pueda generar un balance histórico de costos del mantenimiento asociados a cada equipo utilizado en la mina.

En cambio, en otros planteles mineros se utiliza la ERP SAP como sistema de software que debería ayudar en la gestión del mantenimiento, sin embargo, no se utiliza la herramienta de forma adecuada lo que ocasiona que se trabaje para la herramienta y no que la herramienta trabaje en función de una buena gestión del mantenimiento.

También en la mayoría de los planteles Mineros no cuenta con un modelo de gestión



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



que tenga una estructura de costos que permita tener un presupuesto adecuado para establecer los costos de operación y mantenimiento haciendo que no se pueda calcular o determinar pérdidas o ganancias en el negocio desarrollado en esta.



V. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

5.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar el modelo de gestión del mantenimiento para maquinaria y equipos aplicable a planteles mineros que permita el establecimiento de los costos totales de mantenimiento persiguiendo un adecuado balance óptimo entre los costos de mantenimiento OPEX y la inversión Capex en el mantenimiento de los equipos y la continuidad de las operaciones mineras con el soporte adecuado.

5.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 5.2.1 Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento que se está implementado, mediante una auditoria de mantenimiento, que permita determinar el grado de alineamiento con el plan estratégico del plantel minero.
- 5.2.2 Desarrollar una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento, basados en la Filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), orientado al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), ambos como marco de referencia para la gestión integrando los sistemas de seguridad industrial, salud ocupacional, medio ambiente, eficiencia y costos operativos.
- 5.2.3 Determinar mediante un análisis de criticidad los procesos operativos de mayor impacto y los equipos críticos que intervienen en los procesos, definiendo el modelo de los indicadores KPI, basados en los procedimientos internos del plantel.
- 5.2.4 Proponer la implementación, evaluación y sostenibilidad de un plan piloto del modelo de gestión de mantenimiento propuesto que permita su validación, mediante la elaboración de un cuadro de mando integral.



VI. JUSTIFICACION

Este proyecto es de mucha importancia para el sector Minero en Nicaragua, el cual plantea como oportunidad de mejora establecer el diseño del modelo de mantenimiento para maquinaria y equipos aplicable a cualquier plantel minero perteneciente a cualquiera de las Empresas Mineras presentes en el país.

Como explican Peluc. M, González. M. (2015), los costos totales de Mantenimiento, en esencia, está basado en relaciones de productividad física expresada luego en términos monetarios, los cuales bajo cualquier estructura de costos, que defina cualquier tipo de mina para su negocio debe estar basada en un flujo de caja en el que se defina de manera muy detallada cada rubro de los costos totales de operación, fijos y variables que están involucrados en la actividad, que defina un porcentaje de error adecuado en cuanto al presupuesto, para poder manejar las variables de producción y demanda del mercado, para que el dinero presupuestado para un período de trabajo sea suficiente para imprevistos.

Esto en una estructura de costos en cuanto al rubro de mantenimiento debe tener un costo fijo que permita cubrir el costo del mantenimiento preventivo y predictivo, y además se debe establecer un rubro como costos variables para cubrir los imprevistos como fallas que necesiten de aplicar mantenimiento correctivo, ya que, si esto no se hace de esta manera, ya el presupuesto está mal calculado y la estructura de costos es errónea para el negocio.

Por esta razón como indica Gómez, J. (2017) es de suma importancia tener una estructura de costos ligada a un modelo de gestión de mantenimiento que no solo permita cuidar los activos de una empresa, sino que también permita determinar el impacto financiero que tiene el mantenimiento de los equipos para la empresa, pues



como menciona Klimasauskas R. (2005), el mantenimiento en minería es en muchos casos el primer presupuesto de la empresa ya que, este afecta directamente el costo de operación, por lo tanto debe ser manejado cuidadosamente con una estrategia clara a través de un modelo de mantenimiento altamente estructurado que evite paradas, accidentes, problemas ecológicos y desviaciones en el presupuesto, al ser el pilar de la estructura de costos.

Entonces, puede deducirse que el mantenimiento debe ser considerado como una fuente de ingresos de una empresa, estatus muy diferente al de la teoría clásica en la que se consideraba el mantenimiento como un mal necesario. Para que el mantenimiento sea como generador de ingresos debe ser encarado con las estrategias correctas.

Importante como menciona García, S. (2003), el mejoramiento de la gestión del mantenimiento de los equipos permite que mejore la disponibilidad de los equipos, tengan larga vida útil operación eficiente y reducción de los costos de mantenimiento correctivo de los equipos.

Por lo tanto, la solución propuesta es realizar un modelo de gestión de mantenimiento, ya que este modelo al ser diseñado de manera que se cumplan con todos los objetivos de los Planteles y además que permita empezar a obtener información del mantenimiento de la Empresa Minera; información vital para poder realizar análisis financieros de los costos totales y empezar a administrar los recursos económicos que permiten una operación más óptima.



VII. MARCO TEORICO

7.1. Diagnóstico

En las operaciones mineras la gestión del mantenimiento es un desafío único y bastante complejo. Errores en su conceptualización o una mala ingeniería pueden conducir a una baja sustentabilidad y confiabilidad futura de la mina. Para esto realizaremos un diagnóstico de la situación actual en la gestión de mantenimiento.

En términos muy sencillos definiremos el diagnóstico como un proceso de comparación entre dos situaciones: la presente, que hemos llegado a conocer mediante la indagación, y otra ya definida y supuestamente conocida que nos sirve de pauta o modelo. El “saldo” de esta comparación o contraste, es lo que llamamos diagnóstico. (Diagnóstico organizacional / Elizabeth Vidal Arizabaleta. -- 2°. Ed. -- Bogotá: Ecoe Ediciones, 2004)

7.2. Diagrama Causa – Efecto

Un diagrama de Causa y Efecto es la representación de varios elementos (causas) de un sistema que pueden contribuir a un problema (efecto). Algunas veces es denominado Diagrama Ishikawa o Diagrama Espina de Pescado (Sociedad Latinoamericana para la Calidad, 2000)

Es imposible e impráctico pretender resolver todos los problemas de un proceso o atacar todas las causas al mismo tiempo. En este sentido, el diagrama de Pareto (DP) es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos cuyo objetivo es ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus causas más importantes.



El diagrama se sustenta en el llamado principio de Pareto, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, el cual reconoce que sólo unos pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%); el resto genera muy poco del efecto total. De la totalidad de problemas de una organización, sólo unos cuantos son realmente importantes. (Calidad Total y Productividad / Humberto Gutiérrez Pulido. – 3ra. Ed. – Mc Graw Hill, México, 2010)

7.3. Ciclo de Deming

Según Gutiérrez (2010), el Ciclo de Deming también conocido como Ciclo de PHVA, es un ciclo dinámico, asociado a la planificación, implementación, control y mejora continua; es de gran utilidad para estructurar y ejecutar proyectos de mejora de la calidad en cualquier nivel jerárquico de una organización. En el Ciclo de Deming o Shewhart, se desarrolla un plan, posterior a ello se aplica en pequeña escala, se evalúa si se obtuvieron los resultados esperados y finalmente se actúa en consecuencia.

En caso el plan haya dado resultados, se toman las medidas si son satisfactorias se debe reestructurar, iniciándose así nuevamente el ciclo. (p. 91)

Para Escalante (2006), el Ciclo Deming está compuesta por cuatro fases: planificar, hacer, verificar y actuar; en la primera fase se define el problema y se describe el proceso, en la

segunda fase los métodos de medición son analizados, asimismo, se evalúa y optimiza el proceso, en la tercera fase se valida la mejora, finalmente, en la última fase se controla y da seguimiento al proceso. (p. 115)

Según Hernández (2013, p. 61), el Ciclo de Deming o Ciclo PDCA, es una técnica utilizada para identificar y corregir los defectos; tanto en las mejoras drásticas como en las pequeñas.



El Ciclo de PDCA debe guiar de manera total el proceso de mejora continua, está conformado por cuatro fases:

a. Planificar: Establecer los Objetivos y determinar los métodos y procesos para resultados acordes a la política que se mantenga.

b. Hacer: Poner en Funcionamiento los Métodos y Procesos.

c. Verificar: Comprobar que se cumplen los procesos establecidos respecto a la política, los objetivos, las metas, los requerimientos legales y otros requisitos que la organización suscriba, e informar sobre los resultados.

d. Actuar: Tomar medidas respecto a los resultados de la verificación para mejorar continuamente el desempeño del sistema de gestión.

7.4. Plan de Mantenimiento

El plan de mantenimiento es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los equipos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con el objetivo de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, definiendo así las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad (Dounce Villanueva, 2009). Un plan de mantenimiento nos ayudará por tanto a resolver inconvenientes o averías comunes que suelen presentarse en todo proceso productivo, a través del uso de herramientas como la observación, información recopilada (historial de fallas o averías) e información obtenida del fabricante (dossier de la máquina). La aplicación de un plan de mantenimiento es en síntesis un estricto control del uso que se dará a los recursos de que dispone una empresa.



7.4.1. Mantenimiento

En forma general, puede decirse que el mantenimiento es el conjunto de actividades que buscan extender la disponibilidad, vida útil de los activos e incrementar el tiempo que pueda transcurrir hasta la ocurrencia de una avería que obligue a realizar un paro.

Como menciona Gómez 2017, en la actualidad, en la bibliografía existente pueden encontrarse gran cantidad de definiciones referidas al concepto de gestión de mantenimiento como se mencionan a continuación:

“Son todas las acciones necesarias para que un elemento sea conservado o restaurado de modo que permanezca de acuerdo con una condición especificada” (Tavares, 2000).

“Gestión de todos los activos que posee una compañía, basado en maximizar el retorno sobre la inversión de dichos activos” (Wireman, 1998).

“La disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento” (Moubray, 2004).

Si unificamos los diferentes criterios, el mantenimiento puede definirse como el conjunto de actividades que se realizan sobre un componente, equipo o sistema para asegurar que continúe desempeñando las funciones que se esperan de él, dentro de su contexto operacional. Por lo tanto, podemos concluir que el objetivo fundamental del mantenimiento es preservar la función y operatividad, optimizar el rendimiento y aumentar la vida útil de los activos, procurando una inversión óptima de los recursos.



7.4.2. Tipos de Mantenimiento

7.4.2.1. Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento correctivo se puede definir como el mantenimiento efectuado después de la detección de una avería, y destinado a poner un elemento en un estado que le permite realizar una función requerida.

En este tipo de mantenimiento, solo se interviene sobre el equipo cuando la falla se ha producido, con el objetivo de evitar costos y daños materiales o humanos. Es muy impredecible conocer el tiempo de reparación, así como el gasto que deriva de la avería ya que se presenta de forma imprevista originando trastornos en la línea de trabajo (Dounce Villanueva, 2009).

Su ámbito de aplicación por tanto corresponde a activos con bajo nivel de criticidad, cuyas averías no suponen gran problema temporal ni económico. Suele ser rentable en equipos puntuales donde otras técnicas de mantenimiento resultarían más costosas (Dounce Villanueva, 2009).

7.4.2.2. Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento está planificado en el tiempo y su objetivo es evitar que se produzca la avería. A diferencia del anterior, no es necesario realizarlo en tiempo de producción y por tanto es planificado en tiempos libres de fábrica (Dounce Villanueva, 2009). Lo que se pretende con este tipo de mantenimiento es reducir el número de intervenciones correctivas, realizando tareas de revisión periódicas y sustitución de componentes gastados.



Es un tipo de mantenimiento exigente, pues requiere de una disciplina estricta de supervisión y elaboración de un plan preventivo a cumplir por personal especializado. Además, al estar formado por tareas rutinarias, puede provocar falta de motivación en el personal encargado y si no se realiza correctamente, puede llegar a suponer un sobrecoste sin mejoras notables en productividad. Por el contrario, el realizarlo correctamente supone el conocer perfectamente la máquina con la que se trabaja, lo que permite realizar estudios de fiabilidad óptimos y reducir las intervenciones correctivas a nuestros activos (Dounce Villanueva, 2009).

La aplicación de este mantenimiento incrementa también la vida útil de los equipos o maquinarias como resultado de las constantes intervenciones que se hacen y en su mayoría superficiales.

7.4.2.3. Mantenimiento Predictivo

Al igual que el preventivo, este mantenimiento consiste en anteponerse a la avería. La diferencia es que se basa en la aplicación de herramientas o técnicas de detección de

los diferentes elementos medibles de anticipación al fallo, como por ejemplo el desgaste. Su objetivo es realizar el mantenimiento justo en el momento preciso (Dounce Villanueva, 2009).

Para poder realizarlo es necesario disponer de tecnología basada en indicadores que sean capaces de medir las variables que marquen la intervención a la máquina, así como personal preparado en la interpretación de los datos (Dounce Villanueva, 2009).

Este mantenimiento es una continuación del mantenimiento preventivo, es decir que todo lo que se lleva a cabo en el mantenimiento preventivo, también se realiza en el



predictivo, solo que a un nivel más avanzado utilizando más y mejores herramientas, instrumentos y equipos de trabajo.

7.4.2.4. Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Por la década de los años sesenta, se incorporó y desarrolló el Mantenimiento Productivo, se dio un paso adelante con respecto al mantenimiento preventivo, porque se incluye un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo sin descuidar la fiabilidad (F) y mantenibilidad (M).

El Mantenimiento Productivo Total conocido como TPM, comienza a implantarse por la década de los años setenta, en Japón. Se desarrolla un programa de gestión del mantenimiento efectivo e integrado por los enfoques anteriores, se diferencia por la incorporación de conceptos innovadores entre ellos el Mantenimiento Autónomo. Están involucrados los propios operarios de producción, y la implantación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta el operario, originando la creación de una nueva cultura propia que estimula el trabajo en equipo y eleva la moral personal.

Todo esto hace posible llegar a la filosofía del TPM, quien aplica el concepto de la mejora continua desde el punto de vista del mantenimiento y la gestión de equipos, de allí el cambio del término del mantenimiento productivo, por el de mantenimiento total productivo, dando un nuevo concepto de mantenimiento. (Cuatrecasas 2000).

7.4.2.5. Mantenimiento Autónomo (MA)

Viene hacer cuando los operarios de producción están asumiendo tareas de mantenimiento productivo, donde se incluye la limpieza, también se incluyen algunas actividades que se dan en el mantenimiento preventivo los cuales propician actividades propias de este mantenimiento. “La filosofía básica del mantenimiento autónomo es que



la persona que opera con un equipo productivo se ocupe del mantenimiento”. Cuando se hace el mantenimiento por los trabajadores, se denomina el MA, donde la mejora de la eficiencia y la competitividad.

7.4.2.6. Mantenimiento Centrado en Confiabilidad RCM

Uno de los grandes desafíos a los que se enfrenta el personal de mantenimiento es a decidir que herramientas y métodos usar de acuerdo a las necesidades de su empresa. Elegir correctamente podría mejorar el rendimiento, de no elegir adecuadamente se podrían crear nuevos problemas. La industria de la aviación fue la primera en enfrentarse a estos desafíos, esto como efecto de darse cuenta que no basta con hacer las tareas correctamente, si no realizar las tareas correctas. Esto tuvo como resultado un proceso de toma de decisiones llamado MSNG3, fuera de la industria de aviación conocido como RCM (Moubray, 2004).

El éxito de esta técnica en la industria de la aviación llevó a otras industrias como a las de generación de energía, petróleo, químicos, refinación, gas y la industria manufacturera, se interesaron en adaptarla a sus necesidades (Esquivel, 2009).

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología con un proceso sistemático, objetivo y documentado, incrementa la rentabilidad de los activos físicos implicados (Verdecia, 2010).

En esta metodología se reconoce al mantenimiento como herramienta para que los activos funcionen de forma eficiente, todo bajo las necesidades reales de los equipos. El RCM tiene como primer objetivo reducir costos de mantenimiento enfocándose en las fallas críticas y eliminando actividades que no agreguen valor. Presentando ventajas como: reducción de mantenimiento rutinario, disminución de carga de trabajo para el área



de mantenimiento y cuenta con un lenguaje sencillo, de modo que todos los miembros del área pueden comprenderlo (Esquivel, 2009).

Además, con la metodología RCM, antes mencionada, se puede reducir los tiempos de parada ocasionados por alguna falla, Ferrans y Salas definen el tiempo de parada como el tiempo en el cual la máquina permanece fuera de servicio en condiciones normales, desde el momento en que se produce la falla hasta el momento en que la máquina nuevamente se encuentra totalmente operativa. Esta metodología es considerada como un método de evaluación sistemática, basándose en monitoreo, se observa el comportamiento de un equipo a través del tiempo (Ferrans y Salas, 2010).

7.4.3. Análisis de Modos y Efectos de Fallas

La metodología de análisis de modo y efecto de falla (AMEF) es una herramienta de análisis que permite identificar las fallas que ocurren en un determinado proceso, donde según la frecuencia y la severidad de la falla, esta se clasifica mediante una jerarquización previamente realizada, para así tomar las medidas pertinentes del caso.

Esta herramienta es muy eficaz, económica y simple de ejecutar en los diferentes procesos, ayudando a que se tomen decisiones que mejoren las prácticas de mantenimiento, siempre que se siga un orden y se distingan los criterios de severidad, para así hacer un análisis confiable.

7.4.4. Pasos y criterios para elaborar el AMEF

Para la efectiva realización de esta metodología se deben seguir una serie de pasos, donde lo primero es formar un equipo de trabajo y establecer qué proceso o equipos se

van a incluir para el análisis. Ya realizado este paso, se deben analizar todos los puntos que permitan elaborar la tabla resumen del método.



Modo potencial de falla: es la manera en que el equipo o proceso pueda fallar en el no cumplimiento de sus labores. Se completa contestando la pregunta ¿Cómo el proceso o equipo puede llegar a fallar?

Efecto potencial de falla: son los efectos que produce el modo de falla, donde una forma efectiva de identificación es realizando la pregunta ¿Qué me ocasiona el modo de falla?

Severidad: se clasifica en una escala de 1 a 10 y representa la gravedad de la falla para el cliente o para una operación posterior, donde el 1 indica una consecuencia sin efecto y el 10 una consecuencia grave. Se debe aclarar que cliente, para este caso, es gerencia, producción o personal a cargo.

Tabla 1 Criterios de Clasificación para Severidad de Fallas

| Efecto | Efecto en el Cliente | Calificación |
|---------------------|--|--------------|
| Peligroso sin aviso | Clasificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna regulación gubernamental, sin aviso. | 10 |
| Peligroso con aviso | Clasificación de severidad muy alta cuando un modo potencial de falla afecta la operación segura del producto y/o involucra un no cumplimiento con alguna | 9 |



| | | |
|----------|---|---|
| | regulación gubernamental, sin aviso. | |
| Muy Alto | El producto / Ítem es inoperable (pérdida de la función primaria) | 8 |
| Alto | El producto / Ítem es operable, pero con un reducido nivel de desempeño. Cliente muy insatisfecho. | 7 |
| Moderado | Producto / Ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente insatisfecho. | 6 |
| Bajo | Producto / Ítem operable, pero un ítem de confort/conveniencia es inoperable. Cliente muy insatisfecho. | 5 |
| Muy bajo | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 75%). | 4 |
| Menor | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinidos. Defecto | 3 |



| | | |
|-----------|---|---|
| | notado por clientes muy críticos (menos del 50%). | |
| Muy menor | No se cumple con el ajuste, acabado o presenta ruidos y rechinidos. Defecto notado por clientes muy críticos (menos del 25%). | 2 |
| Ninguno | Sin efecto perceptible. | 1 |

Fuente: Carlsson, W, & Chrysler, D, (2001)

Causa de fallo potencial: la causa de fallo se define como la acción que puede provocar el modo de fallo, es decir, la causa que provoca la aparición de la falla.

Ocurrencia: es la clasificación que se genera para evaluar cada cuánto ocurre la falla mencionada, debido a la causa asignada. Por ello, se tiene un rango de 1 a 10, siendo 1 muy poca frecuencia y 10 consistentemente se da la falla.

Tabla 2 Criterios de Ocurrencias de Fallas

| Criterio | Probabilidad | Calificación |
|----------|---|--------------|
| Muy Alta | Fallas persistentes durante el día. | 10 |
| | Sucedan fallas en el día, pero pocas. | 9 |
| Alta | Fallas frecuentes entre 3 a 5 a la semana. | 8 |
| | Se presentan fallas semanales entre 1 y 3. | 7 |
| Moderada | Fallas ocasionales durante cada 15 días de trabajo. | 6 |
| | Se presentan las fallas comunes durante el mes. | 5 |



| | | |
|--------|--|---|
| | Las fallas mensuales suceden poco. | 4 |
| Baja | Las fallas suceden con frecuencia muy baja. | 3 |
| | Fallas relativamente bajas durante el año. | 2 |
| Remota | No presentan fallas o son de poca consideración. | 1 |

Fuente: Carlom, W, &, Chrylster, D, (2001)

Controles actuales del proceso para detección: para esta etapa se deben listar los controles o las acciones que se realizan para detectar o prevenir una causa de falla, incluso aquellas que detecten el modo de falla y corregirlo a tiempo.

Detección: es una clasificación que se genera para determinar cómo los controles establecidos detectan la falla, se debe suponer que la falla ha sucedido y entonces se evalúa la eficiencia del control, y al igual que los puntos, se clasifica entre un rango de 1 a 10.

Tabla 3 Criterios de Elección de Fallas

| Detección | Criterios | Tipo de inspección | | | Calificación |
|----------------|--|--------------------|---|---|--------------|
| | | A | B | C | |
| Casi imposible | Certeza absoluta de no detección. | | | X | 10 |
| Muy remota | Los controles probablemente no detectaran, o lo hacen al azar. | | | X | 9 |



| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Remota | Los controles tienen poca oportunidad de detección, solo inspección visual. | | | X | 8 |
| Muy baja | Los controles tienen poca oportunidad de detección. | | | X | 7 |
| Baja | Los controles pueden detectar. | | X | X | 6 |
| Moderada | Los controles pueden detectar. | | X | | 5 |
| Moderadamente | Los controles tienen buena oportunidad para detectar. | X | X | | 4 |
| Alta | Los controles tienen buena oportunidad para detectar. | X | X | | 3 |
| Muy alta | Controles casi seguros para detectar. | X | | | 2 |
| Muy alta | Controles seguros para detectar. | X | | | 1 |
| Tipos de Inspección: A) A prueba de error. B) Medición automatizada. C) Inspección. | | | | | |

Fuente: Carlom, W, &, Chrysler, D, (2001)

NPR: el número prioritario de riesgo es el que indica cuánta importancia se le debe dar a la falla. Este se obtiene de multiplicar la severidad, la ocurrencia y la detección como se muestra en la siguiente ecuación. Además, en los valores más altos se deben de



recomendar acciones que ayuden a reducir los tiempos de ocurrencia de falla, mejorar los mecanismos de detección y eliminar la falla (Gutiérrez Pulido & De La Vara Salazar, 2009).

Tabla 4 Clasificación según NPR

| NPR | Clasificación |
|-------------|---------------|
| 0 - 100 | Bajo |
| 100 - 200 | Moderado |
| 200 – 300 | Alto |
| 300 – 1,000 | Extremo |

Fuente: Carlom, W, & Chrylster, D, (2001)

Análisis de criticidad

Como menciona García 2003, no todos los equipos tienen la misma importancia en una planta industrial. Es un hecho que unos equipos son más importantes que otros. Como los recursos de una empresa para mantener una planta son limitados, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción del reparto a los equipos que menos pueden influir en los resultados de la empresa.

Tabla 5 Criterios de Evaluación y Análisis de Criticidad

| Criterios de evaluación | | Definición |
|-------------------------|------------------------------|--|
| A | Impacto en la seguridad | Medida en que una falla provoca la exposición a riesgos en salud e higiene ocupacional, tanto a los colaboradores como a la comunidad. |
| B | Impacto en el medio ambiente | Medida en que una falla produce emanaciones de gases, partículas en suspensión, derrames químicos, |



| | | |
|---|---|---|
| | | contaminación de todo tipo de aguas y a la tierra. |
| C | Impacto en la producción total | Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro TOTAL de la planta de producción. |
| D | Impacto en la producción de línea | Medida en que su falla provoca el riesgo de un paro total a la línea específica de producción donde se encuentra este equipo o instalación. |
| E | Impacto en la integridad de otros equipos | Medida en que, por su inadecuada operación repercute en daños a otros equipos. |
| F | Impacto en la calidad | Provoca una alteración directa en la calidad de los procesos productivos, no cumpliéndose los parámetros de calidad establecidos. |
| G | Valor económico | Precio de la máquina. |
| H | Dificultad de adquisición | Disponibilidad de repuesto no es inmediata y la importancia o instalación requiere tiempo prolongado. |

Fuente: Presentación Historia del Mantenimiento, Piedra. C (2016)

Tabla 6 Escala de Calificación del Análisis de Criticidad

| | |
|---|-----------------|
| 0 | Nada importante |
| 1 | Poco importante |
| 2 | Importante |
| 3 | Muy importante |



| Clasificación | Puntaje Total |
|---------------|----------------------|
| Critico | Igual o mayor que 12 |
| No critico | Menor que 12 |

Fuente: Presentación Historia del Mantenimiento, Piedra. C (2016)

El mantenimiento preventivo se debe aplicar a todos los equipos e instalaciones que cumplan con al menos una de las siguientes condiciones:

Obtener una puntuación igual a tres en el criterio de impacto en la producción total o en el criterio de impacto en la producción en línea.

- Tener una calificación de equipo crítico (igual o mayor que doce puntos).
- Obtener una puntuación igual o mayor que dos en el criterio de impacto en la calidad.

El mantenimiento predictivo se aplica a los equipos e instalaciones con puntuación de tres en los criterios tanto de valor económico como de dificultad de adquisición.

El mantenimiento programado y correctivo se aplica a todos los equipos e instalaciones que lo requieran sin importar su puntuación.

Cuadro de Mando Integral

Un Cuadro de Mando Integral es un tablero de indicadores creado por Kaplan y Norton en 1977 con un sistema de evaluación del desempeño empresarial y se le considera 45 como una representación equilibrada y organizada de indicadores financieros y operacionales con base en una tabla Chiavenato, I (2006).

El Cuadro de Mando Integral permite a una organización traducir su visión y estrategias a través de objetivos e indicadores seleccionados. Como ya se ha establecido, es un instrumento de dirección que permite la concreción, representación y seguimiento de



las estrategias adoptadas por la empresa. Para conseguirlo, no basta con adoptar una orientación exclusivamente económica y financiera, sino considera otros elementos clave, como son los clientes, procesos y fuerza de trabajo.

De esta forma, se interrelacionan los que consideran aspectos fundamentales en el desarrollo e implantación de las estrategias como vía para alcanzar el éxito empresarial. Los elementos clave suponen diferentes perspectivas en el análisis de la empresa que representa el todo. Los objetivos, indicadores de estos y las acciones estratégicas deben asociarse a una perspectiva. El Cuadro de mando Integral considera cuatro aspectos fundamentales:

Perspectiva financiera

Perspectiva del cliente

Perspectiva de procesos internos

Perspectivas de aprendizaje y crecimiento.

Las cuatro perspectivas son aplicables a un gran número de empresas, de ahí, su consideración común, pero el Cuadro de Mando integral no tiene por qué incorporar todas, pudiendo considerar si procede alguna más.

Planeación

Existen diversos conceptos del significado de planeación, estos van en dependencia de hasta dónde se quiere llegar y en qué se va a enfocar.

(Chiavenato, 2006), en su libro Introducción a la teoría General de la administración la define como “la función administrativa que determina por anticipado cuáles son los objetivos que



deben alcanzarse y qué debe hacerse para alcanzarlos. Se trata de un modelo teórico para la acción futura”

Al referirse al termino de planeación en el contexto del mantenimiento, se encuentra mucha similitud con el concepto que se explica anteriormente, pues en esta etapa del plan de mantenimiento (La planeación) es donde se detallan todos los trabajos que se van a realizar en las máquinas, las tareas que cada colaborador debe efectuar, el tipo de mantenimiento que se va a llevar a cabo, las herramientas que se deben utilizar y el tiempo que cada labor puede llevar. Es decir, en la planeación se determinan y preparan todos los elementos requeridos para efectuar una tarea antes de iniciar el trabajo (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007).

Sistema y Proceso

Como se mencionaba anteriormente, un mantenimiento requiere de una serie de actividades secuenciales y algunas en paralelo para llevarse a cabo, es decir, que un mantenimiento puede y deber ser visto como un sistema, ya que:

“Un sistema es un conjunto de componentes que trabajan de manera combinada hacia un objetivo común” (Duffua, Raoux, & Dixon, 2007, p. 29).

El mantenimiento puede ser considerado como un sistema con un conjunto de actividades que se realizan en paralelos con los sistemas de producción.

Ilustración 1 Relación entre los objetivos de la organización, el proceso de producción y el mantenimiento



Fuente: (Duffua R. D., 2007)

Como se puede observar en el gráfico, el sistema de mantenimiento siempre va de la mano con el sistema de producción, ya que, si bien de una forma directa ambos tienen salidas distintas, el propósito en común es el mismo, el cual se enfoca en el aumento de la productividad de la empresa. Por tanto, un sistema de mantenimiento al momento de ser planeado, la planeación tiene que hacerse de la mano con el área de producción.



VIII. DISEÑO METODOLÓGICO

La metodología asume un paradigma mixto, según Sampieri 2017, con un diseño explicativo secuencial.

Paradigma de la Investigación

Desde la concepción de paradigma, se hace necesario tomar en cuenta la experiencia vivencial, los conocimientos prácticos y teóricos y las relaciones interpersonales que permiten construir una percepción de la realidad. Al respecto, Mertens (2005) explica que la teorización del investigador definirá el método, por tal razón, es de suma relevancia la visión del mundo que este tenga, y, por supuesto, las presunciones filosóficas que posea ante cualquier investigación que se proponga.

El paradigma seleccionado para este estudio responde mixto secuencial explicativo, desde los modelos del post-positivismo, el cual adjudica que existe una realidad que solo es posible concebirla de forma imperfectible (Guba & Lincoln, 2005)

En esta investigación se asume que los participantes poseen conocimientos construidos a partir de sus experiencias y otros con estudios técnicos, lo cual influirá en lo que piensan, hacen y sienten. A su vez, considera que el modelo de gestión de mantenimiento posee su propia cosmovisión de la realidad, y la opinión responderá a esquemas mentales construidos a partir de sus experiencias y de su formación.

8.1. Tipo de Investigación

El enfoque de la investigación es mixto, pues se realiza un análisis cuantitativo a través de la recopilación de datos, entrevistas y encuestas, pero también cualitativo para poder interpretar los resultados y las proyecciones que se pretenden alcanzar.



8.2. Alcance

El alcance del proyecto es desarrollar el modelo de gestión de mantenimiento para Maquinarias y Equipos aplicable a Planteles Mineros, que a su vez permita manejar los recursos económicos de la operación.

Su alcance debe ser integral de manera que el desarrollo del modelo de gestión involucre a todo el recurso humano involucrado en el proceso del mantenimiento de los equipos mineros.

Dentro de los alcances se incluye el diagnóstico de un Plantel de Procesamiento de Oro ubicado en el Triángulo Minero del País para generar rutinas de acuerdo con la situación actual de mantenimiento y según las necesidades de los equipos.

Otro alcance del proyecto es reducir las emergencias, paros no programados NPI y cantidad de mantenimiento correctivo, esto a través de la correcta aplicación del modelo de gestión de mantenimiento, con el fin de reducir el costo del mantenimiento.

El proyecto es una necesidad de los Planteles Mineros ubicados en las regiones del Occidente, zona central y el Triángulo Minero de Nicaragua para mejorar la gestión de mantenimiento, y determinar su estado financiero.

8.3. Metodología

La metodología a seguir para desarrollar un modelo de gestión del mantenimiento se muestra en la siguiente tabla.



Tabla 7 Metodología del Proyecto

| Objetivo Planteado | Instrumento de medición | Fuente de información | Forma de recolección | Forma de análisis de datos |
|--|---|--|--|---|
| Realizar un diagnóstico de la situación actual de la gestión de mantenimiento que se está implementado, mediante una auditoria de mantenimiento, que permita determinar el grado de alineamiento con el plan estratégico del plantel minero. | Formatos de Auditorias | Personal de mantenimiento, base de datos del departamento de mantenimiento, personal operativo de los equipos, staff de mantenimiento. | Entrevistas a los departamentos e involucrados en la mina, exportar BD de SAP. | Se hará tabulación de encuestas y se graficarán los resultados. De igual manera se procesará en Excel y Power Bi la data exportada de SAP, que nos permitirá una mayor comprensión de los resultados. |
| Desarrollar una propuesta de modelo de gestión de mantenimiento, basados en la Filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), orientado al Mantenimiento | Plan estratégico del modelo de gestión del mantenimiento. | Manuales de los equipos, los técnicos a cargo de los equipos mineros, operarios de los equipos y staff de mantenimiento. | * Se revisarán los manuales de los equipos como referencia de técnicas de mantenimiento recomendadas por los fabricantes. * Información de técnicos a cargo | Análisis de las referencias de los manuales vs experiencia técnica. Se llegará a un consenso según la práctica y la teoría. |



| | | | | |
|---|---------------------------|--|--|--|
| Centrado en Confiabilidad. | | | | |
| Determinar mediante un análisis de criticidad los procesos operativos de mayor impacto y los equipos críticos que intervienen en los procesos, definiendo el modelo de los indicadores KPI, basados en los procedimientos internos del plantel. | Análisis de criticidad | Procedimiento para evaluar criterios de evaluación de Análisis de Criticidad | Encuestas y entrevistas del proceso. | Base de datos, Dashboard. |
| Proponer la implementación, evaluación y sostenibilidad de un plan piloto del modelo de gestión de mantenimiento propuesto que permita su | Cuadro de mando Integral. | Datos del modelo de gestión de mantenimiento desarrollado para Plantel minero. | Se establecerán cuáles datos del modelo de gestión desarrollado son relevantes como información para el cálculo de los | Se analizarán los indicadores los cuales medirán la capacidad de generar valor y minimizar los costos. |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



| | | | | |
|---|--|--|----------------------------------|--|
| validación, mediante la elaboración de un cuadro de mando integral. | | | costos totales de mantenimiento. | |
|---|--|--|----------------------------------|--|

Fuente: Fuente Propia



IX. CONTEXTO DE LA EMPRESAS

Historia e Impacto de la Industria Minera en Nicaragua

La minería es una de las industrias más fuertes y con mayor potencial de crecimiento en Nicaragua. Según Central América Data, las exportaciones de oro en Centroamérica alcanzaron un incremento del 387% en el año 2021, y Nicaragua se ubica en la delantera con 1,534,3 millones de dólares de los Estados Unidos de América, muy por encima de sus pares en el istmo.

De acuerdo con fuentes oficiales, la minería ocupa el puesto número uno en los rubros de exportación de Nicaragua, siendo una posición sostenida en el tiempo y superando en más de 150 millones de dólares a la carne, la cual ocupó el segundo lugar como rubro de exportación en el año 2021.

En el año 2021, Nicaragua alcanzó la cifra récord de 348,532 onzas troy de oro exportadas, avanzando significativamente con respecto a otros años de producción elevados, como es el caso de los años 2016 y 2019, en donde se alcanzaron las 267,284 y 294,284 onzas troy de exportación, respectivamente. Con alrededor de 7 beneficios mineros industriales localizados a lo largo del país, con capacidades instaladas para procesar desde las 500 toneladas por día hasta las 6,000 toneladas por día, aproximadamente, Nicaragua ha dado un salto importante desde la exploración hasta la explotación de los yacimientos minerales para su exportación, con destacadas empresas del sector provenientes de distintos países y regiones del mundo, permitiendo

el desarrollo de una actividad minera sostenible y con los más elevados estándares de la industria a nivel internacional.

Actualmente existen alrededor de 160 concesiones mineras metálicas y 130 no metálicas otorgadas por las autoridades en Nicaragua, lo que significa unas 1,530,000 hectáreas (15,200 KM², aprox.) de área concesionada para la minería metálica, y unas



65,000 hectáreas (650 KM², aprox.) de área concesionada para la minería no metálica, además de unas 100 solicitudes de concesión que están en trámite ante las autoridades, siendo una clara muestra de que el sector, en Nicaragua, continúa en expansión.

Nicaragua cuenta con un marco legal moderno y sólido en el campo de la minería, dotando de certeza jurídica a la industria y propiciando un clima de inversión atractivo y dinámico, lo que ha permitido que grandes y pequeñas empresas nacionales y extranjeras, inviertan en sus proyectos de exploración y explotación en el país.

Las concesiones mineras otorgan a sus titulares los derechos exclusivos para la exploración, explotación y establecimiento de Plantas de Beneficios sobre el conjunto de yacimientos minerales existentes en el área concesionada; y son otorgadas por un período de 25 años que puede ser prorrogado una vez por un período igual cumpliendo los requisitos de ley, lo cual resulta muy atractivo y de especial interés para inversores y compañías, que pueden desarrollar sus proyectos de corto, mediano y largo plazo en un clima de estabilidad.

Ilustración 2 Descripción grafica de la Ubicación de los diferentes Planteles Mineros en el País



Fuente: (By [BLP Legal](#)|9 de septiembre de 2022|[Análisis](#), [Blog](#), [Minería](#), [Nicaragua](#))

En la actualidad en el país existen tres Planteles de Procesamiento localizadas en el Limón (León), La Libertad-Santo Domingo (Chontales), Bonanza (Región Autónoma del Atlántico Norte), San Albino (Nueva Segovia) y probablemente se desarrolle la mina en La India (León)



Calibre Mining Cartera de Activos Limón (León), La Libertad-Santo Domingo (Chontales)

La presencia de Calibre Mining en Nicaragua ya lleva más de una década, pues llegó al país en 2009. En julio de ese año adquirió el proyecto de oro y cobre Borosi, ubicado en el triángulo minero de Nicaragua, Costa Caribe Norte, luego de obtener el 100 % de la empresa Yamana Nicaragua S.A., renombrada como CXB Nicaragua S.A.

La expansión de Calibre Mining ha sido vertiginosa. El 15 de octubre de 2019 anunció la adquisición de todos los proyectos de la empresa B2Gold: El Limón, La Libertad, Oro Pavón, así como las concesiones minerales de las subsidiarias de B2Gold: Tritón Minera S.A., Desarrollo Minero de Nicaragua S.A. (DESMINIC), Quirós Gold S.A., Minera Glencairn S.A. y Minerales Nueva Esperanza (MINESA), por una contraprestación total de 100 millones de dólares.

Con la compra de B2Gold, Calibre Mining ha consolidado el oligopolio de la actividad minera industrial en el país, concentrando aproximadamente el 70 % de la producción de oro y el 15,7 % de las concesiones vigentes en el país.

La Utilización de una Estrategia Operativa Radial en Nicaragua

La base de activos de Calibre incluye varias fuentes de mineral, 2.7 millones de toneladas anuales de capacidad de molienda instalada en dos operaciones de procesamiento, una infraestructura confiable en el país y costos de transporte favorables. La empresa seguirá optimizando sus planes de minería y procesamiento a medida que avanza en el enfoque "radial" para maximizar el valor y permitir a la empresa transformar con rapidez el éxito de la exploración en producción y flujo de caja.



Los recursos de Limón y Pavón son transportados a la planta de Mina La Libertad
Excelente infraestructura

Costo de transporte de Limón/Pavón a La Libertad de ~25 a 30 dólares por tonelada

Exceso de capacidad de molienda en el Complejo La Libertad

1,5 Mtpa de capacidad media de molienda excedente (2021 a 2025)

El capital está invertido y todos los permisos y el personal están en su sitio

Entorno de autorización facilitado

El gobierno apoya a la industria minera

Limón Central (B2Gold) y Pavón Norte (Calibre)

18 meses desde la solicitud del permiso hasta la primera entrega de mineral

Nos permite transformar rápidamente los futuros éxitos de exploración en producción

Ilustración 3 Descripción grafica de la Ubicación de los diferentes Planteles Mineros en el País





El Plantel de Procesamiento de Oro que hemos escogido para realizar este proyecto está ubicado en el Triángulo minero de Nicaragua es propiedad de una Empresa de un grupo Minería extranjera operando desde el año 1995, sin embargo, la actividad minera en la zona del Triángulo minero del país data del año 1880 con la explotación de los

depósitos auríferos en la región del Rio Pis-Pis. Compañías Canadienses y Estadounidense adquieren los derechos de explotación estos yacimientos mineros.

En el 1922 la actividad es interrumpida por la guerra civil en el País, reactivándose nuevamente en el año 1934, en el año 1979 las operaciones de estas Empresas cierran debido a que pasan a ser administradas por el estado por la corporación nicaragüense de Minas y luego por el Instituto Nicaragüense de la Minería, luego de pasar por un proceso de licitación internacional un grupo importante de Minería del Sur América gana la licitación en el año de 1995.

Modelo Hemco

Hemco tiene la visión de que la Minería Artesanal y la Minería Industrial pueden y deben trabajar juntas ambas actividades son compatibles si se desarrollan de forma ordenada con áreas de explotación definidas.

Bajo esta visión impulsamos en Bonanza, RAAN, centro de nuestras operaciones, un Modelo de desarrollo único en la minería nacional y que se basa en una serie de políticas y acciones para el impulso armonioso de cada operación.

El Modelo Hemco ofrece más y mejores beneficios a cada sector en base a una relación comercial justa y digna. Esta Empresa tiene el siguiente direccionamiento Estratégico:



Misión

Somos una empresa dedicada a la minería de oro y materiales asociados, orientada a generar valor a nuestros accionistas, colaboradores, comunidades y al país, con altos estándares de seguridad y sostenibilidad.

Visión

En los próximos años se mantendrá como el principal productor de oro en Nicaragua, alcanzando una producción rentable y sostenible de 150k onzas troy promedio al 2030, cumpliendo con altos estándares internacionales.

Este proyecto toma una recopilación de datos de este plantel minero en particular, sin embargo, es aplicable a cualquier plantel ubicado en el país se toma como ejemplo para conocer y presentar una propuesta de diseño de Modelo de Mantenimiento que es común la forma de planificar y ejecutar el Mantenimiento en este de operación.

Valores que Promueven

Honestidad

Somos transparentes, decimos la verdad y hacemos lo correcto.

Nos guiamos por principios éticos, respetamos a las autoridades y cumplimos la normatividad.

Somos coherentes entre lo que pensamos, hacemos y decimos.

Generamos confianza al cumplir consistentemente nuestros compromisos.

Responsabilidad

Asumimos las causas y las consecuencias de nuestros propios actos.



Actuamos conscientemente evaluando el efecto de nuestros comportamientos y decisiones.

Asumimos el auto-cuidado y el mantenimiento de un entorno seguro como la base fundamental del trabajo diario.

Aplicamos prácticas ambientales que aseguran la sostenibilidad de los recursos naturales.

Respeto

Reconocemos el valor de la diversidad cultural y de pensamiento.

Valoramos la diversidad y la autonomía de los individuos y las comunidades.

Promovemos los Derechos Humanos y fomentamos entornos de sana convivencia.

Construimos relaciones basadas en la confianza y el trato cordial.

Sencillez

Somos genuinos, reconocemos las equivocaciones y las aprovechamos para nuestro crecimiento.

Actuamos auténticamente, sin pretensiones ni alardes.

Aprendemos unos de otros y apoyamos a los demás en pro de su mejoramiento.

Escuchamos opiniones y abrimos la mente a nuevas formas de hacer las cosas

Solidaridad

Actuamos por el bienestar de la empresa, nuestros grupos de interés y el medio ambiente.

Privilegiamos el beneficio colectivo sobre el interés personal.

Trabajamos colaborativamente en pro del logro de metas y resultados comunes.

Descripción del Proceso productivo

Hemco Mineros mantiene Operando dentro de su Modelos tres Planteles, dos de ellos dedicados al procesamiento de la Minería Artesanal y uno para el Procesamiento de Industrial Mecanizado.



Plantel Hemco Mineros.

Opera desde 1920

Método de Cianuración por Agitación.

Extracción mecanizada

Capacidad de procesamiento: 1,750 Ton/Día.

Producción promedio mensual : 10,249.11 Oz troy Au y 45,217.67 Oz troy Ag

Plantel Hemco Vesmisa

Opera desde el 2010

Método Cianuración por agitación precipitación con polvo de Zinc Meryll Crowe.

Mineral (Broza) suministrada por Mineros Artesanales.

Capacidad de procesamiento: 140 Ton/día.

Plantel Hemco La Curva

Opera desde el 2012

Método combinado Gravimetría y Flotación.

Mineral (Broza) suministrada por Mineros Artesanales.

Capacidad de procesamiento: 100 Ton/día



X. DIAGNÓSTICO Y ANÁLISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE LOS PLANTELES HEMCO

El análisis y diagnóstico se realiza para ofrecer apoyo al área de mantenimiento de los Planteles de la organización, planificación y control de las actividades de mantenimiento de los equipos de los Planteles, además de orientar a la administración de la mina sobre si su gestión actual de mantenimiento es la adecuada, en base a los análisis de resultados.

De igual manera, este diagnóstico tiene como objetivo proporcionar información de una evaluación de partes independientes que están entrelazadas en la administración del mantenimiento, con el propósito de determinar cuáles son las falencias y oportunidades de mejora con el fin de potenciar los conocimientos en la gestión de mantenimiento y facilitar la toma de decisiones de los responsables de área.

10.1. Modelo de Gestión del Mantenimiento actual

En la actualidad la Gestión del Mantenimiento se lleva a cabo en el ERP SAP, en el cual se administran todos los equipos del plantel. En el siguiente grafico se ilustra de manera simplificada el modelo de mantenimiento:

Gráfico No.1

Gráfico 1 Modelo de gestión de mantenimiento actual.

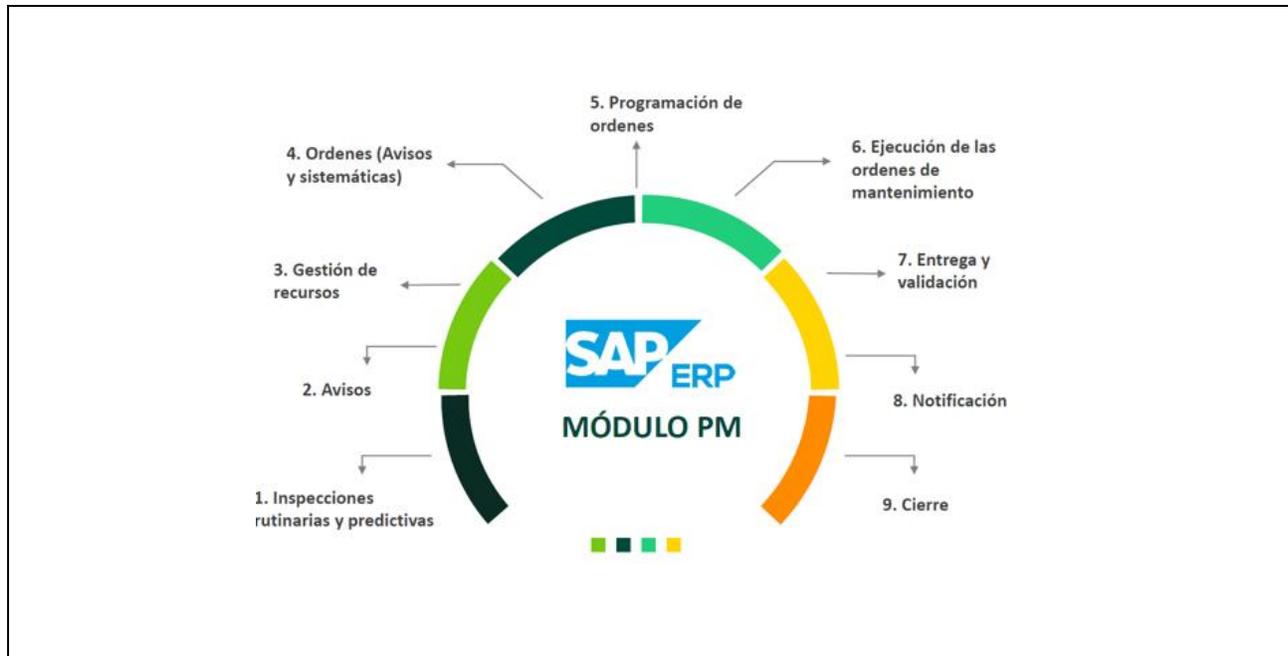
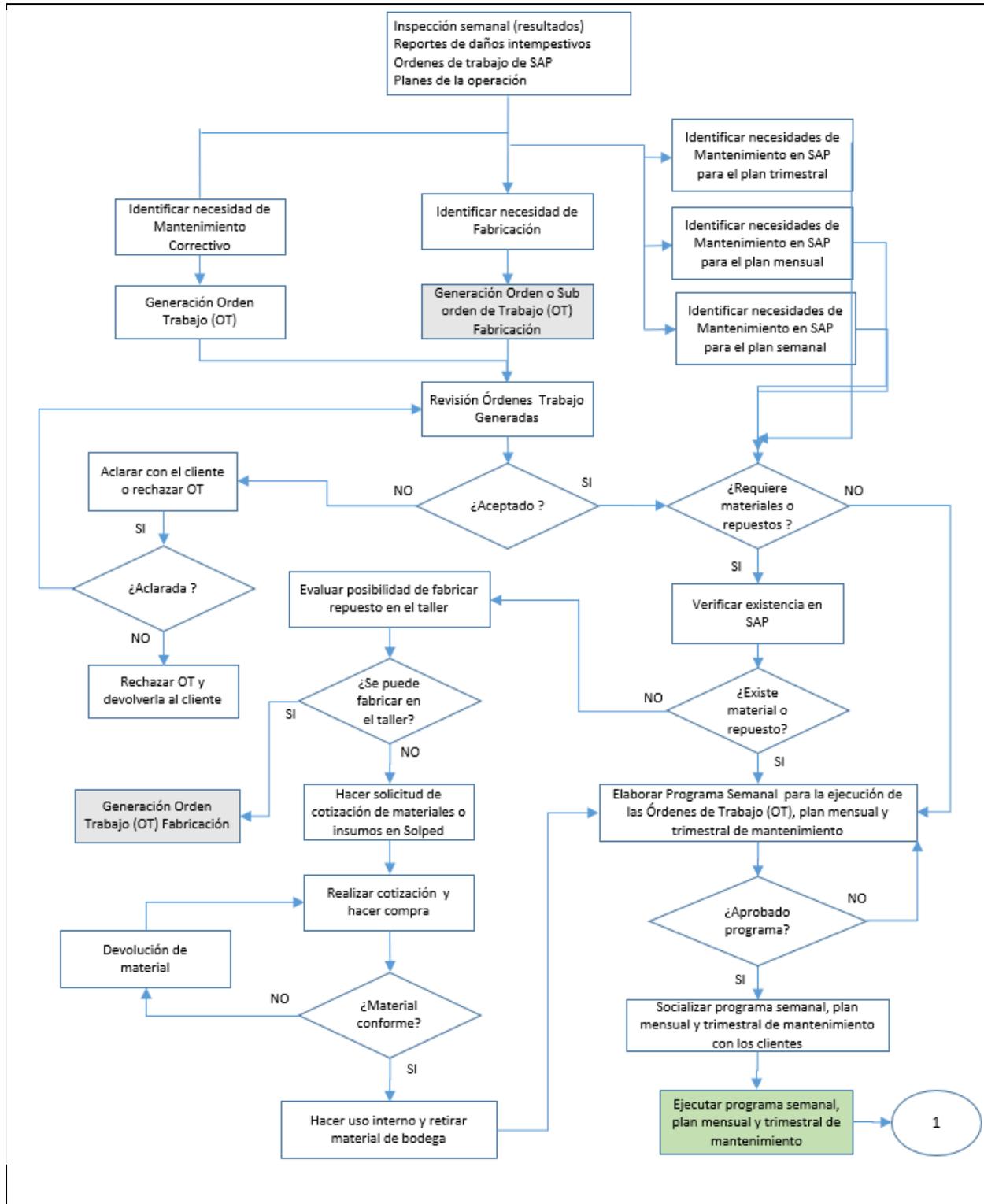




Ilustración 4 Flujoigramas



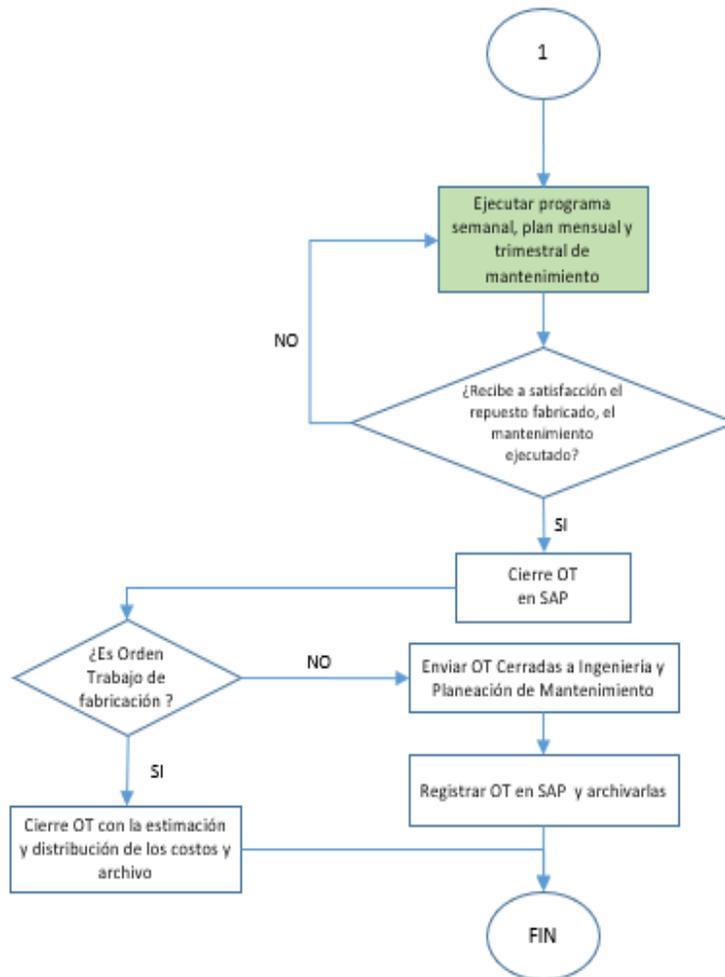
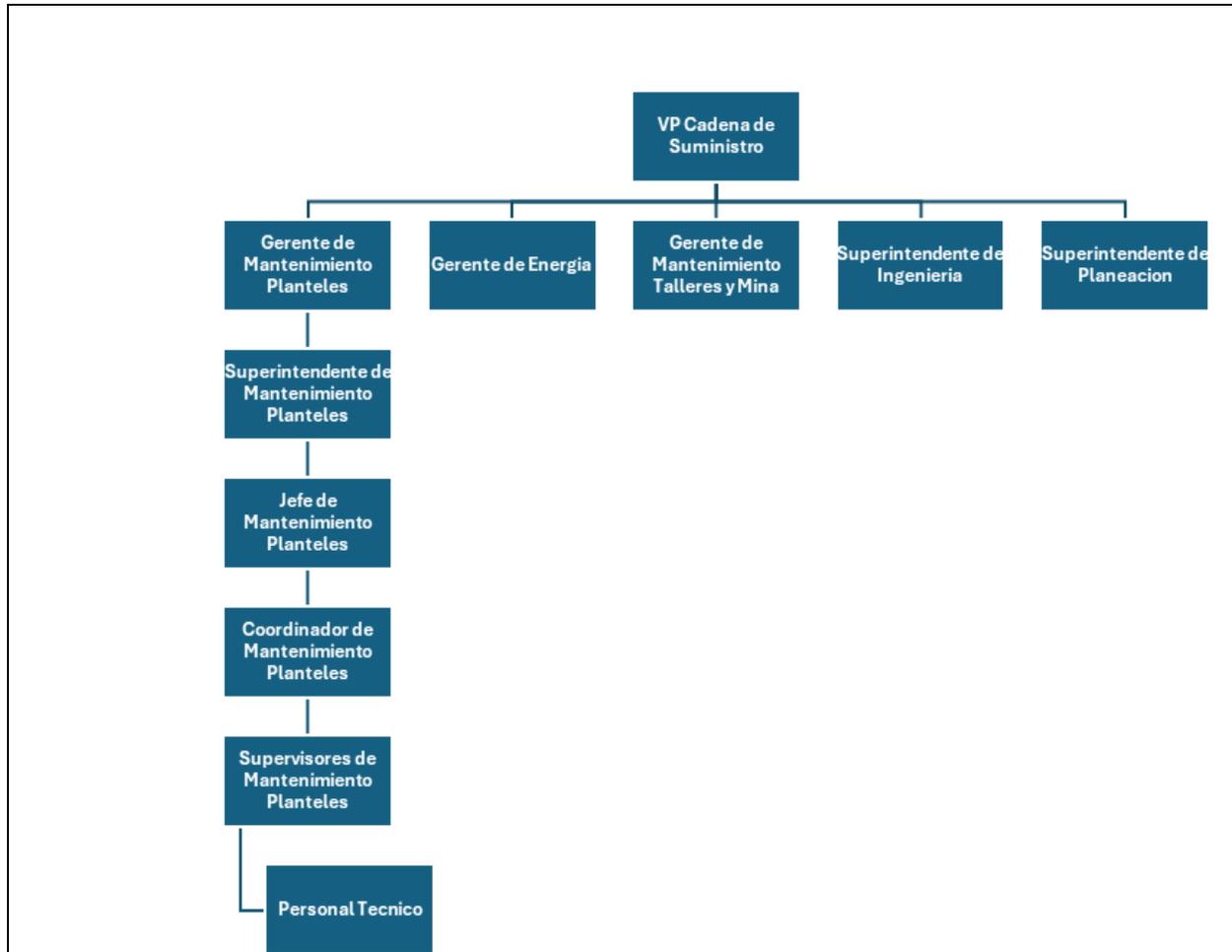


Ilustración 5 Estructura Organizativa del Departamento de Mantenimiento Planteles



Como parte del análisis y diagnóstico del área de Mantenimiento de los Planteles se presenta el Organigrama del área en el cual logramos determinar dos principales debilidades a pesar de contar con una buena estructura, no se logra engranar adecuadamente como se observa y se logró determinar en la ejecución. Planeación e Ingeniería están concentrados en lograr sus propios objetivos y no siempre estas se alineen al mismo objetivo del Mantenimiento de los Planteles.



Análisis del Conocimiento del Personal Técnico (PT) y Personal Administrativo (PA) para la gestión de mantenimiento

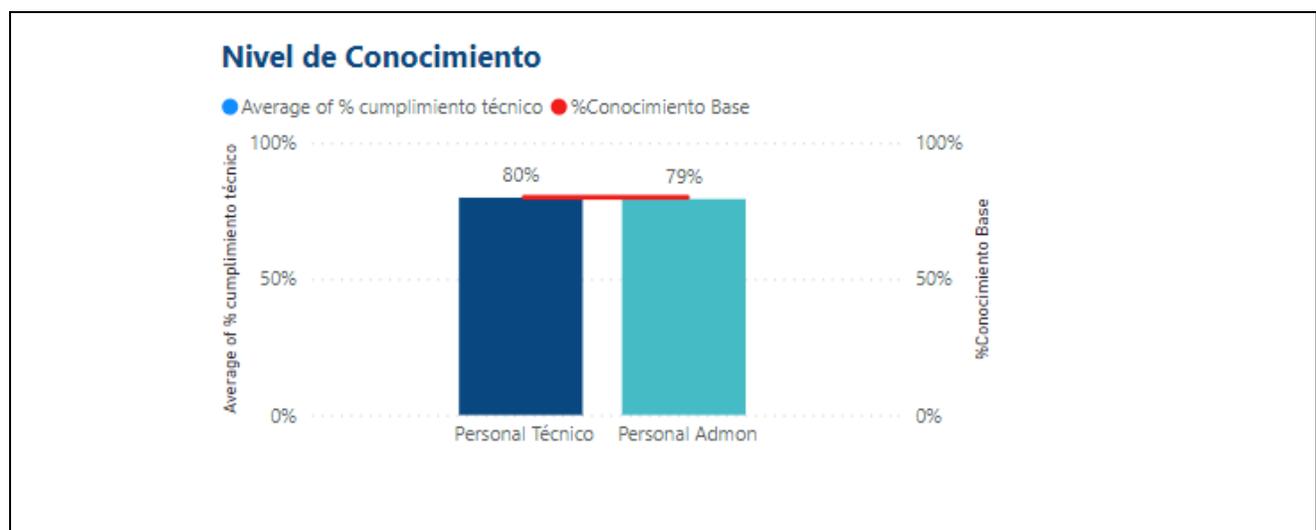
A través de entrevistas a los líderes de proceso (Gerente de Mantto a Mina y de Planteles), se procedió a identificar con ellos, aquellos conocimientos y/o habilidades que debe tener su personal, de acuerdo a su experiencia operativa.

Esto nos permitirá identificar oportunidades a largo plazo para crear planes de formación con Gestión Humana.

A continuación, se muestran los resultados generales de conocimiento del personal, de manera que se evidencian las brechas que existen en cada una de las áreas evaluadas.

Gráfico No. 2

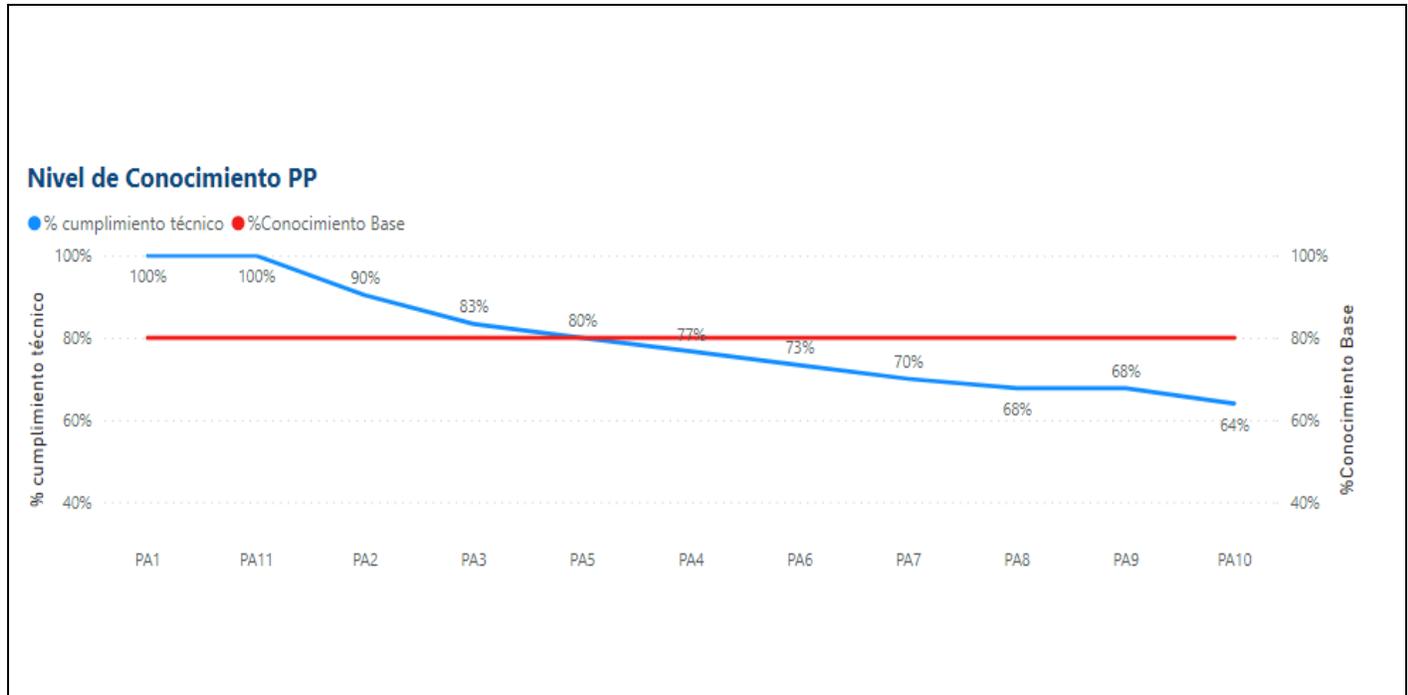
Gráfico 2 Nivel de Conocimiento en la Gestión del Mantenimiento



El personal presenta un cumplimiento aceptable para la expectativa del Gerente de Mantenimiento como promedio.



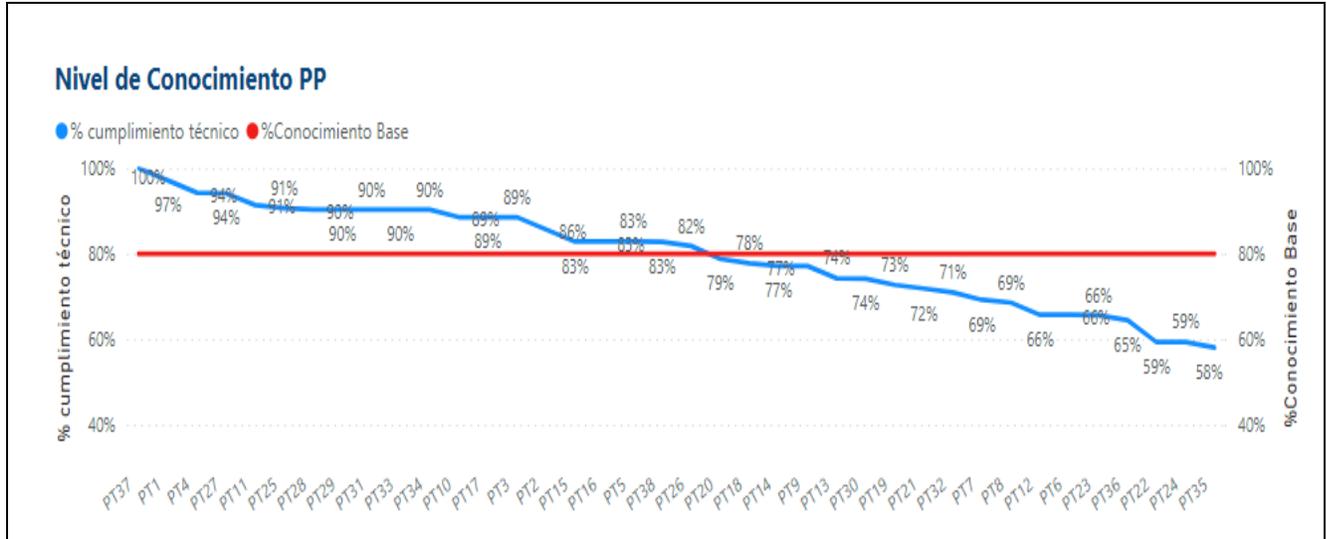
Gráfico 3 Nivel de conocimiento en la Gestión del Mantenimiento del Personal Administrativo (PA)



Más de la mitad del personal administrativo necesita un reforzamiento en temas de gestión para realizar sus labores.



Gráfico 4 Nivel de conocimiento en la Gestión del Mantenimiento del Personal Técnico (PT)



| Puesto | % por Puesto |
|-------------------------|--------------|
| Soldador A Especialista | 100% |
| Mecánico A Especialista | 97% |
| Soldador A | 85% |
| Ayudante | 83% |
| Mecánico A | 83% |
| Mecánico B | 79% |
| Mecánico C | 75% |
| Bodeguero | 74% |
| Soldador B | 61% |
| Total | 80% |



Solamente el 53% del personal técnico cumple con los conocimientos básicos ideales para la ejecución de sus actividades. A su vez, se tiene que reforzar los conocimientos aplicables en Alineación Piñón-Corona, vulcanizado de bandas, hidráulica y neumática.

10.4 Proceso de control de Ordenes de Trabajo (OT) Antes de analizar el proceso de control de OT, es importante comprender los roles que tiene cada usuario en SAP, ya que esto es fundamental para tratar y analizar la información e indicadores que se requieran.

Ilustración 6 Roles de mantenimiento en SAP



Se descargaron los registros de SAP y tomando como muestra el año 2023 los resultados fueron los siguientes:



Tabla 8 Resultados de la gestión de avisos y cierre de OT del año 2023

| Gestión de Avisos y OT | | | | | | | |
|-------------------------------|----------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Month | Count of Aviso | Count of Abierta | Count of Cerrada | Count of Orden | Count of Sin OT | % Cierre Avisos | % Gestion OT |
| January | 482 | 43 | 439 | 233 | 206 | 91.08% | 53.08% |
| February | 495 | 22 | 473 | 372 | 101 | 95.56% | 78.65% |
| March | 517 | 42 | 475 | 402 | 73 | 91.88% | 84.63% |
| April | 342 | 34 | 308 | 257 | 51 | 90.06% | 83.44% |
| May | 405 | 28 | 377 | 292 | 85 | 93.09% | 77.45% |
| June | 422 | 16 | 406 | 352 | 54 | 96.21% | 86.70% |
| July | 508 | 57 | 451 | 360 | 91 | 88.78% | 79.82% |
| August | 405 | 58 | 347 | 227 | 120 | 85.68% | 65.42% |
| September | 461 | 76 | 385 | 335 | 50 | 83.51% | 87.01% |
| October | 429 | 58 | 371 | 330 | 41 | 86.48% | 88.95% |
| November | 310 | 60 | 250 | 211 | 39 | 80.65% | 84.40% |
| December | 267 | 78 | 189 | 140 | 49 | 70.79% | 74.07% |
| Total | 5043 | 572 | 4471 | 3511 | 960 | 88.66% | 78.53% |

En el análisis de los resultados se evidencian los siguientes aspectos: Falta de cultura del cierre diario de OT, ya que se evidencian 960 avisos ejecutados y no se realizaron OT; lo cual no permite tener histórico de la reparación, ni registro de los repuestos utilizados, ni detalles del técnico que ejecutó el trabajo.

No existe una gestión oportuna de los recursos para dar continuidad al aviso creado. En el periodo analizado, se tiene un cumplimiento del 88.6% de avisos cerrados.

No hay resguardo de la documentación de OT, de igual manera hay OT físicas extraviadas.

Falta de seguimiento a Backlogs.

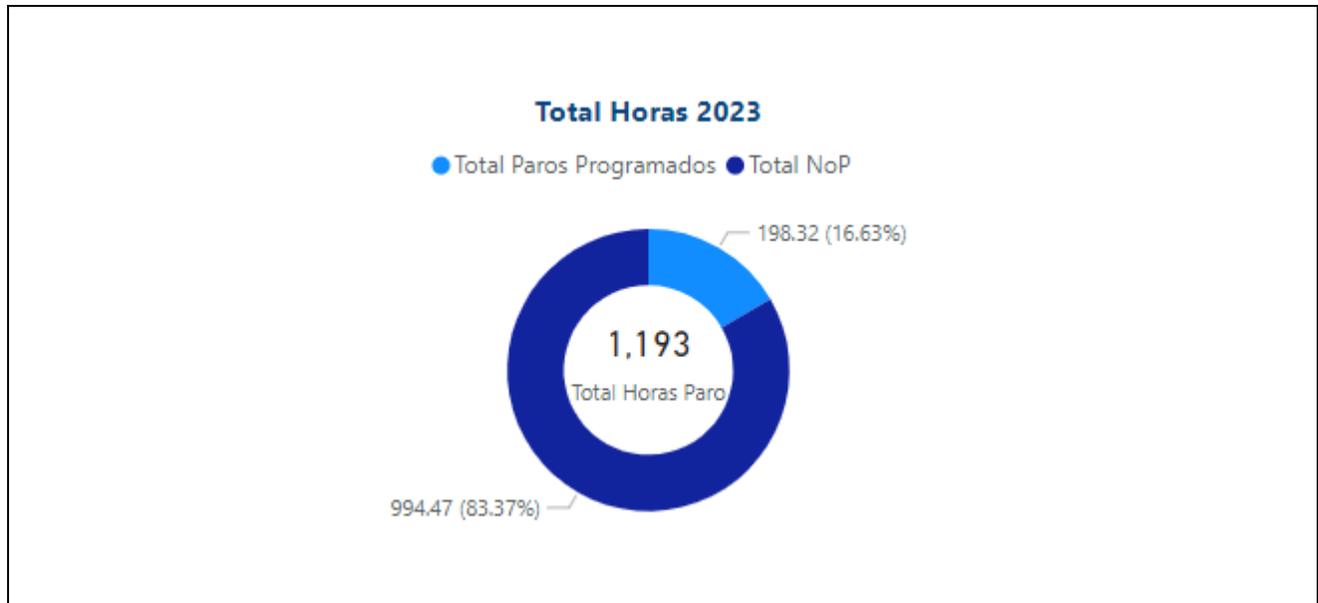
No se lleva un reporte de seguimiento e indicadores de gestión de OT.

Los avisos al 100% sin número no se registran en SAP .



Análisis del tiempo perdido En base a la Data que se tiene registrada en SAP, se procede a tratar los datos y calcular medidas que nos den visibilidad de cuanto tiempo perdido tuvo la planta en el año 2023.

Gráfico 5 Total de Horas Paro 2023 (Incluye Mantenimiento y Operaciones)

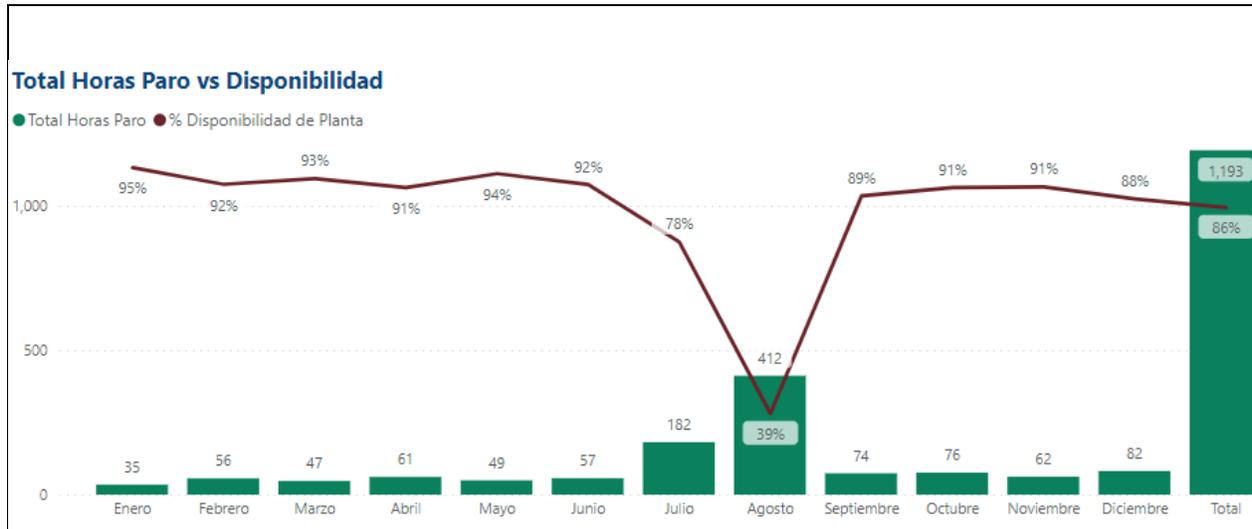


Para iniciar se muestra el total de horas de paros acumulados en el año 2023, en el cual podemos ver que el 83% del total corresponden a paradas No programadas, lo cual afecta directamente la disponibilidad de planta.

Esto se debe a la falta de cumplimiento del Plan de Mantenimiento preventivo que solo se cumplió en 94% del plan dos meses del 2023, los demás meses del año el cumplimiento estuvo entre el 80% y 90% de cumplimiento, esto es un indicador del cumplimiento por debajo de la meta que es el 90%, la gestión del Mantenimiento actual estuvo por debajo de su meta.



Gráfico 6 Total de Horas Paro vs Disponibilidad de Planta



Si vemos a detalle los resultados tomando todo lo que corresponde a Horas Paro por Mantenimiento (Paros Planificado y No Planificados), tenemos que el 55% del total de paros corresponden a paradas relacionadas con mantenimiento.

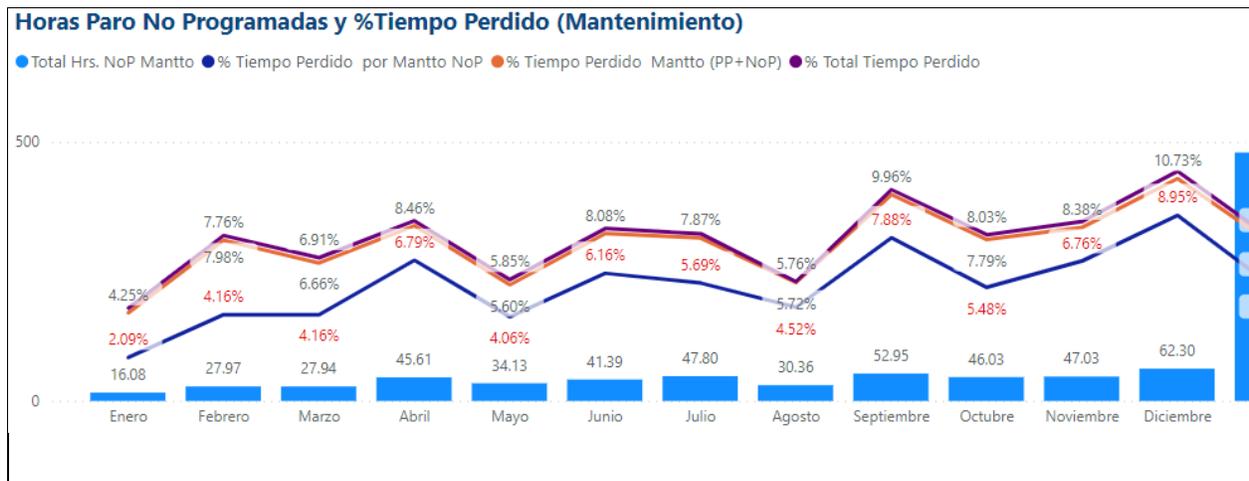
De igual manera, al Departamento Mecánico le corresponde el 76.2% del total de paradas imprevistas, relativamente alto considerando el 14.5% del departamento de Energía y el 9.3% de la parte Eléctrica.



Tabla 9 Total Horas paro generadas en el año 2023

| Horas Paro por Departamento _ 2023 | | | | | | |
|---|---------------|--------------|---------------|-----------------|------------------|------------------|
| Mes | NoP Mecanico | NoP Energía | NoP Electrico | Total PP Mantto | Total NoP Mantto | Total Horas Paro |
| Enero | 13.33 | 1.30 | 1.45 | 16.57 | 16.08 | 34.68 |
| Febrero | 19.96 | 7.02 | 1.00 | 24.17 | 27.97 | 56.07 |
| Marzo | 16.25 | 11.08 | 0.61 | 16.80 | 27.94 | 47.26 |
| Abril | 43.57 | 1.17 | 0.87 | 11.22 | 45.61 | 61.27 |
| Mayo | 29.81 | 4.12 | 0.20 | 12.95 | 34.13 | 49.49 |
| Junio | 33.41 | 7.55 | 0.43 | 12.92 | 41.39 | 56.58 |
| Julio | 37.92 | 9.52 | 0.37 | 18.28 | 47.80 | 181.65 |
| Agosto | 15.56 | 13.78 | 1.02 | 8.05 | 30.36 | 411.79 |
| Septiembre | 42.00 | 4.32 | 6.63 | 14.00 | 52.95 | 73.88 |
| Octubre | 30.20 | 7.03 | 8.80 | 19.40 | 46.03 | 76.33 |
| Noviembre | 35.60 | 2.53 | 8.90 | 11.27 | 47.03 | 62.17 |
| Diciembre | 47.90 | 0.00 | 14.40 | 12.38 | 62.30 | 81.62 |
| Total | 365.50 | 69.42 | 44.67 | 178.00 | 479.58 | 1,192.78 |

Gráfico 7 Total Horas Paro No Programadas y % de tiempo perdido

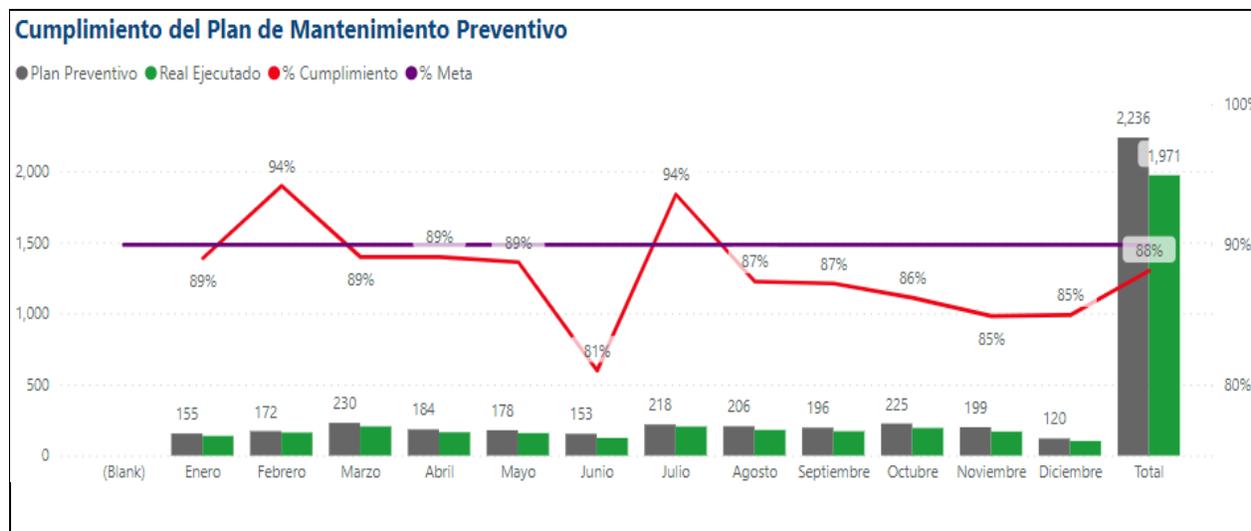


En el gráfico anterior podemos ver el alto porcentaje de paradas imprevistas, prácticamente un 73% del total de tiempo perdido entre las programadas y No programadas.



Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo Se analizó el histórico de planes de mantenimientos programados durante el periodo 2023, en el cual se evidencia un cumplimiento del 88% acumulado en el año, quedando ligeramente por debajo de la meta.

Gráfico 8 Cumplimiento del Plan de Mantenimiento Preventivo



Si observamos el comportamiento mensual, queda claro que hay oportunidad de mejora en el seguimiento a este indicador, ya que esto nos garantiza la reducción de paradas imprevistas y a su vez el incurrir en costos adicionales por falta de gestión.

Distribución por tipo de mantenimiento

Analizar este indicador es de suma importancia para cualquier compañía, ya que nos revela el porcentaje de la aplicación de cada tipo de mantenimiento que se esta ejecutando. Evidentemente el tipo de instalación o equipo puede determinar variaciones de esos valores.

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en el periodo 2023.



Tabla 10 Distribución por tipo de mantenimiento 2023 (Preventivo, Correctivo y Predictivo)

| Month | Correctivo | Preventivo | Predictivo | % Mantto Correctivo | % Mantto Preventivo | % Mantto Predictivo |
|--------------|-------------|-------------|-------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| January | 436 | 155 | 237 | 53% | 19% | 29% |
| February | 515 | 172 | 225 | 56% | 19% | 25% |
| March | 630 | 230 | 201 | 59% | 22% | 19% |
| April | 294 | 184 | 202 | 43% | 27% | 30% |
| May | 305 | 178 | 124 | 50% | 29% | 20% |
| June | 388 | 153 | 200 | 52% | 21% | 27% |
| July | 462 | 218 | 212 | 52% | 24% | 24% |
| August | 304 | 206 | 225 | 41% | 28% | 31% |
| September | 262 | 196 | 244 | 37% | 28% | 35% |
| October | 383 | 225 | 255 | 44% | 26% | 30% |
| November | 321 | 199 | 132 | 49% | 31% | 20% |
| December | 301 | 120 | 237 | 46% | 18% | 36% |
| Total | 4601 | 2236 | 2494 | 49% | 24% | 27% |

La distribución actual marca un alto porcentaje de correctivos (49%), lo cual ha provocado el aumento de paradas imprevistas. A esto hay que sumarle los costos que se generan por no haber intervenido a tiempo el equipo.

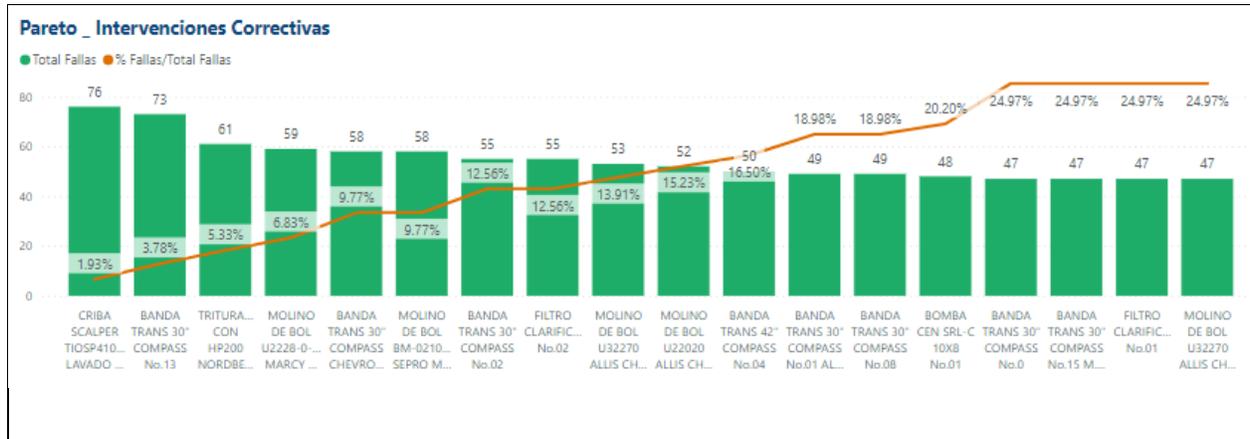
Una buena señal es el que se tienen definidas rutinas que permiten conocer el funcionamiento de máquinas y equipos, con el fin de anticiparse a posibles fallos y optimizar su rendimiento, lo cual se ve reflejado en el 27% de Mantenimientos Predictivos.

El 24% de las OT refieren a Mantenimientos Preventivos, un numero bastante bajo tomando en cuenta la naturaleza de la operación, ya que cada minuto de paradas imprevistas, genera un costo mayor y disminuye la fiabilidad de los procesos productivos.

Si nos detenemos un poco y analizamos los equipos que presentan mas intervenciones correctivas, nos damos cuenta el impacto que estos pueden estar generando; tanto en la disponibilidad de planta, como en costos adicionales.



Gráfico 9 Equipos con más intervenciones correctivas en el año 2023.



Los 9 Equipos con mas intervenciones correctivas en el 2023, son los equipos mas críticos para la operación por que van en la primera línea o entrada de la línea de producción lo cual provoca paros correctivos no programados, esto significa el 50% de los equipos críticos de toda la operación según el listado mostrado en el grafico 9.



Costos de Mantenimiento

Los costos de mantenimiento incurridos en el periodo analizado se muestran en la siguiente Tabla No. 10., que se inserta a continuación:

Tabla 11 Costos de Mantenimiento

| Mes | Plan \$ | Real \$ | % var vs Plan \$ | TM Plan | TM Real | % var TM | Plan \$/TM | Real \$/TM | % var \$/TM |
|--------------|------------------|------------------|------------------|----------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Enero | 583,798 | 395,520 | 32% | 68,945 | 66,227 | 3.9% | 8.47 | 5.97 | 29% |
| Febrero | 369,462 | 401,638 | -9% | 55,146 | 55,586 | -0.8% | 6.70 | 7.23 | -8% |
| Marzo | 340,856 | 364,999 | -7% | 56,560 | 55,947 | 1.1% | 6.03 | 6.52 | -8% |
| Abril | 405,293 | 432,747 | -7% | 56,560 | 52,904 | 6.5% | 7.17 | 8.18 | -14% |
| Mayo | 360,686 | 521,930 | -45% | 70,700 | 69,200 | 2.1% | 5.10 | 7.54 | -48% |
| Junio | 318,205 | 549,865 | -73% | 56,560 | 55,937 | 1.1% | 5.63 | 9.83 | -75% |
| Julio | 412,289 | 558,945 | -36% | 70,700 | 56,596 | 19.9% | 5.83 | 9.88 | -69% |
| Agosto | 372,889 | 745,294 | -100% | 56,560 | 28,987 | 48.7% | 6.59 | 25.71 | -290% |
| Septiembre | 358,454 | 533,776 | -49% | 56,560 | 55,341 | 2.2% | 6.34 | 9.65 | -52% |
| Octubre | 269,234 | 555,241 | -106% | 70,700 | 67,081 | 5.1% | 3.81 | 8.28 | -117% |
| Noviembre | 335,903 | 576,785 | -72% | 56,560 | 55,877 | 1.2% | 5.94 | 10.32 | -74% |
| Diciembre | 351,584 | 623,481 | -77% | 56,560 | 59,113 | -4.5% | 6.22 | 10.55 | -70% |
| Total | 4,478,653 | 6,260,221 | -40% | 732,111 | 678,798 | 7.3% | 6.12 | 9.22 | -51% |

Claramente se refleja los altos costos de mantenimiento que se vienen obteniendo en el área de Planta. La variación vs plan es del 51%, lo que conlleva a buscar estrategias que permitan reducir este GAP.

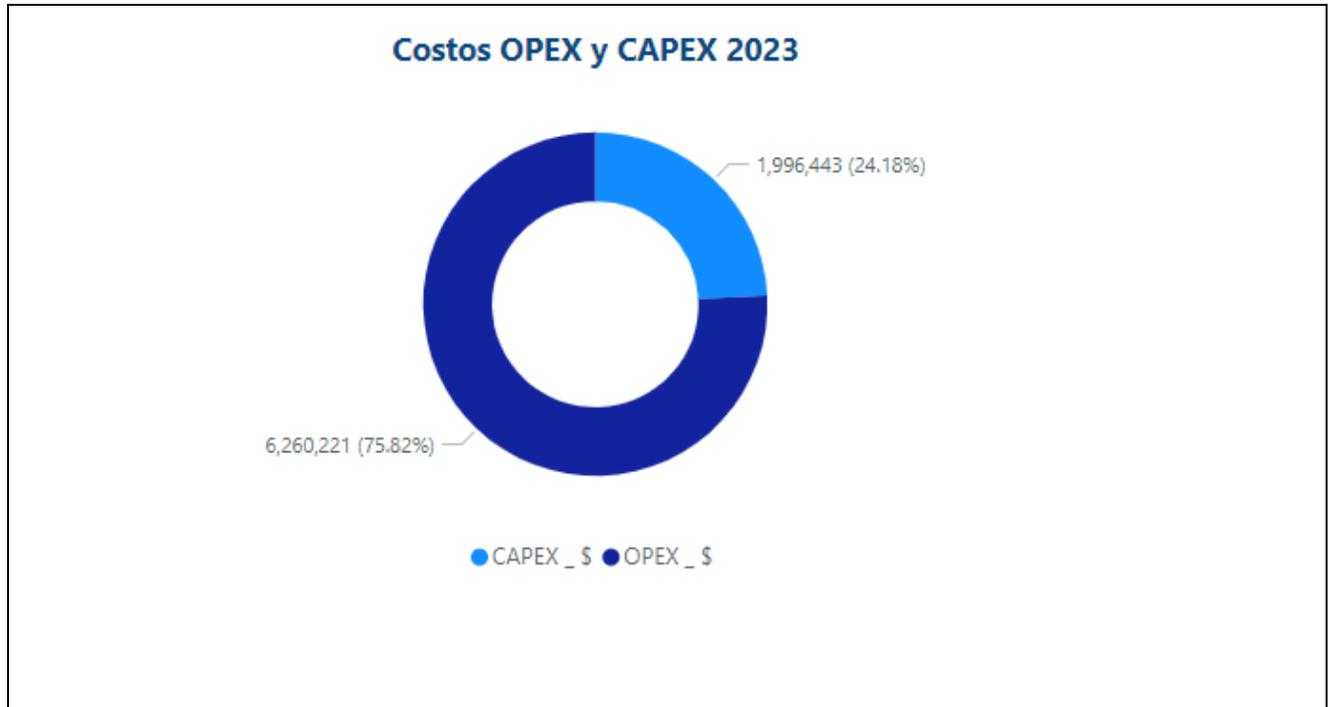
Parte de ese incremento viene dado por la disminución del 7% de las TM de molienda que se tenían previstas en el año 2023, que fueron afectadas por la disponibilidad de equipos los cuales vimos en los análisis anteriores.

Por otro lado, durante el año el gasto fue de un 40% mas de lo presupuestado, lo que requiere un seguimiento a detalle del control y ejecución de presupuesto. De igual manera no se lleva indicadores de costos por tipo de mantenimiento.

En el caso del Capex ejecutado durante este periodo, representó un 24% del gasto total de mantenimiento.

Gráfico No. 10.

Gráfico 10 Costos reales OPEX y CAPEX 2023



En la gestión de activos, el debate entre CAPEX y OPEX no es sobre superioridad sino sobre sinergia, es decir que cada uno cumple un rol único; mientras que el CAPEX influye en el balance general a través del valor del activo y la depreciación, el OPEX impacta directamente el estado de resultados.

El CAPEX a menudo implica crear un presupuesto enfocado a varios años, considerando la naturaleza a largo plazo de los activos, mientras que OPEX requiere una presupuestación anual o incluso trimestral, reflejando las necesidades operativas.



Compras y Suministros

El proceso de compras y suministro es fundamental para mantener una alta tasa de disponibilidad en los equipos. Es importante mencionar que en la actualidad la Empresa no lleva un registro de las horas paro incurridas por falta de algún repuesto categorizado como alta rotación.

Se procedió a realizar la descarga en SAP de los inventarios y costos que se tenían en cada mes del periodo 2023. Con esta data se analizaron los niveles de inventarios y coberturas, esto en base al consumo promedio que se tiene establecido.



Tabla 12 Mes piso - Coberturas

| Materiales | A | B | C | Total |
|--|------------|------------|-----------|------------|
| VALVE CONE GUIDE 83277 | 66 | | | 66 |
| DISTRIBUIDOR 2 SALIDA 7-18-MC-DW89-9-C | | 45 | | 45 |
| LAMPARA MINERA KL4MS 246LM AZUL | | 27 | | 27 |
| BROCA 7/8" X1 3/4" T22-45S12-610 | 26 | | | 26 |
| IMPELLER 3"X3"X10 SRL 98330307501 | 21 | | | 21 |
| FILTRO TELA NYLON 100" 0821000 | 15 | | | 15 |
| MICRONIC 1200MM INTERMED CLOTH 807/10581 | 14 | | | 14 |
| ACEITE MORLINA S4 220 | 13 | | | 13 |
| BROCA 7/8" X1 3/8" T22-35S12-607 | 12 | | | 12 |
| CONE LINER 20DEG HC35-C-20/250-RG | 12 | | | 12 |
| MEMBRANA NBR HM-1000 | 11 | | | 11 |
| RODAMIENTO DE RODILLO 55200/55443 | | 11 | | 11 |
| VALVE SEAT 61688 | 10 | | | 10 |
| CASING LINER SUCTION 4X6 B040702025 | | 10 | | 10 |
| 995 ACOPLA HDPE 4" | | 9 | | 9 |
| BRIDA SIN FIN 1/2" - 1-1/8" | | 9 | | 9 |
| TORNILLO DE CAB HEX NC G8 3/4"X5" | | 9 | | 9 |
| CONCHA DE EXPANSION 5/8" LHF2B | 8 | | | 8 |
| RODAMIENTO DE RODILLO CONICO 390/394 | | 8 | | 8 |
| BARRENO HEX.6" 12 7/8" 250120 | 8 | | | 8 |
| ACEITE SAE 40 MOBILGARD M430 | 8 | | | 8 |
| PINTURA DE AGUA SPRAY ROJO | | | 7 | 7 |
| 6" DR11 IPS BACKUP RING DUCTILE IRON | | 6 | | 6 |
| CANAL COLONIAL PVC UV 6M | | 6 | | 6 |
| CODO GALVANIZADO 1"X 90 GRADOS | | 6 | | 6 |
| FILTRO HIDRAULICO 2503221C1/4043517C1 | | 6 | | 6 |
| Total | 253 | 219 | 25 | 497 |

Existen compras que excedieron los 6 meses de cobertura, aun siendo estos categorizados como prioridad B.

A continuación, se muestra el inventario valorizado a lo largo del año 2023 según prioridad que se tiene establecida. A como se puede observar, el comportamiento es bastante similar en cada mes.

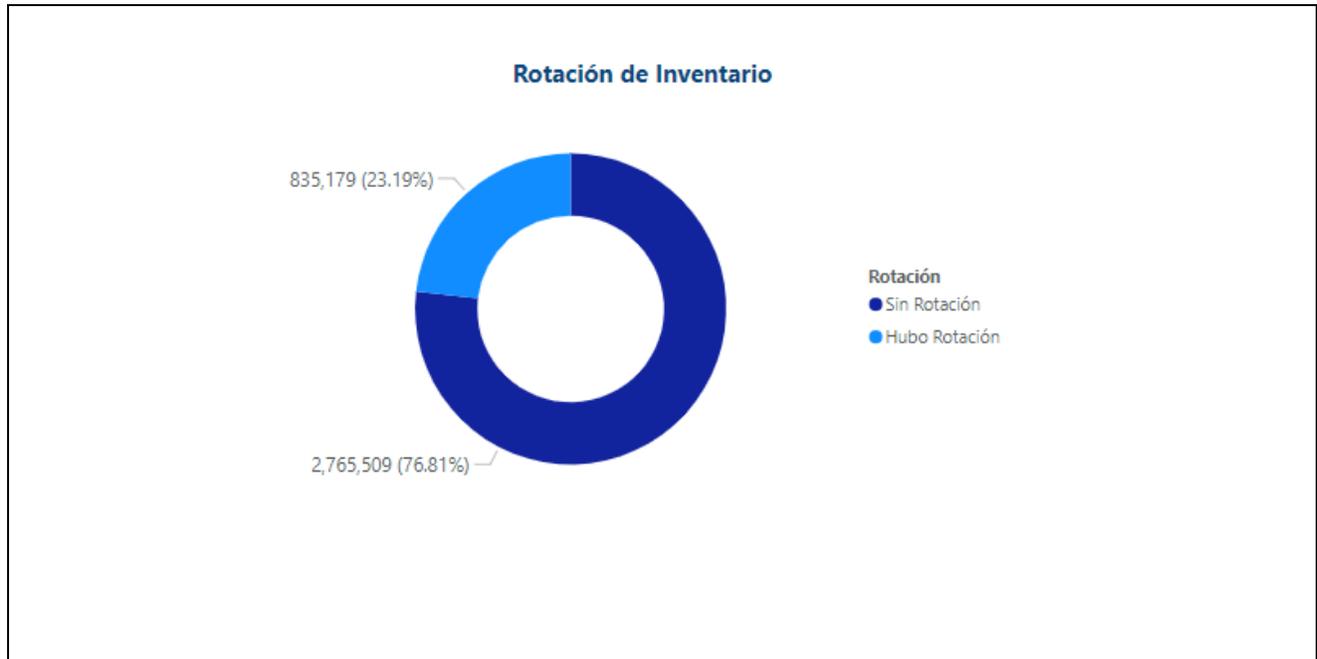


Tabla 13 Valor de los Inventarios 2023..

| Prioridad | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| A | 2,659,672.72 | 2,655,193.14 | 2,576,254.78 | 2,568,470.76 | 2,547,386.00 | 2,444,506.81 | 2,407,801.68 | 2,372,886.46 | 2,318,963.44 | 2,312,431.87 | 2,286,196.92 | 2,268,941.80 |
| B | 1,096,761.38 | 1,060,981.53 | 1,083,457.69 | 1,063,549.38 | 1,085,246.70 | 1,034,184.90 | 1,056,661.06 | 1,036,752.75 | 1,058,431.40 | 1,025,970.67 | 1,064,656.55 | 1,044,281.37 |
| C | 92,405.98 | 87,362.91 | 92,405.98 | 87,362.91 | 92,405.98 | 87,362.91 | 92,405.98 | 87,362.91 | 92,405.98 | 87,362.91 | 92,405.98 | 87,362.91 |
| Total | 3,848,840.09 | 3,803,537.58 | 3,752,118.45 | 3,719,383.04 | 3,725,038.68 | 3,566,054.63 | 3,556,868.72 | 3,497,002.12 | 3,469,800.82 | 3,425,765.45 | 3,443,259.46 | 3,400,586.07 |

Así mismo, se evidenció que a lo largo del año no hubo rotación de ciertos repuestos; los cuales se traducen a elevados costos de capital y altos costos de mantenimiento de inventario.

Gráfico 11 Rotación de Inventario



Manejo y Seguimiento de Indicadores (KPI)

El manejo y seguimiento de indicadores son sustancialmente información utilizada para ajustar las acciones que un sistema o proceso emprende para alcanzar el cumplimiento de su misión, objetivos y metas.

En este particular durante la auditoria realizada, observamos que la compañía no lleva un consolidado de toda la operación, donde sean integrados todos los procesos y se tenga una mejor perspectiva del comportamiento de los indicadores.

En la actualidad se maneja el seguimiento en archivos Excel, los cuales no tienen toda la data requerida para generar un Dashboard que genere valor agregado de la información.



Tabla 14 Manejo y seguimiento actual de indicadores

| RESULTADOS CADENA DE ABASTECIMIENTO | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Proceso | Indicador | Unidad | 1Q | 2Q | 3Q | 4Q | Acum | |
| Mantenimiento | Costos Unitarios Mantenimiento | Real | USD/t | 13.78 | 16.99 | 24.91 | 17.81 | 18.01 |
| | | Meta | USD/t | 15.29 | 13.79 | 13.50 | 12.42 | 13.75 |
| | Costos Unitarios Mantenimiento Planteles | Real | USD/t | 6.54 | 8.45 | 13.04 | 9.64 | 9.22 |
| | | Meta | USD/t | 7.16 | 5.90 | 6.22 | 5.20 | 6.12 |
| | Disponibilidad de equipos criticos Mtto Planteles | Real | % | 96% | 83% | 93% | 94% | 91% |
| | | Meta | % | 93% | 93% | 93% | 93% | 93% |
| Suministros | Administración nivel de inventario | Real | USD | 26,840 | 24,485 | 25,057 | 27,790 | 27,790 |
| | | Meta | USD | 25,632 | 23,450 | 22,438 | 22,206 | 22,206 |

Tabla 15 Excel Manejo y seguimiento de indicadores

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Columns:** A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L, M, N, O, P, Q
- Rows:** 1 to 25
- Categories:**
 - Mantenimiento (S/Ton) - Columns C, D, E
 - Mantenimiento Talleres (S/Ton) - Columns G, H, I, J, K
 - Mantenimiento Planteles (S/Ton) - Columns M, N, O, P, Q
- Sub-categories:** Q1, Q2, Q3, Q4, Acum Q1 2023, Acum 2023
- Data Points:** Real (Actual) and Meta (Target) values for each quarter and cumulative total.
- Units:** \$ (Cost), ton (Quantity), \$ Unitario (Unit Cost)
- Formulas:** =AWS is visible in the formula bar.
- Navigation:** TAB, Calculos, Resumen Disp Ene-Dic, Resumen Meta Inv 2023, Sum-Ene-Dic 2023



Tabla 16 Indicadores de Controles de Desempeño 2023: Mineros

| INDICADORES - CONTRATOS DE DESEMPEÑO 2023: MINEROS | | | | | | | | | |
|--|---|---------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| Indicadores | | | | | Meta Q1 | Meta Q2 | Meta Q3 | Meta Q4 | Meta año |
| Procesos | | | | | | | | | |
| Energía | Costo Combinado de Energía | USD/Mwh | Trimestral | 191 | 203 | 94 | 94 | 145 | |
| Mantenimiento Talleres | Disponibilidad de equipos criticos Mtto Talleres | % | Trimestral | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | |
| Mantenimiento Planteles | Disponibilidad de equipos criticos Mtto Planteles | % | Trimestral | 93% | 93% | 93% | 93% | 93% | |
| Mantenimiento | Costos Unitarios Mantenimiento | USD/t | Trimestral | 15.29 | 13.79 | 13.50 | 12.42 | 13.75 | |
| Mantenimiento Planteles | Costos Unitarios Mantenimiento Planteles | USD/t | Trimestral | 7.16 | 5.90 | 6.22 | 5.20 | 6.12 | |
| Mantenimiento Talleres | Costos Unitarios Mantenimiento Talleres | USD/t | Trimestral | 8.13 | 7.90 | 7.28 | 7.22 | 7.63 | |
| Suministros | Administración nivel de inventario | USD | Trimestral | 26,830,409 | 23,449,691 | 22,437,619 | 22,206,130 | 23,882,761 | |
| Suministros | Nivel de servicio de compra Bienes | % | Trimestral | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | |
| Suministros | Nivel de servicio de compra servicios | % | Trimestral | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% | |

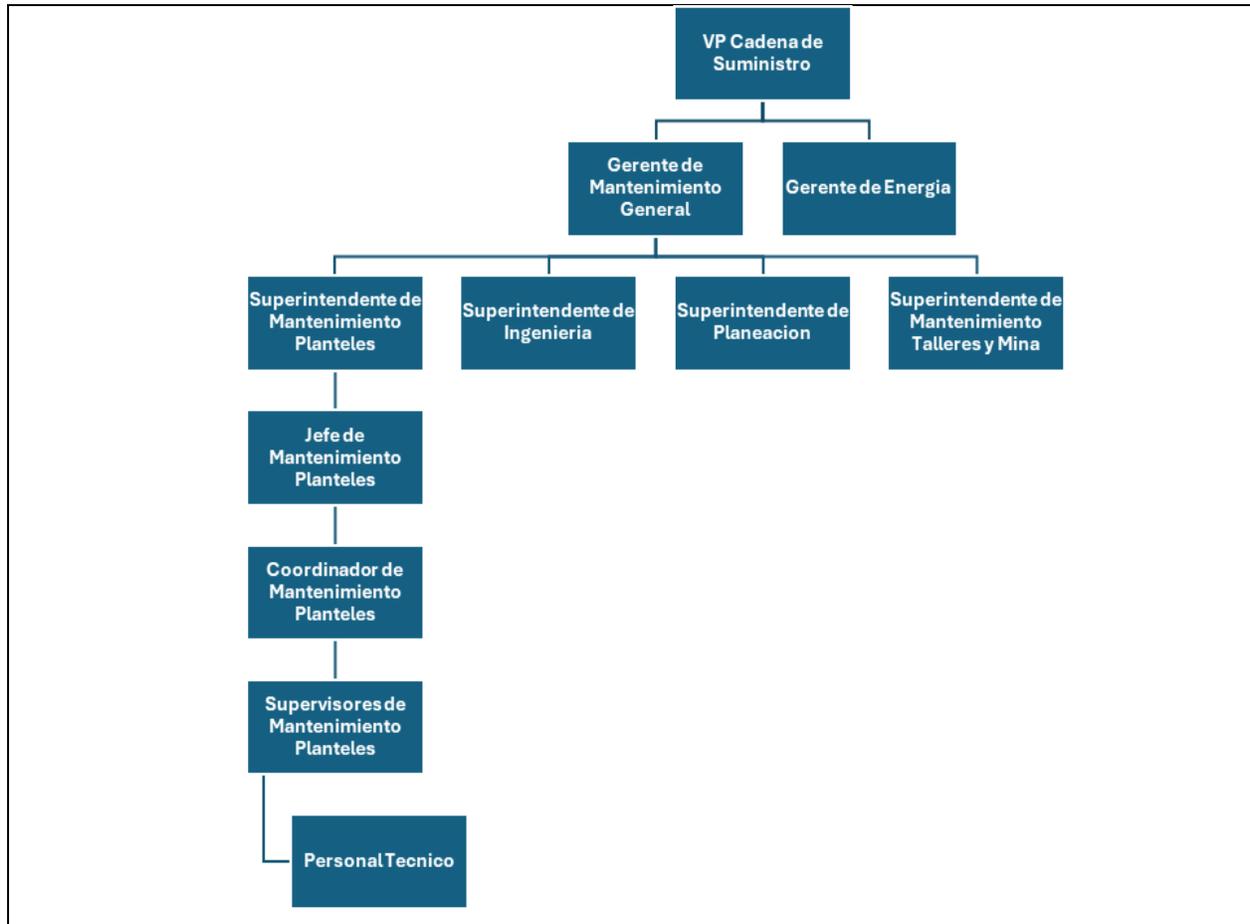
La información está bastante desordenada, la cual no permite ver resultados y comparar vs mes anterior, o bien vs año anterior.



XI. PROPUESTA DE MODELO DE GESTION DE MANTENIMIENTO

En la propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento presentado buscamos como ordenar definiendo un solo Gerente del Macroproceso de Mantenimiento, partiendo en la definición de que el Eje Rector es IPM Ingeniería y Planeación del Mantenimiento como responsable de la comunicación y la articulación de todas las áreas involucrada en el Proceso de Mantenimiento, basando las decisiones bajo los tres factores primordiales la seguridad de las personas, la integridad del medio ambiente y la continuidad de nuestras operaciones.

Ilustración 7 Organigrama del modelo propuesto



Todo el modelo se basa en la Filosofía del Mantenimiento Productivo Total (TPM), orientado al Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM), ambos como marco de referencia.

Funciones Específicas:

Ingeniería de Mantenimiento:

Será el responsable principalmente de velar por la integridad de los equipos, basados en la criticidad, ciclos de vida de los equipos, diseños de los equipos según la



necesidad de la operación, cuidar de la calidad de los repuestos y equipos, evaluación y ejecución de nuevos proyectos y Capex.

Planeación de Mantenimiento:

Sera responsable de la Planeación Estratégica del mantenimiento según las estrategias; plan semana, mensual, trimestral, anual y los próximos tres años. Estará a carga de dar seguimiento a todos los repuestos e insumos este disponibles en almacén según cada plan de mantenimiento definido

Ejecución del Mantenimiento:

Sera responsable de ejecutar los planes de mantenimiento planeados según la estrategia de corto media y largo plazo. Es responsable de llevar a cabo las inspecciones de los equipos, partiendo de la prioridad según la criticidad, al igual que registrar todo en SAP.

Para el departamento de mantenimiento se diseñó un modelo de gestión con el cual se busca ordenar el departamento e integrar los demás sectores de la empresa, convirtiéndose en una estrategia de mejora continua en todas las etapas propuestas. La propuesta se basa en las siguientes declaraciones fundamentales:

El mantenimiento se regirá primordialmente por lo que nos exija la condición y estado de cada equipo, por eso seremos especialmente cuidadosos en las inspecciones rutinarias.

Priorizaremos nuestras labores y decisiones bajo tres factores esenciales: la seguridad de las personas, la integridad del medio ambiente y la continuidad de nuestras operaciones. Ingeniería y Planeación del Mantenimiento será el eje rector que gobierne el macroproceso, lo cual significa que somos responsables de fortalecer la comunicación con todas las áreas



involucradas articulando y coordinando los esfuerzos de cada uno de ellos con un enfoque técnico, práctico y disciplinado para asegurar los resultados esperados.

La información es uno de los activos más importantes y velaremos por su oportunidad, confiabilidad y congruencia, pues de ella dependen nuestras decisiones estratégicas más importantes. Actuaremos siempre a través de nuestro sistema de información.

Nuestro gasto en el mantenimiento perseguirá siempre una relación alta de costo-beneficio.

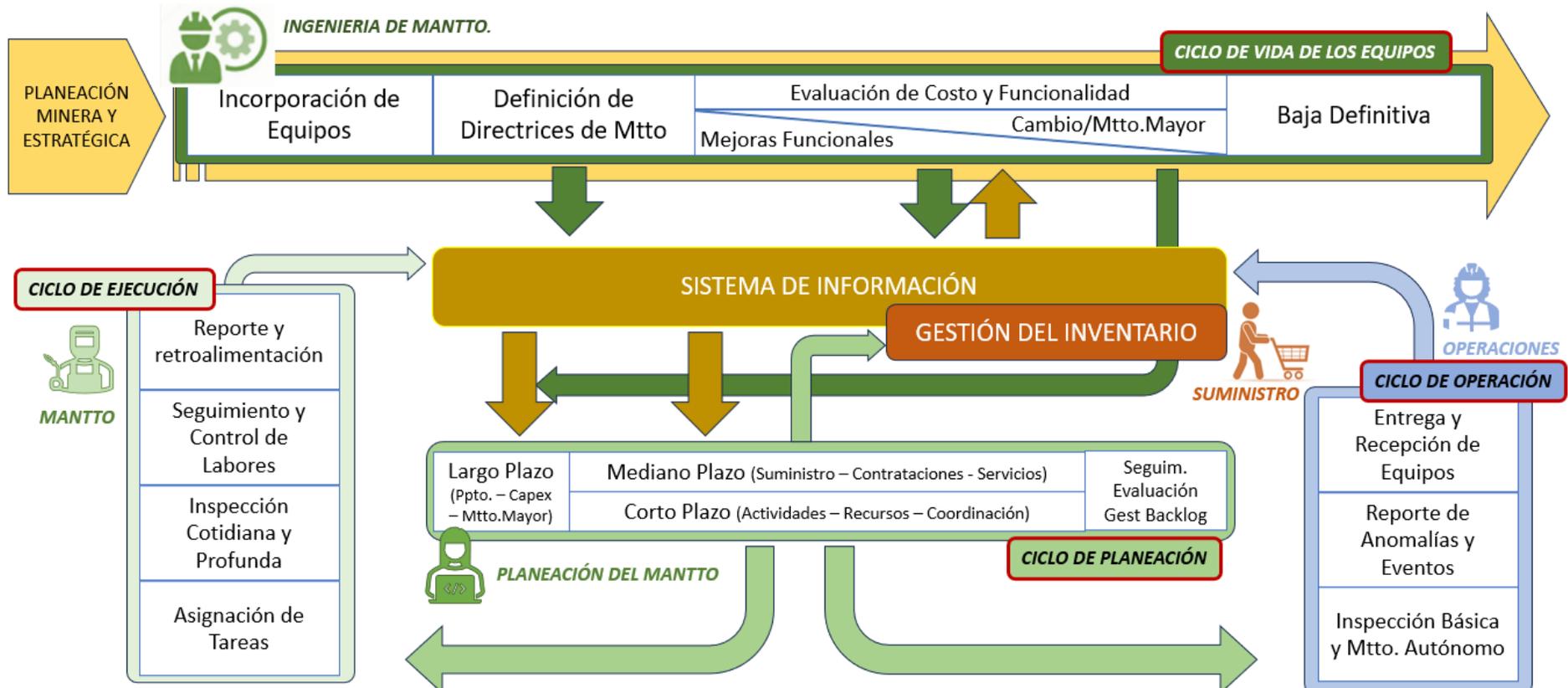


Ilustración 8 Propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



Ciclo

CICLO DE VIDA DE LOS EQUIPOS

Proceso

Incorporación de Equipos

Definición de Directrices de Mtto

Evaluación de Costo y Funcionalidad
 Mejoras Funcionales Cambio/Mtto.Mayor

Baja Definitiva

Líder



INGENIERIA DEL MANTENIMIENTO

Involucrados

Proveedores
 Suministro
 Proyectos
 Finanzas

Mantenimiento
 Operaciones
 Suministro

Mantenimiento
 Operaciones
 Finanzas
 Procesos

Mantenimiento
 Operaciones
 Suministro



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



| | | | | |
|---------------------|-----------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|
| <i>Ciclo</i> | CICLO DE EJECUCIÓN | | | |
| <i>Proceso</i> | Asignación de Tareas | Inspección Cotidiana e Inspección Profunda | Seguimiento y Control de Labores | Reporte y retroalimentación |
| <i>Líder</i> | MANTENIMIENTO | | | |
| <i>Involucrados</i> | Planeación del Mantto | Operaciones Ingeniería del Mantto | Planeación del Mantto | Planeación del Mantto |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



| | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---|---|
| <i>Ciclo</i> | CICLO DE OPERACIÓN | | |
| <i>Proceso</i> | Inspección Básica y Mtto. Autónomo | Reporte de Anomalías y Eventos | Entrega y Recepción de Equipos |
| <i>Líder</i> | OPERACIONES | | |
| <i>Involucrados</i> | Planeación del Mantto. Suministro | Planeación del Mantto. Mantenimiento | Planeación del Mantto. Mantenimiento |



XII. ANALISIS DE CRITICIDAD DE MAQUINARIA Y EQUIPOS

Para este análisis se incluyeron todos los equipos del plantel minero tomando en cuenta los siguientes criterios:

Ilustración 9 Criterios Generales

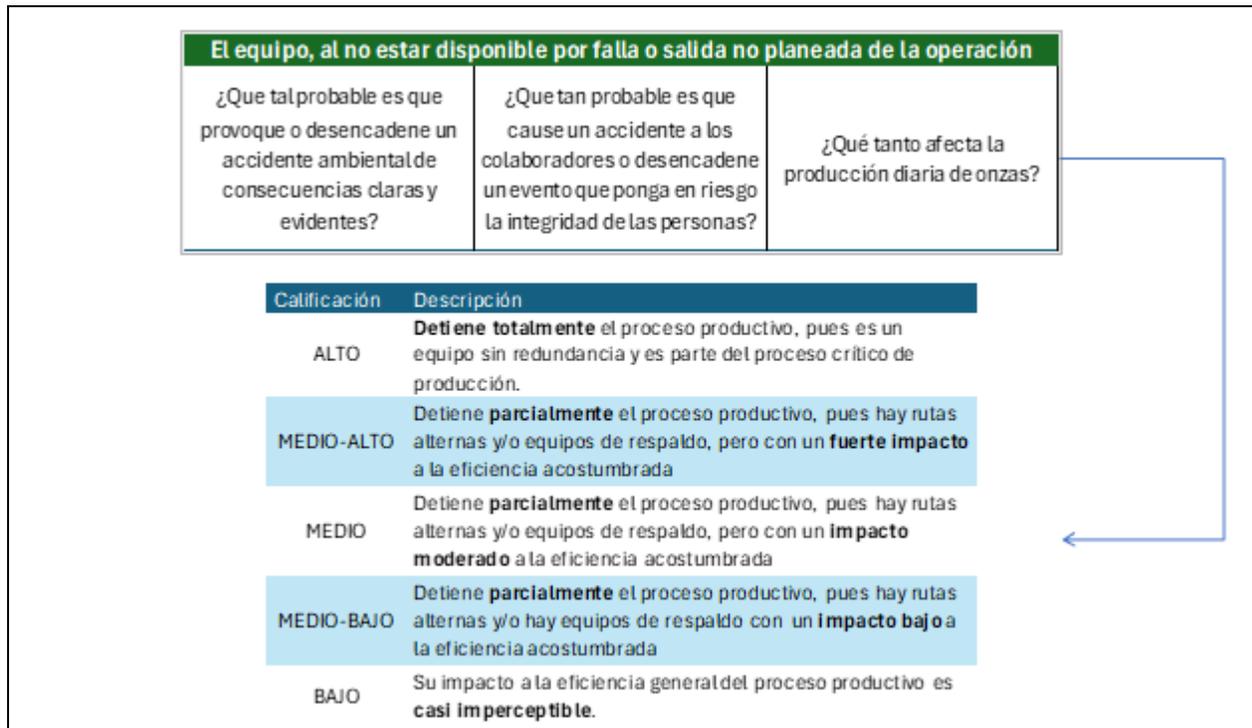
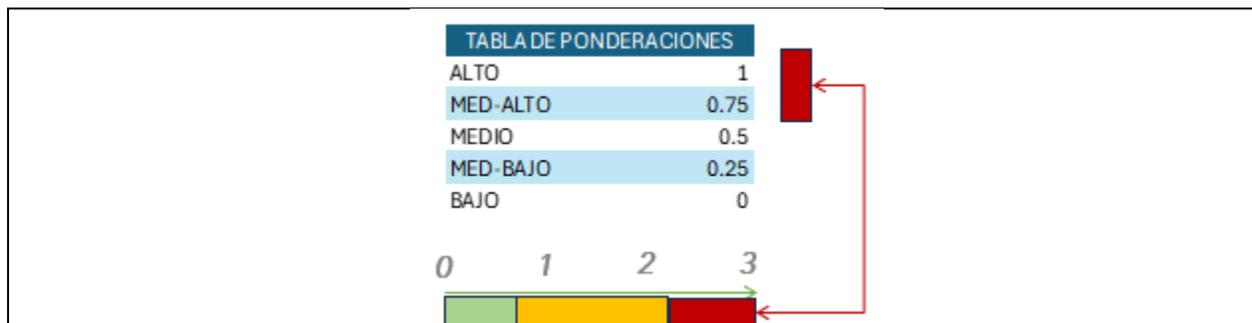


Tabla 17 Criterios Particulares





En base a los criterios antes mencionados, se procede a realizar el análisis de criticidad de los equipos, obteniendo los siguientes resultados:

Gráfico 12 Clasificación de Equipos por Criticidad

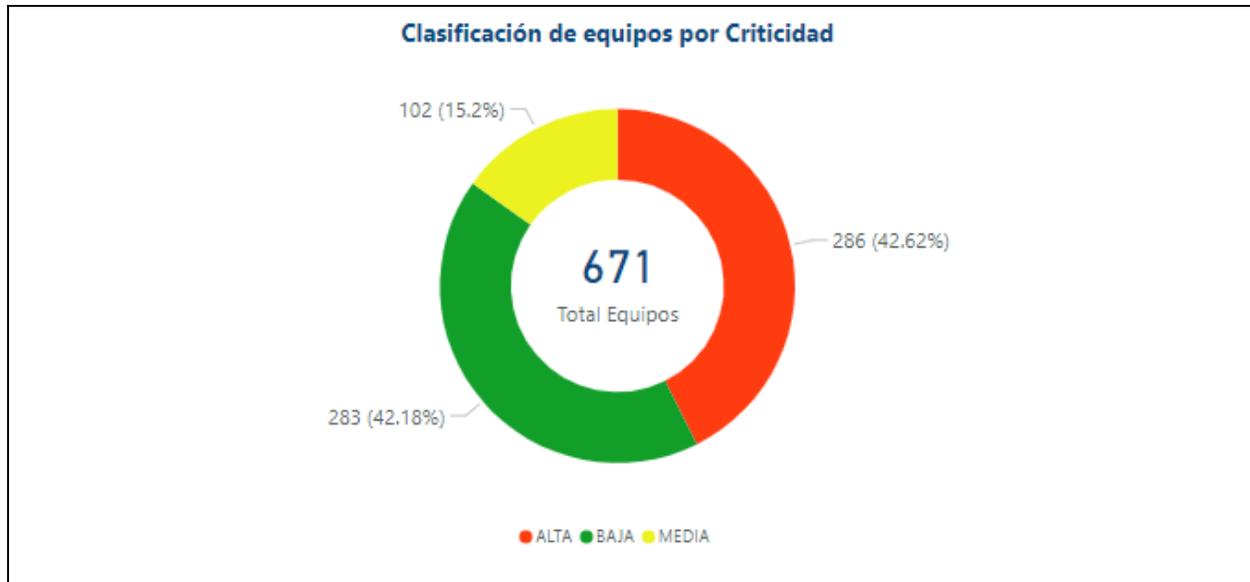
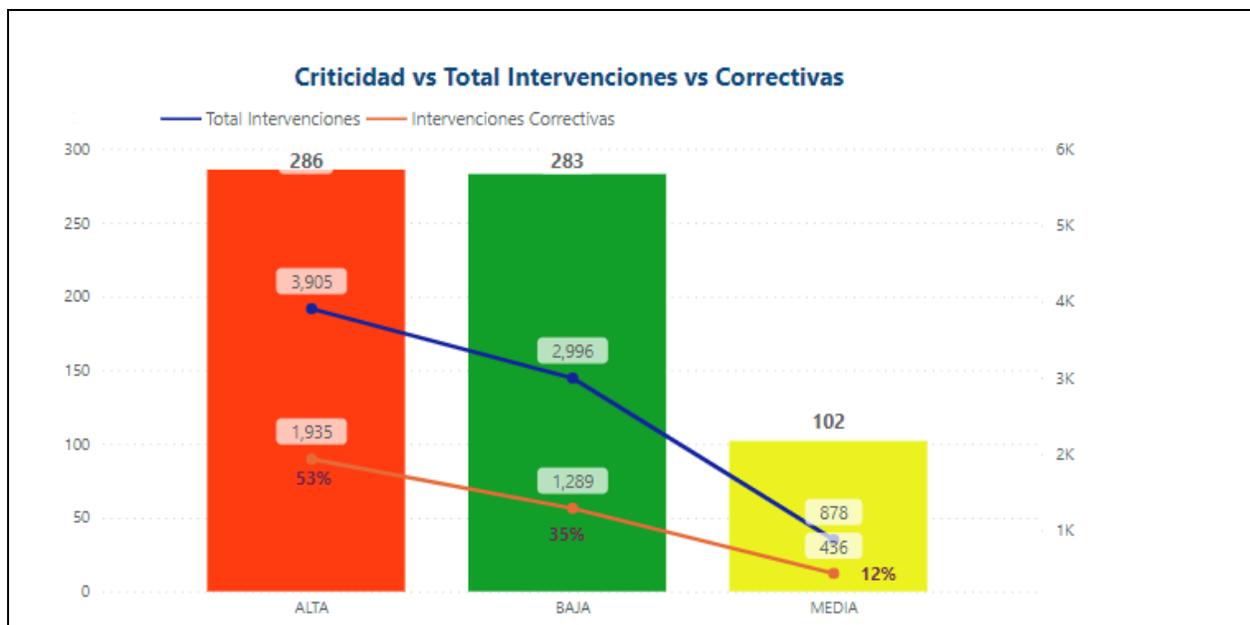


Gráfico 13 Criticidad vs Total Intervenciones vs Correctivas





En el análisis presentado solo se incluyeron los equipos o maquinaria estacionaria que conforman el plantel de beneficio, considerando que los dos equipos móviles no representan una criticidad debido a la facilidad de ser equipos de fácil rentabilidad.

Los criterios tomados son:

Riesgo a seguridad de las Personas: La importancia de este Criterio va más allá de pensar en solo la salud ocupacional, si no en cualquier tipo de acción que ponga en el mínimo riesgo la integridad y la vida de las personas. Considerando las siguientes situaciones como el contacto con cualquier tipo de reactivito químico entre ellos; Polvo de Cal, Solución Cianurada, ácido Clorhídrico, Pulpa Cianurada, Solución de Soda Caustica. Adicionalmente condiciones inseguras en el Plantel, como falta de pasillos escaleras, sistemas de izajes de Equipos o falla de los mismos producidos por falta de mantenimiento. Riesgos eléctricos por falta de condiciones de los MCC. (Centro de control de Motores).

Riesgo al Medio Ambiente: Toda mala condición de los Tanques de almacenamiento y la tubería que transporta sustancias químicas reactivas, producto de un mal diseño una mala planificación y ejecución del Mantenimiento puede generar un derrame que se salga de los controles de ingeniería implementado y llegar a contaminar el suelo y fuentes de agua cercanas poniendo en riesgo la integridad y la salud del poblado cercano al plantel.

Riesgo a la continuidad Operativa: Los dos Riesgos mencionados anteriormente afectan la continuidad de la Operación, ambos riesgos son mandatarios de ley y pueden provocar un cierre parcial, temporal o total de la operación, más aún se pueden sumar en este orden de importancia cualquier tipo a la Maquinaria principal como lo son los Molinos o Trituradores que están en la Primera línea de la Producción Maquinaria que



por sus dimensiones y valor económico no son fáciles de reemplazar en un periodo menor a un año, no son Maquinas o equipos que se pueden obtener con facilidad en el País. En esa misma medida están consideras otros equipos que son complementarios o componentes de un sistema como Tolvas de alimentación, bandas y Bombas.

Análisis FODA

Mediante la auditoria de mantenimiento y la realización de una lluvia de ideas se desarrolló un análisis FODA para el departamento de mantenimiento. Con este análisis los que se busca es que se maximicen las fortalezas, se ataquen las debilidades, se aprovechen las oportunidades y se controlen las amenazas.

Ilustración 10 Análisis FODA





XIII. IMPLEMENTACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

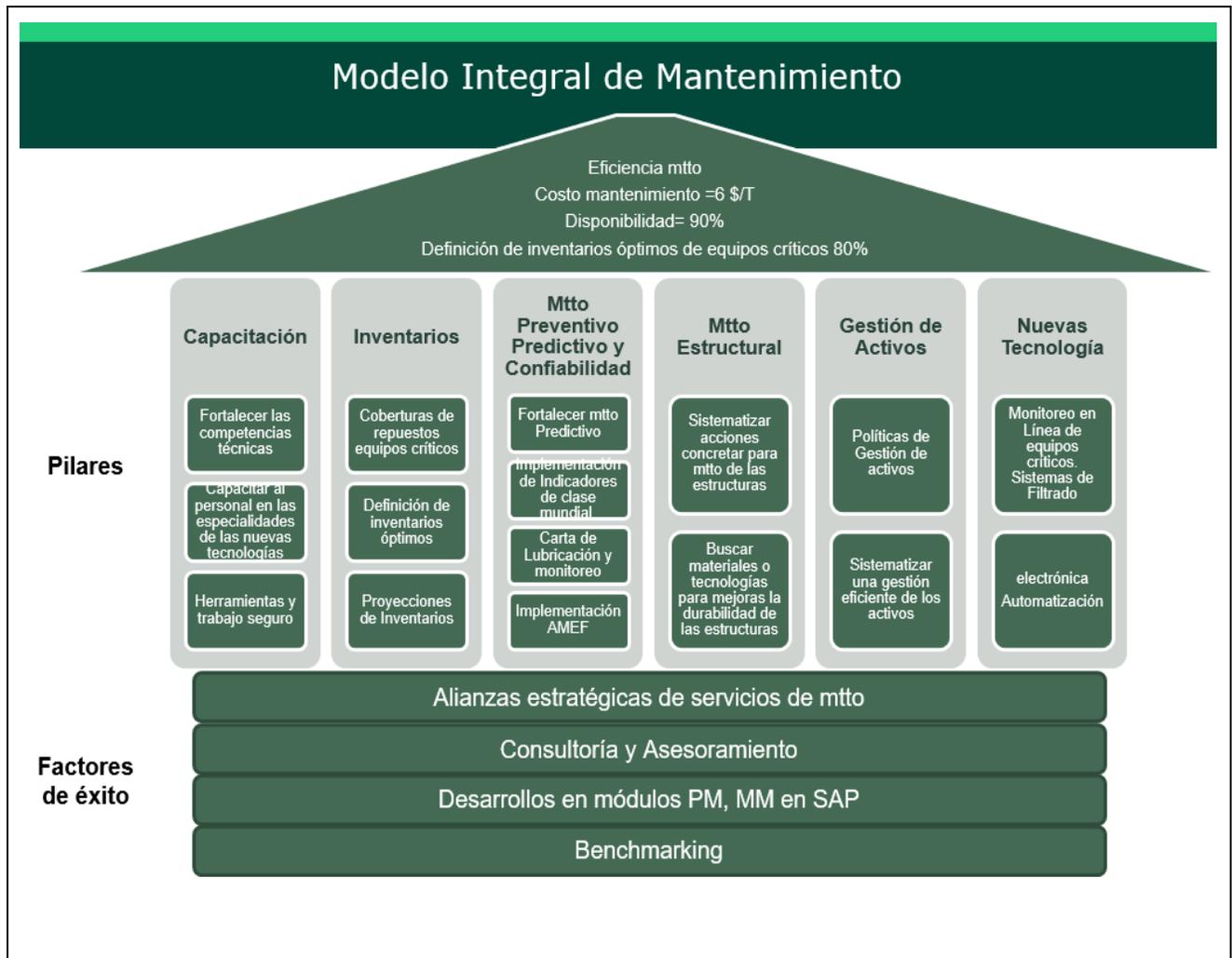
Para la realización de la implementación del modelo de gestión de mantenimiento de los Planteles se llevó a cabo la realización de una auditoria de mantenimiento para poder conocer la situación actual de la organización, equipos, gestión y estructura de mantenimiento.

Con esto se desarrolló un modelo de gestión de mantenimiento que ayudara a solventar las necesidades de la gerencia y el departamento de mantenimiento, dado que el principal objetivo es controlar los costos totales de mantenimiento de los equipos mineros, garantizando la disponibilidad y eficiencia de planta.

Con el análisis de criticidad se determinaron los equipos que requieren una mayor gestión y planificación, ya que impactan significativamente la continuidad del negocio. Es por ello que en nuestro modelo propuesto es fundamental la integración de los procesos soportes, que garanticen el fortalecimiento del sistema de gestión y se pueda conectar con la cadena de valor. La implementación del modelo integral propuesto se resume en el siguiente gráfico donde se muestra los pilares y estrategias a seguir:



Ilustración 11 Pilares del Modelo Integral de Mantenimiento Propuesto



Las estrategias que se proponen las clasificaremos en base a los procesos y resultados obtenidos en la auditoría, los cuales son las siguientes:

IPM

Rutas de Inspección

Modos de falla (RCM)

Planeación Trimestral/Semestral

Reposición de equipos

Cronograma de intervenciones mayores

Cobertura Repuestos



SUMINISTROS

Consignación de repuestos críticos de alta rotación.

Administración de Inventario

Gestión de adquisiciones

Gestión Logística

MANTENIMIENTO

Estructuración de Planes de mantenimiento, tomando en cuenta la criticidad de los equipos.

Calidad de los Registros

Capacitación y Entrenamientos

Plan de Choque (Corto, Mediano plazo)

Gestión y seguimiento de Indicadores.

Paros de Molienda, Precipitación y Estructurales



XIV. RESULTADOS ESPERADOS DEL NUEVO MODELO

14.1 Objetivos estratégicos del área de mantenimiento.

Ya definido el modelo y estrategias, es necesario definir los objetivos estratégicos, determinados por los análisis realizados y junto a las jefaturas de las áreas involucradas. Los objetivos establecerán las directrices para el cumplimiento de la estrategia.

Perspectiva Financiera.

Los principales objetivos presentes en la perspectiva financiera se encuentran alineados con los objetivos generales de la organización, los cuales son los siguientes:

- Minimizar el costo por tiempo de inactividad.
- Minimizar el costo por mantenimiento correctivo.
- Mantener los gastos del área de mantenimiento dentro del presupuesto establecido.
- Minimizar el costo por mantenimiento preventivo.

Perspectiva del Cliente.

La perspectiva del cliente se encuentra orientada a la mejora tanto en las condiciones de operación del área de producción como la relación que se tiene con dicha área.

- Incrementar la disponibilidad de equipos.
- Mejorar la confiabilidad del sistema.
- Atención oportuna a los procesos de mantenimiento.

Perspectiva de Procesos.

Esta perspectiva centra su foco en la mejora de los indicadores estándar de operación presentes en el área de mantenimiento, además de la corrección de las falencias detectadas.



- Maximizar el tiempo medio entre fallas (TMEF).
- Minimizar el tiempo medio para reparar (TMPR).
- Evaluar los indicadores de desempeño (KPI's) de mantenimiento.
- Optimizar los tiempos de intervención por mantenimiento.
- Minimizar la desviación de la planificación.
- Mejorar el mantenimiento preventivo.

Perspectiva de Higiene y Seguridad

Dentro de esta perspectiva se pueden establecer objetivos a la prevención de accidentes, incidentes y enfermedades laborales de los colaboradores.

- Minimizar la tasa de accidentabilidad laboral.

Cuadro de Mando Integral

La propuesta del cuadro de mando integral busca realizar la evaluación de la sostenibilidad del modelo de gestión de mantenimiento. El primer paso será la construcción del mapa estratégico, en el cual se alinearán los objetivos estratégicos para el cumplimiento de cada línea estratégica. Posteriormente se llevará a cabo la definición de los indicadores que permitan monitorear cada uno de los objetivos estratégicos, los cuales formaran parte del cuadro de mando integral final.



En la siguiente figura se muestra el mapa estratégico tomando en cuenta los objetivos que se plantearon.

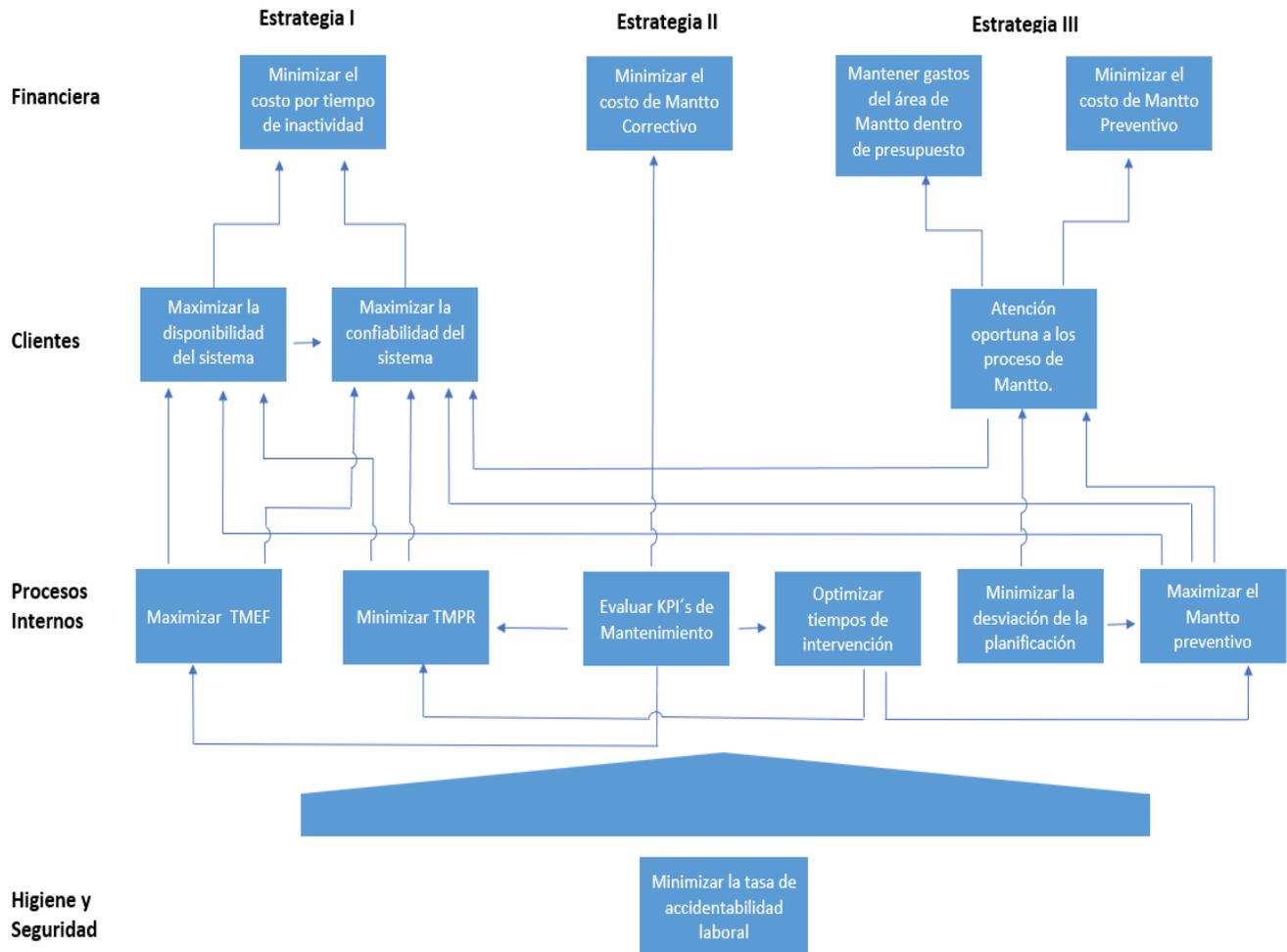


Figura No. 11. Mapa estratégico del área de mantenimiento.



Definición de los Indicadores

Para monitorear y controlar los objetivos estratégicos es necesario establecer un indicador clave de desempeño o KPI (Key Performance Indicator), mediante estos indicadores se podrá visualizar fácilmente donde se encuentra el problema y establecer planes de mejora.

A continuación, se mostrarán los indicadores propuestos para cada una de las perspectivas, los cuales fueron definidos junto a los jefes y responsables de cada uno de ellos.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



Tabla 18 Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral

| metos | | | | | | | | | | |
|---------------------------|--|------|--|------------|--|----------|------------|------------------|--------|--------|
| DEFINICION DE INDICADORES | | | | | | | | | | |
| PERSPECTIVA | OBJETIVO | PESO | INDICADOR (KPI) | NATURALEZA | MEMORIA CALCULO | VALOR AA | VALOR META | Unidad de medida | INICIO | FIN |
| Financiera | Minimizar el costo total de mantenimiento por tonelada procesada | 25% | Costo total de mantenimiento por tonelada procesada | Decrece | Costos Totales de mantenimiento (Preventivo + Correctivos) / Tn Tn: Toneladas metricas procesadas | 10.19 | 6 | \$/Tn | 1-Jan | 31-Dec |
| Financiera | Minimizar el costo por tiempo de inactividad | 10% | Índice de costo por tiempo de inactividad | Decrece | Capacidad (Tn / Hr) * Horas Paro. Tn: Toneladas metricas procesadas | 90,516 | 45,000 | Tm | 1-Jan | 31-Dec |
| Financiera | Minimizar el costo por mantenimiento correctivo | 15% | % del Costo de mantenimiento correctivo | Decrece | (Costo de mantenimiento correctivo / Costo total de mantenimiento) * 100 | 60 | 40 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Financiera | Mantener los gastos del área de mantenimiento dentro del presupuesto establecido | 20% | Índice de cumplimiento del presupuesto de mantenimiento | Decrece | (Gasto del periodo/ Presupuesto del periodo) * 100 | 167 | 99 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Financiera | Minimizar el costo por mantenimiento preventivo | 10% | % del Costo de mantenimiento preventivo | Decrece | (Costo de mantenimiento preventivo / Costo total de mantenimiento) * 100 | 44 | 60 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Financiera | Medir la Rentabilidad del CAPEX | 15% | Tasa de retorno sobre el CAPEX | | (Beneficio Neto generado por el CAPEX / Costo del CAPEX) * 100 | 7 | 20 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Cliente | Maximizar la disponibilidad del sistema. | 20% | Índice de disponibilidad operacional | Crece | (Tiempo real disponible TR / Tiempo total calendario TT) * 100 TR = TT - Paros programados y los NO planificados. Nota: Clasificar por tipo de paro. | 81 | 91 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Cliente | Maximizar la confiabilidad del sistema | 10% | Índice de confiabilidad | Crece | (TMEF / (TMEF + TMPR)) * 100 TMEF: corresponde al tiempo promedio entre fallas. TMPR: corresponde al tiempo promedio para reparar. | 80 | 85 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Cliente | Atención oportuna a los procesos de mantenimiento | 15% | Índice de atención oportuna a los procesos mantenimiento | Crece | (Nº Trabajos terminados a tiempo / N° Total de trabajos terminados) * 100 Considerar el mes analizado para la contabilización meta | 60 | 90 | % | 1-Jan | 31-Dec |
| Cliente | Efectividad en los procesos de mantenimiento | 15% | Efectividad en los procesos de mantenimiento | Crece | (Ordenes de Trabajos Cerradas / Total de Ordenes Generadas) * 100 Se consideran el el total de ordenes, todos los avisos que aún no se han tratado. | 78.5 | 95 | % | 1-Jan | 31-Dec |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



Tabla 19 Tabla resumen del Cuadro de Mando Integral

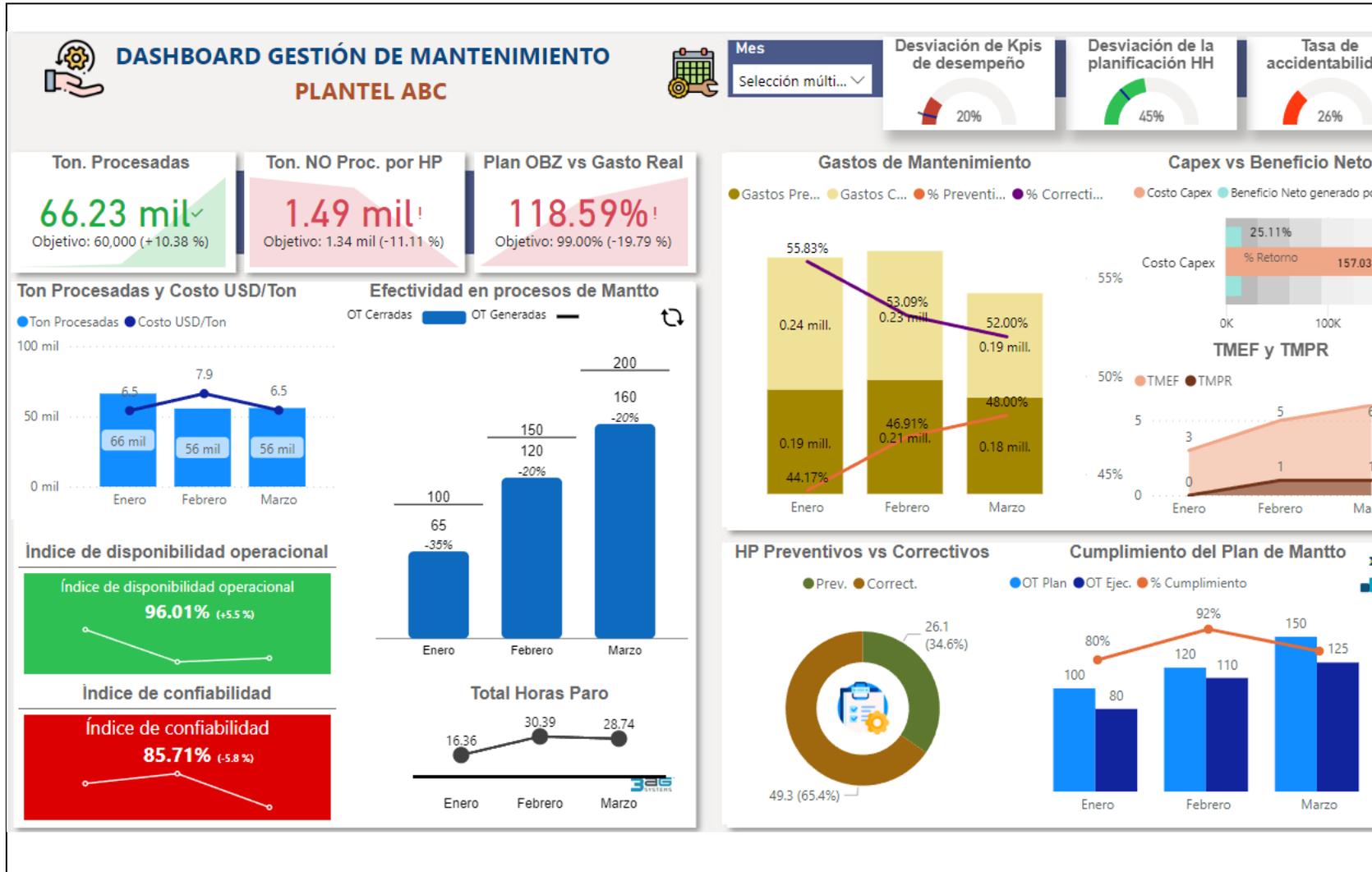
| | | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----|---|---------|--|------|-----|------|-------|
| Procesos Internos | Maximizar el tiempo medio entre fallas. | 10% | Índice de tiempo medio entre fallas (TMEF) | Crece | Horas de Operación / N° de Fallas | 400 | 500 | Hrs. | 1-Jan |
| Procesos Internos | Minimizar el tiempo medio para reparar | 10% | Índice de tiempo medio para reparar (TMPR) | Decrece | Horas de Falla / N° de Fallas | 109 | 100 | Hrs. | 1-Jan |
| Procesos Internos | Evaluar indicadores de desempeño (KPI's) de mantenimiento | 10% | Índice de desviación de indicadores de desempeño | Decrece | (N° de Kpi desviados / N° total de Kpi de desempeño) * 100 | 0.27 | 0.1 | % | 1-Jan |
| Procesos Internos | Optimizar los tiempos de intervención de mantenimiento | 10% | Índice de tiempos de intervención | Decrece | (Horas de mantenimiento acumuladas / Horas de mantenimiento Planificadas) * 100 | 100 | 95 | % | 1-Jan |
| Procesos Internos | Minimizar la desviación de la planificación | 10% | Tasa de desviación de la planificación | Decrece | ((HH Planificadas - HH Ejecutadas) / HH Planificadas) * 100 HH : Horas Hombre | 12 | 9 | % | 1-Jan |
| Procesos Internos | Optimizar el mantenimiento preventivo | 15% | Cumplimiento del Plan de mantenimiento preventivo | Crece | (OT Ejecutadas / OT Planificadas) * 100 | 85 | 95 | % | 1-Jan |
| Aprendizaje y Conocimiento | Minimizar la tasa de accidentabilidad laboral | 20% | Tasa de accidentabilidad laboral | Decrece | (N° de accidentes laborales / N° Total de trabajadores) * 100 | 7 | 0 | % | 1-Jan |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO



Tabla 20 Dashboard de seguimiento a Indicadores





XV. ESTUDIO DE TÉCNICO

Este Proyecto de tesis presenta una propuesta de Modelo de Gestión de Mantenimiento para Maquinaria y Equipos Aplicables a cualquiera de los planteles Mineros Ubicados en el País, basándonos en un análisis técnico basado en un objetivo el de mejorar los proceso de mantenimiento, la eficiencia operativa, prologar la vida útil de los equipos y que al momento de su reemplazo sea el momento justo antes del fallo catastrófico; lo que disminuirá los costos de mantenimiento por fallas correctivas recurrentes.

Este proyecto solamente involucra los siguientes aspectos:

- Definición del Alcance o Tamaño del Proyecto.
- Económicos y Tiempo.
- Localización.
- Organizacional.
- Ingeniería

Este proyecto no involucra los siguientes aspectos:

Procesos Productivos

Obras Fiskas o distribución en los Planteles:

Objetivo General

Presentar una Propuesta de Implementar un nuevo Modelo de Gestión de Mantenimiento para maquinaria y equipos aplicable a planteles mineros.

Objetivos específicos



Definir el Alcance y Tamaño del Proyecto:

Estimar el Costo y Tiempo del Proyecto a nivel de Asesoría sea nacional o Extranjera.

Definir la Localización del Proyecto.

Definir los Cambios a nivel Organizacional y sus repercusiones.

Determinar que los procesos que no serán afectados con la propuesta.

Definición del alcance o tamaño del proyecto:

Los cambios se realizarán a nivel organizativo en el proceso de mantenimiento de los planteles. Estos cambios no afectaran el mantenimiento de los talleres y los equipos de minado, no se requiere de inversión en maquinaria, insumo tecnología o implementación de un nuevo Software de Mantenimiento en el Plantel donde se llevó a cabo el estudio, en vista que ya se cuenta con SAP esto puede cambiar en otro plantel y el tamaño de nivel de inversión puede cambiar.

Los planteles son Tres Plantel Hemco, Plantel Vesmisa y Plantel La Curva, estos dos últimos son Planteles de Procesamiento de Minería Artesanal bajo el Modelo Hemco.

Costo y tiempo estimado del Proyecto:

Basados en los costos por asesoría para el estudio del plantel minero y el equipo o empresa a escoger sea nacional o Extranjera, la variación en este costo es alta dependerá del equipo de expertos.

El Tiempo estimado que se llevó a cabo este proyecto de estudio fue de Seis Meses, entre las entrevistas, la recolección de la información, procesamiento de los datos y análisis de la información.



En este caso especifica el costo estimado del Proyecto fue a costo cero al ser uno de los miembros empleado de Hemco.

Localización del Proyecto:

Dependerá del Plantel Minero donde se ejecutará el Estudio, puede ser cualquiera de los descritos anteriormente; Mina la Libertad Chontales, Mina Limón en León, Mina Hemco en Bonanza y Mina San Albino en Nueva Segovia.

Cambios a nivel Organizacional y sus repercusiones:

Se basa en realizar los cambios necesarios a nivel Organizacional contando con los mismos recursos humanos, sin cambios a nivel Salarial.

El estudio se basa solamente en aspectos técnicos Operativos del mantenimiento, mejorando la planificación, programación ejecución y control del Mantenimiento, así como la implementación de mejores prácticas y uso de tecnologías, priorizando las estrategias que aseguran una mejora en la disponibilidad y confiabilidad de la Maquinaria y los Equipos.

Para poder llevar a cabo todos estos cambios se debe reacomodar todo el Macroproceso de Mantenimiento a nivel organizativo, sin que esto resulte en nuevas contrataciones o creación de nuevos puestos, ni cambios a nivel de costos salarial.

Estos cambios se podrán ir implementando de forma que se puedan pausar o detener para evaluar continuar o revertir, para no generar ningún de topo de repercusión en los procesos de producción.



Procesos que no serán afectados con la propuesta:

Este proyecto no representa cambios a nivel de la ingeniería en los procesos, sin embargo, IPM siendo el rector del Macro Proceso de Mantenimiento podrá sugerir cambios en los procesos para las mejores prácticas y la implementación de nuevas tecnologías o cambios en la maquinaria por obsolescencia de los componentes.

No se sugieren en este caso en particular ningún tipo de construcción u obras físicas en ninguno de los planteles, sin embargo, se entrará en un proceso de evaluación de la vida útil de la maquinaria y su eficiencia, lo que es probable que se determine el cambio de alguna maquinaria o equipo que requiera cambio en la Infraestructura u obra civil.



XVI. ESTUDIO DE FINANCIERO

En esta tesis, se presenta una propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento para maquinaria y equipos, específicamente diseñada para su aplicación en planteles mineros. El enfoque principal del trabajo es desarrollar un modelo de gestión del mantenimiento que optimice los procesos, mejore la eficiencia operativa y prolongue la vida útil de los equipos.

El estudio se centra en los aspectos técnicos y operativos del mantenimiento, abarcando la planificación, programación, ejecución y control de las actividades de mantenimiento, así como la implementación de mejores prácticas y el uso de tecnologías avanzadas. Por tanto, se prioriza el desarrollo de estrategias que aseguren la disponibilidad y confiabilidad de la maquinaria, reduciendo tiempos de inactividad y costos operativos a través de técnicas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.

La decisión de no incluir un estudio financiero detallado se basa en los siguientes motivos:

Enfoque en el Modelo de Gestión: La propuesta de tesis se concentra en el diseño y validación de un modelo de gestión de mantenimiento, cuya principal finalidad es establecer un

marco técnico y metodológico robusto. El objetivo no es analizar la viabilidad económica o financiera del modelo, sino demostrar su efectividad operativa en términos de mejorar los procesos de mantenimiento.



Variedad de Aplicaciones y Contextos Económicos: El modelo propuesto es genérico y flexible, diseñado para ser adaptado a diferentes tipos de maquinaria, equipos y condiciones operativas de diversos planteles mineros. Debido a esta variedad, un estudio financiero específico podría no ser aplicable de manera generalizada a todas las situaciones posibles, ya que los costos y beneficios financieros variarán significativamente según el contexto de cada planta minera, su escala, tipo de operación, y otros factores particulares.

Limitaciones del Alcance del Estudio: Incluir un análisis financiero exhaustivo requeriría recopilar datos específicos sobre los costos de implementación, operación y mantenimiento de cada tipo de equipo en distintas empresas mineras, lo cual está fuera del alcance del presente trabajo. Este tipo de análisis implicaría una investigación adicional considerable que desviaría el enfoque del objetivo central de la tesis, que es la propuesta de un modelo de gestión de mantenimiento.

Recomendación para Estudios Futuros: Aunque este trabajo no incluye un estudio financiero detallado, se recomienda que futuras investigaciones que busquen implementar el modelo propuesto realicen análisis de costo-beneficio específicos que consideren las variables financieras relevantes para cada contexto de aplicación. De esta manera, se podrá complementar el modelo con datos económicos que faciliten la toma de decisiones gerenciales y estratégicas en cada organización.

En conclusión, la exclusión de un estudio financiero en esta tesis se justifica por la naturaleza y el enfoque del trabajo, que se centra en el desarrollo de un modelo de gestión técnico-operativo, más que en una evaluación financiera específica.



XVII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

17.1 Conclusiones.

17.1.1 En el presente trabajo se han cumplido los objetivos planteados desde un enfoque metodológico investigativo en la cual se ha mezclado la investigación cualitativa y mixta para la recopilación de la información, al igual para el planteamiento del problema con sus efectos y causas. Se han articulados los planteamientos del problema con los objetivos, marco teórico para la obtención del diseño.

17.1.2 Se estableció mediante la aplicación de una auditoria de mantenimiento el grado de alineamiento entre lo que hace el Departamento de Mantenimiento y el plan estratégico de la organización.

17.1.3 Se desarrolló la propuesta del modelo con sus estrategias tácticas y técnicas del mantenimiento que se adecuaran al plan estratégico de la organización y evaluara el impacto de cada una de ellas para el negocio.

17.1.4 En la Propuesta del Nuevo Modelo de Gestión de Mantenimiento se proponen cambios en la estructura organizacional del Macroproceso de Mantenimiento, cambio que solo se requieren en la administración a nivel de mandos medio.

17.1.5 Se mantiene la priorización de los tres factores en los cuales se centran las labores de mantenimiento; La seguridad de las Personas, la integridad del Medio ambiente y la continuidad de la operación.



17.1.6 Se definen a IPM Ingeniería y Planeación de Mantenimiento como el eje rector del Macroproceso de Mantenimiento definiendo las funciones específicas de los tres pilares del Mantenimiento; Ingeniería Planeación y la Ejecución del Mantenimiento.

17.1.7 Se determinó mediante un análisis de criticidad la selección de los equipos críticos para la implementación del plan piloto que permitiera la validación del modelo de acuerdo con los lineamientos de gestión que establece la empresa.

Los trituradores primarios, secundario, terciaria y los molinos son los equipos de primera línea de producción que, por sus dimensiones, valor económico no son fáciles de reemplazar en un plazo menor a un año, adicionalmente se determina que los dos equipos móviles no son equipos críticos por ser fácilmente reemplazables, por ser equipos de fácil rentabilidad con cualquier empresa distribuidora en el País.

17.1.8 Se definió como evaluar la sostenibilidad del modelo por medio de la elaboración de un Cuadro de Mando Integral, a través de sus cuatro perspectivas, así como la propuesta de seguimiento en un Dashboard de Indicadores.

17.1.9 Se encontraron una serie de hallazgos mediante el diagnóstico y análisis de la gestión de mantenimiento que se lleva a cabo en los tres planteles Mineros de Hemco.

17.1.10 La administración y gestión de todo el macroproceso de mantenimiento se lleva a cabo con una ERP SAP, la cual nos parece una de las mejores Herramientas de nivel mundial.

17.1.11 Se determino que más del 50% del Personal que administra y gestiona el mantenimiento necesita reforzamiento para realización de sus labores.

17.1.12 Se determinó que solamente el 53% del Personal Técnico cumple con los conocimientos básicos ideales para la ejecución de sus actividades, dentro de estos



conocimientos que se necesitan reforzar se encontraron la alineación de transmisión de los molinos, vulcanizado de bandas, Hidráulica y neumática.

17.1.13 Se evidencia la falta de gestión oportuna de los recursos para dar continuidad a los avisos de avería en el 2023 solo el 86.6% de avisos tratados y cerrados, lo cual significa que la diferencia se convirtió en averías que provocaron paro por falta de Mantenimiento.

17.1.14 Mediante el análisis de los datos obtenidos del 2023 se encontró que el 83.37% del total de horas de paro de la Planta fue por paros no programados o averías no previstas y solamente el 16.63% del total del tiempo fue por paros por mantenimiento programado.

17.1.15 Se analizó el cumplimiento de los planes ejecutados durante el año 2023 el cual fue del 88% acumulado quedando ligeramente por debajo de la meta que es del 90%.

17.1.16 En el análisis de la distribución de la ejecución de los tipos de mantenimiento se determinó un alto porcentaje de ejecución de mantenimiento correctivos alcanzando un porcentaje del 49% lo que es un indicativo de paradas no planificadas, solamente el 24% de la ejecución del Mantenimiento preventivo planificado. Un buen dato encontrado fue que el 27% de la ejecución del mantenimiento es predictivo, interesante porque normalmente no se le da la importancia debida a este tipo de mantenimiento.

17.1.17 Se determinó que el área de mayor afectación por intervenciones por fallas correctivas es el área de trituración, concentrando fallas recurrentes en las cribas, bandas transportadoras y las dos Trituradoras Cónicas HP200.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

17.1.18 Todos los resultados anteriores de la Gestión del Mantenimiento que se llevo a cabo en el 2023 dieron como resultado un desface del 40% del presupuesto de ese año.



17.2 Recomendaciones.

17.2.1 Crear incentivos y becas de estudio para los trabajadores que deseen iniciar o continuar con la formación y estudios técnicos iniciando un proceso de formación técnica especializada en los mandos medios, contratando expertos de los países con mayor conocimientos y formación en minería.

17.2.2 Crear un plan estratégico de Capacitación con las autoridades del Gobierno, mediante el INATEC ofrece clase en Línea El Centro Tecnológico Alcides Miranda Fitoria en Boaco ofrece 10 Carreras Técnicas. Creando e incentivando alianzas estratégicas para llevar al 80% de conocimiento básico al personal Administrativo y Técnico.

17.2.3 El presupuesto Capex deberá ser enfocado a un plan de inversión agresivo de al menos 5 años, el cual refleje en cada año una ejecución al menos del 40% del costo Total por Mantenimiento, encontrando la Sinergia en entre el OPEX y Capex.

17.2.4 Dentro de la Propuesta de Modelo de gestión de Mantenimiento se recomienda una mayor planificación para lo cual es fundamental la integración de los procesos soporte que garanticen el fortalecimiento del sistema de gestión y se pueda conectar con la cadena de valor.

17.2.5 Mejorar el sistema de inventario de repuestos, implementar un indicador de horas de paro por falta de repuestos. Disminuir el Inventario de baja rotación del 76.81% al 50 %, mediante una rotación efectiva, lo que permitirá liberar capital para inventario de alta rotación y evitar paros por falta de Repuestos de alta prioridad.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

17.2.6 Desarrollar cultura en la gestión del mantenimiento, inculcar que la gestión de mantenimiento es hacer que la maquinaria trabaje continuamente, la misión de mantenimiento no es hacer mantenimiento es lograr que se produzcan paros no programados por fallas correctivas, esto garantizará la mejora continua.

17.2.7 Crear reuniones de seguimiento y gestión de forma diaria con el personal técnico, semanal con el personal administrativo que lleva el control de los indicadores para tomar las medidas y cambios necesarios antes de llegar a la reunión mensual de entrega de resultados de los indicadores de desempeño a todos los niveles, con el fin de crear planes de acciones, disminuir brechas y garantizar el cumplimiento de los objetivos.

17.2.8 Elaborar una estrategia de subcontratación de una Empresa de servicios de personal calificado externo, bajo contrato de servicio externo como lo realizan otros Planteles para las intervenciones mensuales por mantenimiento preventivo, para apoyar en todas las labores pendientes que no se han logrado completar con el personal interno. Esto garantizaría el cumplimiento del plan de Mantenimiento Mensual que se encuentra por debajo del 90% y lograría una sola parada de planta en el Mes y el siguiente mes operar continuamente sin paros correctivos.



XVIII. BIBLIOGRAFÍA

Chiavenato, I (2006). Innovaciones de la Administración Mc Graw Hill.

Gutiérrez Pulido, H., & De La Vara Salazar, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigmas. Mexico.D.F: Mc Graw Hill.

Bilim. N, Çelik. A, Kekeç. B (2017). A study in cost analysis of aggregate production as depending on drilling and blasting design.

Wireman, T (1998). Desarrollo de indicadores de desempeño para Administración de mantenimiento.

Tavares, L. (2000) "Administración moderna de mantenimiento" Novo Polo.

Ramírez M; Rojas L; Yépez S (2019). Evolución del Mantenimiento hasta la actual Industria 4.0.

Gómez, J. (2017). "propuesta de mejora a la gestión de mantenimiento utilizando el sistema sap para los equipos de chancado, molienda, flotación, filtrado y relaves de planta de beneficio de una empresa minero-metalúrgica. caso empresa minera ares"

Ávila, E. (2010). "La llamada pequeña minería en África: un renovado enfoque empresarial". CEPAL: División Recursos Naturales e Infraestructura.

Friess S (2011) "Minería Alemana y las necesidades socioeconómicas" Misereor.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

10._ Rodríguez Gómez , G., Flores, J. G., & Garcia Jimenez, E. (1999). Metodología de la Investigación Cualitativa. Granada, España:: Ediciones Aljibes.



XIX. ANEXOS

Imágenes de instalaciones del Plantel Minero

**EMPRESA: HEMCO MINEROS
NICARAGUA, S.A.
PLANTEL HEMCO**

- Opera desde 1920
- Método de Cianuración por Agitación
- Extracción mecanizada
- Capacidad de procesamiento: 1,750 Ton/Día.
- Producción promedio mensual : 10,249.11 Oz troy Au y 45,217.67 Oz troy Ag



Fuente:
- Datos suministrado por la Empresa Hemco Mineros Nicaragua, S.A
- Información actualizada a septiembre 2023.



TRITÓN MINERA S.A. PLANTEL EL LIMÓN

- Opera desde 1941.
- Método de Cianuración por Agitación.
- Extracción mecanizada.
- Capacidad de procesamiento: 1,310 Ton/Día.
- Producción promedio mensual : 6,006.23 Oz troy Au y 5,064.17 Oz troy Ag



Fuente:

- Datos suministrado por la empresa Tritón Minera, S.A
- Información actualizada a septiembre 2023.



EMPRESAS: HEMCO - VESMISA PLANTEL VESMISA

- Opera desde 2010.
- Método Cianuración por agitación precipitación con polvo de Zinc Meryll Crowe.
- Mineral (Broza) suministrada por Mineros Artesanales.
- Capacidad de procesamiento: 140 Ton/día.



Fuente:

- Datos suministrado por la Empresa Hemco Mineros Nicaragua, S.A
- Información actualizada a septiembre 2023.

Fuente:

- Datos suministrado por la Empresa Hemco Mineros Nicaragua, S.A
- Información actualizada a septiembre 2023.



EMPRESA: PLANTEL LOS ANGELES, S.A
PLANTEL LA LIBERTAD

- Instalada en el año 2015.
- Método de Cianuración por Agitación.
- Mineral (Broza) suministrada por Mineros Artesanales.
- Capacidad de procesamiento: 220 Ton/Día.
- Producción promedio mensual : 1,960.92 Oz troy Au y 5,691.18 Oz



Fuente:
- Datos suministrado por la Empresa Planteles Los Angeles S.A
- Información actualizada a septiembre 2023.



- Instalada en el año 2021.
- Método de Gravimetría y Lixiviación.
- Extracción mecanizada.
- Capacidad de procesamiento: 500 Ton/Día.
- Producción promedio mensual : 2,659.29 Oz troy Au y 2,856.08 Oz troy Ag

EMPRESA: NICOSZ RESOURCES, S.A
PLANTEL SAN ALBINO - MURRA



Fuente:
- Datos suministrado por la Empresa Plantel Los Angeles S,A
- Información actualizada a septiembre 2023.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

Tabla No. 16. Análisis de criticidad de equipos

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 1 | 620657 | AGITADOR DE DESTRUCCIÓN DE CIANURO No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 2 | 620658 | AGITADOR DE DESTRUCCIÓN DE CIANURO No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 3 | 620673 | AGITADOR DOSIFICACIÓN DE CAL No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 4 | 620675 | AGITADOR DOSIFICACIÓN DE CAL No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 5 | 620671 | AGITADOR DOSIFICADOR DE CLORO No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 6 | 618093 | AGITADOR PLANTA DE FLOCULANTE | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 7 | 620669 | AGITADOR PREPARACIÓN METABISULFITO No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 8 | 620042 | AGITADOR RADIAL No.00 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 9 | 615620 | AGITADOR RADIAL No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 10 | 615622 | AGITADOR RADIAL No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 11 | 615624 | AGITADOR RADIAL No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 12 | 615625 | AGITADOR RADIAL No.04 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 13 | 615626 | AGITADOR RADIAL No.05 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 14 | 615627 | AGITADOR RADIAL No.06 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 15 | 615628 | AGITADOR RADIAL No.07 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 16 | 615629 | AGITADOR RADIAL No.08 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 17 | 619259 | AUTOVALVULA WEIR AB250-AR100 DESCAR 10XB | MEDIO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 18 | 615672 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.13 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 19 | 615674 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.15 M. DOMINIO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 20 | 615698 | BANDA TRANS IEM BF-48-13.83 48" BELTFEDE | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 21 | 617758 | BOMBA CEN 2.5X4 PIONEER RESERVORIO | ALTO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 22 | 615714 | BOMBA CEN 2X2 IHM TANQ SOLUCIÓN RICA | ALTO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 23 | 617292 | BOMBA CEN 2X2.5 GALIGHER COLA FINAL | ALTO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 24 | 615723 | BOMBA CEN 2X2.5 GALIGHER HOLDING TANK | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 25 | 617740 | BOMBA CEN 5X4 AMER.MARSH No.3 RETURN BAL | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 26 | 620100 | BOMBA CEN 6HPX12A FLOWSERVE No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 27 | 620293 | BOMBA CEN 6HPX12A FLOWSERVE No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 28 | 617930 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER BERMA No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 29 | 615724 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER BERMA No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 30 | 615754 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER CARGA No.01 ABEL1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 31 | 615770 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER DE CARGA No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 32 | 618068 | BOMBA CEN 6x4 GOULDS TRATAMIENTO No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 33 | 617759 | BOMBA CEN 6X6 PIONEER No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 34 | 619966 | BOMBA CEN 6X6 WARMAN 086FAHRRRGW No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 35 | 619967 | BOMBA CEN 6X6 WARMAN 086FAHRRRGW No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 36 | 617747 | BOMBA CEN GOULDS 1X1.5-8 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 37 | 619963 | BOMBA CEN GOULDS 1X1.5-8 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 38 | 620341 | BOMBA CEN HM50 EHC-S O4 TRB 6X4 No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 39 | 620348 | BOMBA CEN HR150 TNR-S C4 HC TRB No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 40 | 618126 | BOMBA CEN IHM 2X2 No.01 SOLUCIÓN BARREN | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 41 | 619753 | BOMBA CEN MCMMASTER CAJA DIST CIANUR No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 42 | 619755 | BOMBA CEN MCMMASTER CAJA DIST CIANUR No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 43 | 619757 | BOMBA CEN MCMMASTER CAJA DIST CIANUR No.3 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 44 | 620324 | BOMBA CEN MDM250 10XB No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 45 | 620325 | BOMBA CEN MDM250 10XB No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 46 | 619395 | BOMBA CEN MK2 STD DURCO No1 BALS No1 RET | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 47 | 619396 | BOMBA CEN MK2 STD DURCO No2 BALS No1 RET | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 48 | 619320 | BOMBA CEN MK3 STD DURCO No.01 DETOX P.SJ | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 49 | 619321 | BOMBA CEN MK3 STD DURCO No.02 DETOX P.SJ | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 50 | 615806 | BOMBA CEN SRL-C 10XB No.01 | MEDIO | MEDIO | BAJO | MEDIA | → |
| 51 | 615807 | BOMBA CEN SRL-C 10XB No.02 | MEDIO | MEDIO | BAJO | MEDIA | → |
| 52 | 617331 | BOMBA DE LUBRICACION ABEL No.1 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 53 | 619950 | BOMBA DE LUBRICACION ABEL No.2 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 54 | 620661 | BOMBA DE VACIO BUSCH R5 RA 1600B No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 55 | 620667 | BOMBA DE VACIO BUSCH R5 RA 1600B No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 56 | 620662 | BOMBA DE VACIO BUSCH R5 RA 1600B No.3 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 57 | 620668 | BOMBA DE VACIO BUSCH R5 RA 1600B No.4 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 58 | 615782 | BOMBA DE VACIO DV0300B-KB4 DEKKER No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 59 | 615783 | BOMBA DE VACIO DV0300B-KB4 DEKKER No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 60 | 615809 | BOMBA DPO ABEL No.01 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 61 | 615810 | BOMBA DPO ABEL No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 62 | 618224 | BOMBA DPO DOSIVAC PRECIPITADOS No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 63 | 617754 | BOMBA DPO DOSIVAC SIST. TRATATAM No.1 SJ | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 64 | 620765 | BOMBA DPO DOSIVAC SIST. TRATATAM No.2 SJ | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 65 | 617762 | BOMBA PER ALBIN ALH 15 PRECIPITADOS No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 66 | 620707 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 67 | 620708 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.2 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 68 | 620709 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.3 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 69 | 620710 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.4 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 70 | 620711 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.5 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 71 | 620712 | BOMBA PER FMP-50/B BOYSER No.6 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 72 | 617745 | BOMBA SUM 6' TSURUMI RESERVORI Balsa No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 73 | 619495 | BOMBA SUM FLYGT RESERVORIO SAN JOSE | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 74 | 619965 | BOMBA SUMERGIBLE GRINDEX No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 75 | 615863 | BOMBA VER 6X4 GOULDS 3996 6X4X-13 No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 76 | 615864 | BOMBA VER 6X4 GOULDS 3996 6X4X-13 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 77 | 618464 | BOMBA VER 6X4 GOULDS 3996 6X4X-13 No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 78 | 615871 | BOMBA VER E-TVP2-C3 2X2 SALAS FALCON | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 79 | 617862 | BOMBA VER GALIGUER TANQUE ALM FLOTACIÓN | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 80 | 615876 | BOMBA VER TVP2-C3 2X2 SALAS CONO SEPRO | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 81 | 620825 | BOMBA VERTICAL 4X3 SALAS VS100 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 82 | 620826 | BOMBA VERTICAL 4X3 SALAS VS100 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 83 | 618113 | CAJA DISTRIBUCION DE CIANIURO | ALTO | ALTO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 84 | 619330 | CENT CONT. MOTORES ELE 480V BOMBAS M.SEC | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 85 | 620728 | CENTRO CONT AMPLIACION DETOX SJ No.1 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 86 | 620727 | CENTRO CONT PRINC. 480 SUB EST DETOX SJ | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 87 | 619331 | CENTRO CONT. MOTORES ELE M/TENSION M.No5 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 88 | 616056 | CENTRO CONT. MOTORES ELE TRIT. No.01 EAT | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 89 | 619329 | CENTRO CONT. MOTORES ELEC 480 V M.DOMINI | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 90 | 620315 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC 480V AGIT 00 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 91 | 616072 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC 480V AGITADO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 92 | 616059 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC DOMINIO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 93 | 616068 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC No.05 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 94 | 616076 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC No.12 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 95 | 616075 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC PRECIPITACIO | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 96 | 616063 | CENTRO CONTROL MOTORES ELEC SEPRO Y BAND | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 97 | 620836 | CENTRO CONTROL MOTORES NEMA E9000 No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 98 | 620729 | CENTRO CONTROL PLANTA OXIGENO VSA No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 99 | 620730 | CENTRO CONTROL PLANTA OXIGENO VSA No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 100 | 618314 | CLASIFICADOR HELICOIDAL TRIO TSW4432 TRI | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 101 | 616101 | COMPRESOR DE PIS 2475 IR No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 102 | 620746 | COMPRESOR DE PISTON IR 2545 No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 103 | 620830 | COMPRESOR DE PISTON IR 2545 No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 104 | 616107 | COMPRESOR DE TOR R1601-A125 IR | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 105 | 616114 | COMPRESOR DE TOR G160-125 ATLAS-COPCO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 106 | 616117 | COMPRESOR DE TOR IR P600 DOOSAN | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 107 | 620641 | COMPRESOR KAESER ICOMP3 No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 108 | 620642 | COMPRESOR KAESER ICOMP3 No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 109 | 620643 | COMPRESOR KAESER ICOMP3 No.3 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 110 | 620644 | COMPRESOR KAESER ICOMP3 No.4 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 111 | 616902 | CONO SEPRO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 112 | 618413 | CONTROL DE CIANIURO OCM6000 | ALTO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 113 | 618251 | CRIBA SCALPER TIOS142 5'x14'x2 DESAGUADO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 114 | 618199 | CRIBA SCALPER TIOSP4102A LAVADO GRIZLY | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 115 | 616174 | CRIBA VIBRAT VIBROKING TELSMITH | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 116 | 618092 | DOSIFICADOR DE FLOCULANTE | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 117 | 616193 | DOSIFICADOR DE ZINC ACRISON No.1 105-D/2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 118 | 618155 | DOSIFICADOR DE ZINC ACRISON No.2 105-D/2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 119 | 619835 | ELECTROV. 2 PRESURIZACI BOMBA ABEL No.02 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 120 | 619573 | ELECTROV. 6' CENTRAL INT. MINA ABEL No.2 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 121 | 619572 | ELECTROVA. 6" PLANTEL INT.MINA ABEL No.1 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 122 | 619446 | ELECTROVALV. 2 PRESURIZACI BOM ABEL No.01 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 123 | 619570 | ELECTROVALV. 4" CENTRAL INT. MINA ABEL 1 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 124 | 619574 | ELECTROVALV. 4" CENTRAL INT. MINA ABEL 2 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 125 | 619571 | ELECTROVALV. 4" PRESA INT. MINA ABEL No1 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 126 | 619440 | ELECTROVALV. No.1 BERMA BOMBA ABEL No.01 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 127 | 619441 | ELECTROVALV. No.1 BERMA BOMBA ABEL No.02 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 128 | 619575 | ELECTROVALVULA 4" PRESA INT. MINA ABEL 2 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 129 | 616209 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 130 | 616210 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.04 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 131 | 616211 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.05 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 132 | 616212 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.06 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 133 | 616213 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.07 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 134 | 616214 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.08 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 135 | 616215 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.09 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 136 | 616216 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.1A | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 137 | 616217 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.1B | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 138 | 616218 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.3A | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 139 | 616219 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.3B | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 140 | 616260 | FILTRO PRENSA 1200MM MICRONIC No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 141 | 616261 | FILTRO PRENSA 1200MM MICRONIC No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 142 | 617356 | GENERADOR DE OXIGENO DOCS 200-55 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 143 | 619438 | GENERADOR DE OXIGENO DOCS 500-55 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 144 | 617360 | HIDROCICLON CÓNICO MULTOTEX No.01 PH | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 145 | 617361 | HIDROCICLON CÓNICO MULTOTEX No.02 PH | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 146 | 617362 | HIDROCICLON CÓNICO MULTOTEX No.03 PH | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 147 | 617363 | HIDROCICLON CÓNICO MULTOTEX No.04 PH | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 148 | 616302 | HORNO A GAS No.01 | BAJO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 149 | 616303 | HORNO A GAS No.02 | BAJO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 150 | 616304 | HORNO A GAS No.03 | BAJO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 151 | 616406 | MEZCLADOR DE CIANURO | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 152 | 617364 | MEZCLADOR DE FLOCULANTE No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 153 | 617365 | MEZCLADOR DE FLOCULANTE No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 154 | 100451 | MINICARGADOR FRONTAL 242D CAT No.09 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 155 | 100390 | MINICARGADOR FRONTAL SK236B CAT No. 01 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 156 | 620654 | MOLINO DE BOL 11X14FT DOMINIO N.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 157 | 616414 | MOLINO DE BOL 11X14FT DOMINIO No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 158 | 616415 | MOLINO DE BOL BM-021060-655 SEPRO MIN | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 159 | 616421 | MOLINO DE BOL U32270 ALLIS CHALMER No.04 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 160 | 616294 | NIDO DE CICLONES CÓNICO PH No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 161 | 619261 | PESOMETRO SCAIME MOD. IPES0, CONO SEPRO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 162 | 616628 | PLANTA DE FLOCULANTE | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 163 | 616640 | PLANTA DIÉSEL MTU IGSA POWER No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 164 | 616641 | PLANTA DIÉSEL MTU IGSA POWER No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 165 | 620111 | PLANTA OXIGENO O2VSA 120 No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 166 | 620112 | PLANTA OXIGENO O2VSA 120 No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 167 | 616904 | REACTOR No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 168 | 616903 | REACTOR CIANURACIÓN ILR SEPRO No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 169 | 616905 | REACTOR CIANURACIÓN SEPRO No.03 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 170 | 618165 | SOPLADOR ANILLO FUJII ELECTRIC No. 01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 171 | 618167 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 172 | 618168 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.04 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 173 | 618172 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.05 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 174 | 618169 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.06 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 175 | 620091 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.07 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 176 | 620114 | SOPLADOR DE ANILLO FUJII ELECTRIC No.08 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 177 | 619398 | SOPLADOR LOBULAR 3500BS No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 178 | 615636 | TANQUE ACONDICIONADOR DE PALETAS | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 179 | 618061 | TANQUE ALM BARREN No.01 PH | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 180 | 618062 | TANQUE ALM BARREN No.02 PH | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 181 | 618076 | TANQUE ALM SOL RICA BMC 3 | MEDIO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 182 | 618112 | TANQUE ALMACENAMIENTO CIANURO No.1 M.SEC | MEDIO | ALTO | MEDIO | ALTA | ↑ |
| 183 | 616969 | TANQUE ALMACENAMIENTO CONCENTRADO HOLDIN | MEDIO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 184 | 616981 | TANQUE ALMACENAMIENTO DIÉSEL | MEDIO | ALTO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 185 | 617836 | TANQUE ALMACENAMIENTO SOLUCIÓN BARREN | MEDIO | MEDIO | BAJO | MEDIA | → |
| 186 | 616988 | TANQUE ALMACENAMIENTO SOLUCIÓN RICA | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 187 | 616987 | TANQUE ALMACENAMIENTO SOLUCIÓN SUMIDEROS | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 188 | 618078 | TANQUE BMC No. 2 | ALTO | BAJO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 189 | 618077 | TANQUE DE TRATAMIENTO No.01 | ALTO | BAJO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 190 | 618055 | TANQUE PREPARACION DE CAL | MEDIO | MEDIO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 191 | 618054 | TANQUE REACTOR | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 192 | 618063 | TORRE DE VACIO No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 193 | 618235 | TORRE DE VACIO No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 194 | 617826 | TRITURADORA CON HP200 NORDBERG SECUNDARI | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 195 | 617078 | TRITURADORA CON HP200 NORDBERG TERCIARIA | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 196 | 618198 | TRITURADORA MAN JAW 24X36" TRIO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 197 | 618162 | UNIDAD DE LUBRICACION E HIDRAULICA DOMIN | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 198 | 617101 | UNIDAD DE LUBRICACION E HIDRAULICA No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 199 | 618133 | UNIDAD DE LUBRICACION E HIDRAULICA No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 200 | 618236 | UNIDAD HIDRAULICA TRITURADORA MANDIBULA | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 201 | 617102 | UNIDAD LUB ELECTRO NEUMÁTICA MOLINOS | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 202 | 620361 | ZARANDA ORION HORIZONTAL V-8 5X12 FT | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 203 | 615617 | AGITADOR DE RODILLO No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 204 | 617893 | AGITADOR RADIAL REAC No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 205 | 618221 | BANDA TRANS DE TRANSFERE DOMINIO - SEPRO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 206 | 615715 | BOMBA CEN 2X2 IHM CUERPO FILTRANTE No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 207 | 615791 | BOMBA CEN 2X2 IHM CUERPO FILTRANTE No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 208 | 618414 | BOMBA CEN 2X2 IHM CUERPO FILTRANTE No.03 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 209 | 615717 | BOMBA CEN 2X2.5 GALIGHER AGITADOR #5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 210 | 615726 | BOMBA CEN 3180 4X6 GOULD SUMID No.2 STAN | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 211 | 618258 | BOMBA CEN 3180 4X6-19 GOULD No.1 SL TRIT | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 212 | 619668 | BOMBA CEN 3180 4X6-19 GOULDS SUM No.3 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 213 | 620664 | BOMBA CEN 3180 4X6-19 GOULDS SUM No.4 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 214 | 615756 | BOMBA CEN 3196 4x6 GOULDS BMC3 No.03 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 215 | 615757 | BOMBA CEN 3196 4x6 GOULDS BMC3 No.04 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 216 | 620652 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H T.ROJO No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 217 | 620653 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H T.ROJO No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 218 | 615748 | BOMBA CEN 3X4 IHM PRECAPA No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 219 | 618150 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER BARREN No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 220 | 618151 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER BARREN No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 221 | 615752 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHER DE CARGA No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 222 | 619752 | BOMBA CEN 6X4 HORIZONTAL VACSEAL E3B No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 223 | 620677 | BOMBA CEN CIRCULACIÓN MCMaster No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 224 | 620678 | BOMBA CEN CIRCULACIÓN MCMaster No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 225 | 620679 | BOMBA CEN CIRCULACIÓN MCMaster No.3 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 226 | 620680 | BOMBA CEN CIRCULACIÓN MCMaster No.4 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 227 | 617753 | BOMBA CEN GOULD 5500 4X5 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 228 | 619836 | BOMBA CEN HDK3 EDDY 3x2 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 229 | 615735 | BOMBA CEN IHM 3X4/8X31 PE PRECAPA No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 230 | 617766 | BOMBA CEN IHM 3X4/8X40 PE No.02 TANQ MIL | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 231 | 615741 | BOMBA CEN IHM 3X4/8X40 PE No.1 TANQ MILL | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 232 | 619749 | BOMBA CEN XHD 150 GOULD No.02 3B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 233 | 615860 | BOMBA VER 3X3 SALAS DOMINIO Y SEPRO | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 234 | 615881 | CAJA GENERAL MOL. SEC PH | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 235 | 618157 | CAJA METÁLICA DEL VERTEDERO | BAJO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 236 | 615880 | CAJA METÁLICA DOMINIO Y SEPRO | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 237 | 619583 | CAJON DE ALIMENTACION DOMINION | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 238 | 619334 | CENT CONT. MOTORES ELE 480V ABB DETOX SJ | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 239 | 619328 | CENTRO CONT. MOTORES ELE TRIT. No.03 SIN | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 240 | 619311 | COMPRESOR DE PIS 2340 IR No.07 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 241 | 619561 | DISTRIBUIDOR DE SOLUCION A MOLINOS | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 242 | 616257 | FILTRO CLARIFICADOR No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 243 | 616258 | FILTRO CLARIFICADOR No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 244 | 616259 | FILTRO CLARIFICADOR No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 245 | 619987 | FILTRO CLARIFICADOR No.04 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 246 | 616267 | FILTRO PRENSA SEPRO PCI | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 247 | 620074 | FLUJÓMETRO PROLINE PROMAG 55 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 248 | 620127 | FLUJÓMETRO PROLINE PROMAG 55#2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 249 | 620128 | FLUJÓMETRO PROLINE PROMAG 55#3 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 250 | 620313 | FLUJÓMETRO ROSEMOUNT 8782 No.01 AGIT 00 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 251 | 620314 | FLUJÓMETRO ROSEMOUNT 8782 No.02 AGIT 00 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 252 | 619370 | INTERRUP TRANSF SEMI-AUTOMA 480-800 AMP | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 253 | 618374 | MEZCLADOR DE CELITE TANQUE AYUDA FILTRAN | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 254 | 618160 | MEZCLADOR DE PROPELAS | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 255 | 618161 | MEZCLADOR DE PROPELAS | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 256 | 618356 | REACTOR ALTO CIZALLAMIENTO FILBLAST 230 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 257 | 620597 | REACTOR CIZALLAMIENTO FILBLAST 430 No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 258 | 620598 | REACTOR CIZALLAMIENTO FILBLAST 430 No.2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 259 | 617697 | REDUCTOR DE VELOCIDAD BANDA M1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 260 | 616938 | SOPLADOR DIAFRAGMA ZE4D ATLAS-COPCO | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 261 | 617837 | TANQUE ALMACENAMIENTO SOLUCIÓN ROJO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 262 | 618060 | TANQUE AYUDA FILTRANTE | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 263 | 617838 | TANQUE DE FONDO CONICO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 264 | 618152 | TANQUE PRECAPA | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 265 | 619601 | BANDA TRANS 12" ANCHO LON 3M DOSF CAL PH | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 266 | 618132 | BANDA TRANS 30" COMPASS ALTERNA No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 267 | 615661 | BANDA TRANS 30" COMPASS CHEVRON No.1.1 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 268 | 618252 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.0 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 269 | 618131 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.01 ALIM TSEC | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 270 | 615662 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 271 | 615663 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.03 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 272 | 615664 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.05 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 273 | 615665 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.06 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 274 | 615666 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.07 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 275 | 615667 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.08 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 276 | 615668 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.09 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 277 | 615669 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.10 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 278 | 615670 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.11 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 279 | 615671 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.12 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 280 | 615673 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.14 MOL SEPRO | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 281 | 618351 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.1B | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 282 | 620544 | BANDA TRANS 30" CORTA SIST LAVADO No.1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 283 | 620545 | BANDA TRANS 30" LARGA SIST LAVADO No.2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 284 | 615690 | BANDA TRANS 42" COMPASS No.04 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 285 | 615747 | BOMBA CEN 2X2 IHM AGUA DE PROCESO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 286 | 617291 | BOMBA CEN 2X2 IHM LAVADO DE FILTROS No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 287 | 618416 | BOMBA CEN 2X2 IHM LAVADO DE FILTROS No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 288 | 617288 | BOMBA CEN 2X2.5 GALIGHER E1B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 289 | 617290 | BOMBA CEN 2X2.5 GALIGHER No.2 E1B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 290 | 617761 | BOMBA CEN 3196 4x6 GOULDS E3A No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 291 | 619905 | BOMBA CEN 3196 4x6 GOULDS E3A No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 292 | 615727 | BOMBA CEN 3196 4X6 GOULDS SUMID No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 293 | 615728 | BOMBA CEN 3196 4X6 GOULDS SUMID No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 294 | 620636 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E5 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 295 | 620637 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E5 No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 296 | 620687 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E6 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 297 | 620688 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E6 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 298 | 620267 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E7 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 299 | 620268 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E7 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 300 | 620650 | BOMBA CEN 3196MTI 4x6-10H GOULD E8 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 301 | 620651 | BOMBA CEN 3196MT1 4x6-10H GOULD E8 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 302 | 617300 | BOMBA CEN 3X4 GALIGHIER E3A | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 303 | 617299 | BOMBA CEN 3X4 GALIGHIER E3B | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 304 | 618337 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONT VACSEAL ESP. No.7 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 305 | 618338 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONT VACSEAL ESP. No.8 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 306 | 617304 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 307 | 617307 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E3A | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 308 | 617303 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E3B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 309 | 617305 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E4 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 310 | 617738 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E6 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 311 | 617764 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL E9 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 312 | 617306 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL No.1 E5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 313 | 620614 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONTAL VACSEAL No.2 E5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 314 | 615744 | BOMBA CEN 3X4 IHM BX31 PE TANQ MILLS No1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 315 | 618345 | BOMBA CEN 3X4 IHM BX31 PE TANQ MILLS No2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 316 | 617302 | BOMBA CEN 4x3 HORIZONT VACSEAL E1A No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 317 | 620594 | BOMBA CEN 4x3 VACSEAL E1A No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 318 | 617312 | BOMBA CEN 4X6 GALIGHIER No.01 AGIT 1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 319 | 617313 | BOMBA CEN 4X6 GALIGHIER No.02 AGIT 1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 320 | 615787 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.02 M5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 321 | 615764 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER DESCARG MOL2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 322 | 615765 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.01 M4 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 323 | 615768 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.01 M5 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 324 | 620260 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.02 M4 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 325 | 615769 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.1 MOL 1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 326 | 619985 | BOMBA CEN 6X4 GALIGHIER No.2 MOL 1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 327 | 615771 | BOMBA CEN 6X6 PIONEER No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 328 | 615784 | BOMBA CEN FRANKLIN BT4 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 329 | 619924 | BOMBA CEN FRANKLIN ELEC 15FMH39-63 IE3 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 330 | 615785 | BOMBA CEN FRANKLIN ELECTRIC BT4 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 331 | 617321 | BOMBA CEN FRANKLIN ELECTRIC BT4 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 332 | 620342 | BOMBA CEN FRANKLIN ELECTRIC BT4 No.03 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 333 | 620343 | BOMBA CEN FRANKLIN ELECTRIC BT4 No.04 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 334 | 617741 | BOMBA CEN IHM 3X4/BX31 PE No.01 BARREN 2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 335 | 620616 | BOMBA CEN IHM 3X4/BX31 PE No.02 BARREN 2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 336 | 617325 | BOMBA CEN MTX GOULDS No.02 TANQ MILLS | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 337 | 617329 | BOMBA CEN XHD 150 GOULD No.01 ESP. 3B | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 338 | 615812 | BOMBA HID LINCOLN DE ALTA No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 339 | 615811 | BOMBA HID LINCOLN DE BAJA No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 340 | 615813 | BOMBA HID LINCOLN DE BAJA No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 341 | 617334 | BOMBA PER 280 BREDEL E2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 342 | 617335 | BOMBA PER 280 BREDEL E3A | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 343 | 617333 | BOMBA PER 280 BREDEL E3B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 344 | 617336 | BOMBA PER 280 BREDEL E4 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 345 | 617337 | BOMBA PER 280 BREDEL E5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 346 | 617338 | BOMBA PER 280 BREDEL E6 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 347 | 617339 | BOMBA PER 280 BREDEL E7 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 348 | 617340 | BOMBA PER 280 BREDEL E8 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 349 | 617341 | BOMBA PER 280 BREDEL E9 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 350 | 617342 | BOMBA PER ALBIN 125 E1A | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 351 | 617343 | BOMBA PER ALBIN 125 E1B | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 352 | 615836 | BOMBA SUM BJM BERMA SUMIDER PH (BACK UP) | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 353 | 615835 | BOMBA SUM BJM BERMA SUMIDERO PH | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 354 | 615834 | BOMBA SUM BJM CIANURACIÓN PH | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 355 | 615838 | BOMBA SUM BJM SIST. TRATAMIENTO SAN JOSE | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 356 | 618156 | BOMBA SUM TSURUMI BERMA PH | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 357 | 618223 | BOMBA SUM TSURUMI BERMA PH (BACK UP) | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 358 | 615851 | BOMBA VER 1.5 GALIGHIER | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 359 | 615854 | BOMBA VER 2X2 SALAS M4 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 360 | 615861 | BOMBA VER 3X3 SALAS M1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 361 | 615855 | BOMBA VER VSP3-0-120-28CR SALAS M5 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 362 | 618293 | BOMBA VER VSP3-0-120-28CR SALAS SUMI-DOM | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 363 | 615877 | BOMBA VER VSP3-0-120-28CR SALAS TRITURAC | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 364 | 618307 | COLECTOR DE POLVO CAMFIL GS4 | ALTO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 365 | 616098 | COMPRESOR DE PIS 2340 IR No.04 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 366 | 616099 | COMPRESOR DE PIS 2340 IR No.05 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 367 | 618310 | COMPRESOR DE PIS 2475 IR No.05 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 368 | 616108 | COMPRESOR DE TOR 1109EV/A SULLAIR | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 369 | 616112 | COMPRESOR DE TOR CBV IR | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 370 | 617354 | COMPRESOR REC QTS QUINCY No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 371 | 619285 | COMPRESOR REC SCHULZ No.03 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 372 | 616106 | COMPRESOR REC SS3 INGERSOLL RAND No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 373 | 100459 | CUADRACICLO YXM 700 YAMAHA N°7 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 374 | 616181 | DESTILADOR DE AGUA P-SELETA D-4 LARGE | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 375 | 616182 | DETECTOR DE METAL ERIEZ 1230 BANDA 1.1 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 376 | 618395 | DETECTOR DE METAL ERIEZ 1230 BANDA 6 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 377 | 617928 | DOSIFICADOR DE CAL ZFP 500/DM MOL.PRIMAR | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 378 | 616194 | ELECTROIMÁN INDUSTRIAL SE-7328 ERIEZ | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 379 | 616244 | EXTRACTOR CEN DE GASES No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 380 | 616245 | EXTRACTOR CEN DE GASES No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 381 | 616264 | FILTRO PRENSA No.03 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 382 | 616265 | FILTRO PRENSA No.04 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 383 | 616273 | FLUJÓMETRO ULTRASONICO KAT FLOW 150 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 384 | 616307 | HORNO SECADOR ELE 460V L. C.CALIDAD | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 385 | 618403 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV ABEL No.1 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 386 | 618404 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV ABEL No.2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 387 | 618402 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV ESPESADOR | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 388 | 618399 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV M.PRIMARI | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 389 | 618400 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV M.SECUNDA | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 390 | 618401 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV PRECIPITA | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 391 | 618398 | INTERCOMUNICADOR 2 VIAS 310-MV TRITURACI | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 392 | 619369 | INTERRUPTOR PRINCIPAL DE TRITURACION | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 393 | 616404 | MEZCLADOR DE CAL | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 394 | 618158 | MEZCLADOR SULFATO DE COBRE | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 395 | 620310 | MOLINO DE BOL EXPERIMENTAL No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 396 | 616418 | MOLINO DE BOL U22020 ALLIS CHALMER No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 397 | 616419 | MOLINO DE BOL U2228-0-7'X15' MARCY No.05 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 398 | 616420 | MOLINO DE BOL U32270 ALLIS CHALMER No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 460 | 615694 | BANDA TRANSPORTADORA 30" COMPASS No.04 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 461 | 620270 | BOMBA CEN FRANKLIN ELECTRIC NO.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 462 | 615709 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 463 | 615710 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 464 | 615712 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 465 | 615799 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.04 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 466 | 615716 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 VT50 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 467 | 615745 | BOMBA CENTRIFUGA 3X4 IHM No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 468 | 620269 | BOMBA CENTRIFUGA 3X4 IHM No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 469 | 615800 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 2X2-10 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 470 | 615801 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 2X2-10 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 471 | 615803 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3-10 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 472 | 615805 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3-10 No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 473 | 616096 | COMPRESOR DE PIS 2340 IR No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 474 | 620820 | COMPRESOR DE PIS IR P1.5 IU No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 475 | 616254 | EXTRACTOR HID DE GARRA 1t SKF | MEDIO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 476 | 616295 | HIDROCICLON CÓNICO No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 477 | 616297 | HIDROCICLON CÓNICO No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 478 | 616941 | SOPLADOR LOBULAR No.00 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 479 | 616943 | SOPLADOR LOBULAR No.01 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 480 | 616945 | SOPLADOR LOBULAR No.02 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 421 | 618308 | VENTILADOR CENTRIFUGO 15PLR2 FILTRO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 422 | 620859 | VIBRADOR ELEC LAV AREN 1HP 480V MVE No.1 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 423 | 620860 | VIBRADOR ELEC LAV AREN 1HP 480V MVE No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 424 | 618145 | VIBRADOR ELECTRICO 1HP 480V MVE No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 425 | 618148 | VIBRADOR ELECTRICO 1HP 480V MVE No.1 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 426 | 618146 | VIBRADOR ELECTRICO 1HP 480V MVE No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 427 | 618147 | VIBRADOR ELECTRICO 1HP 480V MVE No.3 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 428 | 615676 | BANDA TRANS 30" COMPASS No.17 ALIM M1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 429 | 617744 | BOMBA CEN GOULD 3355 4X5-10A | ALTO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 430 | 617742 | BOMBA CEN IHM 2X2 No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 431 | 616053 | BANCO DE FLOTACIÓN No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 432 | 616054 | BANCO DE FLOTACIÓN No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 433 | 620252 | BANDA TRANSPORTADORA 12" PLANTA MOVIL PC | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 434 | 615874 | BOMBA VERTICAL PIONNER No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 435 | 616055 | CELDA DE FLOTACIÓN CIRC No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 436 | 618117 | CELDA DE FLOTACIÓN SECCION DOB 1-2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 437 | 618115 | CELDA DE FLOTACIÓN SECCION DOB 1-2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 438 | 618116 | CELDA DE FLOTACIÓN SECCION DOB 3-4 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 439 | 618118 | CELDA DE FLOTACIÓN SECCION DOB 3-4 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 440 | 616137 | CONCENTRADOR GRAVIMÉTRICO SB750 FALCON | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 441 | 620253 | CORTADOR TRANSVERSAL SALAS | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 442 | 620254 | DIVISOR ROTATORIO SALAS | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 443 | 616413 | MOLINO DE BOL 1.8X3.6 SEPRO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 444 | 620251 | TRITUDORA DE MANDIBULA SALAS MOD. 8"X12" | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 445 | 617079 | TRITURADORA CON NORBERG SYMONS | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 446 | 615696 | BANDA TRANSPORTADORA 24" COMPASS No.06 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 447 | 615737 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3X10 No.03 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 448 | 615821 | BOMBA SUMERGIBLE 2X2.5 PIONEER No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 449 | 615823 | BOMBA SUMERGIBLE 3X3 PIONNER No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 450 | 616937 | SOPLADOR DE ANILLO FUJI ELECTRIC No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 451 | 616935 | SOPLADOR DE ANILLO FUJI ELECTRIC No.03 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 452 | 616936 | SOPLADOR DE ANILLO GARDNER DENVER No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 453 | 620974 | SOPLADOR ELE R6350A-2 GAST No.1 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 454 | 616996 | TROJA DE FINO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 455 | 616994 | TROJA DE GRUESO | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 456 | 615692 | BANDA TRANSPORTADORA 24" COMPASS No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 457 | 615695 | BANDA TRANSPORTADORA 24" COMPASS No.05 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 458 | 615691 | BANDA TRANSPORTADORA 30" COMPASS No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 459 | 615693 | BANDA TRANSPORTADORA 30" COMPASS No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 520 | 619579 | BOMBA DE VACIO DEKKER 15HP No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 521 | 615840 | BOMBA DE VACIO DEKKER No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 522 | 615848 | BOMBA DE VACIO XL 250/7 NASH No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 523 | 615849 | BOMBA DE VACIO XL 250/7 NASH No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 524 | 615818 | BOMBA PERISTALTICA RBT-100 No.01 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 525 | 615819 | BOMBA PERISTALTICA RBT-100 No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 526 | 615856 | BOMBA VERTICAL 3X2 GOULDS No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 527 | 615858 | BOMBA VERTICAL 3X2 GOULDS No.02 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 528 | 615859 | BOMBA VERTICAL 3X3 SALAS No. 01 | MEDIO | BAJO | MEDIO | MEDIA | → |
| 529 | 618226 | BOMBA VERTICAL MNJ-19 No. 01 | MEDIO | BAJO | MEDIO | MEDIA | → |
| 530 | 616115 | COMPRESOR DE TOR LOBULAR IR HIBON | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 531 | 616192 | DOSIFICADOR DE POLVO ZINC | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 532 | 616262 | FILTRO PRENSA No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 533 | 616263 | FILTRO PRENSA No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 534 | 616298 | HIDROCICLÓN CÓNICO No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 535 | 616299 | HIDROCICLÓN CÓNICO No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 536 | 616407 | MEZCLADOR DE FLOCULANTE | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 537 | 616296 | NIDO DE HIDROCICLONES CÓNICOS | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 538 | 618266 | PLANTA DIÉSEL C-18 CATERPILLAR No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 539 | 617719 | REDUCTOR EJE PARALELO SUMITOMO No.02 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 540 | 620025 | TANQUE ALMACENAMIENT SOLUCIÓN MILLS N0.01 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 481 | 616946 | SOPLADOR LOBULAR No.03 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 482 | 616983 | TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA INDUST. No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 483 | 616984 | TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA INDUST. No.02 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 484 | 617262 | ZARANDA ALTA FRECUENCIA 2'X6' | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 485 | 617263 | ZARANDA ALTA FRECUENCIA 4'X8' TRITURACION | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 486 | 615619 | AGITADOR RADIAL No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 487 | 615621 | AGITADOR RADIAL No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 488 | 615623 | AGITADOR RADIAL No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 489 | 620898 | BOMBA CEN 3X4 HORIZONT VACSEAL ESP3 No.1 | MEDIO | BAJO | MEDIO | MEDIA | → |
| 490 | 620900 | BOMBA CEN 3X4 VACSEAL ESP3 No.2 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 491 | 619991 | BOMBA SUM GRINDEX MOD MATADOR 27HP No.02 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 492 | 620841 | CONTROL DE CIANURO OCM3000 | ALTO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 493 | 616206 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 494 | 616207 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 495 | 616208 | ESPEADOR CONVENCIONAL No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 496 | 616270 | FILTRO TAMBOR No.01 | MEDIO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 497 | 616271 | FILTRO TAMBOR No.02 | MEDIO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 498 | 620534 | HORNO A GAS No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 499 | 616422 | MOLINO DE BOL U3345-0-5'X6' No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 500 | 616423 | MOLINO DE BOL U3420-5'X10' No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 501 | 620939 | SOPLADOR FUJI VF83000-7W No.1 | ALTO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 502 | 617081 | TRITURADORA CON NORBERG SYMONS | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 503 | 615637 | ATRICIONADOR DE PALETAS | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 504 | 615658 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.04 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 505 | 615659 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.05 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 506 | 615705 | BOMBA CENTRIFUGA 20A-STW IHM 2X2 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 507 | 615713 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 508 | 615721 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2.5 GALIGHER No.04 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 509 | 615722 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2.5 GALIGHER No.05 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 510 | 615732 | BOMBA CENTRIFUGA 3X3 GOULDS No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 511 | 615736 | BOMBA CENTRIFUGA 3X3 SRL No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 512 | 615761 | BOMBA CENTRIFUGA 55-OH CARVER No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 513 | 615762 | BOMBA CENTRIFUGA 55-OH CARVER No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 514 | 615766 | BOMBA CENTRIFUGA 6X4 GALIGHER No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 515 | 615767 | BOMBA CENTRIFUGA 6X4 GALIGHER No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 516 | 615797 | BOMBA CENTRIFUGA PE3011L72-HO PIONEER | MEDIO | BAJO | MEDIO | MEDIA | → |
| 517 | 615802 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3-10 No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 518 | 615804 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3-10 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 519 | 615738 | BOMBA CENTRIFUGA SRL 3X3-10 No.03 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 580 | 620291 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.05 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 581 | 620292 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.06 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 582 | 618100 | FILA CLARIFICADORA | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 583 | 616940 | SOPLADOR LOBULAR | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 584 | 619399 | SOPLADOR LOBULAR No. 02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 585 | 616970 | TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 586 | 616971 | TANQUE ALMACENAMIENTO AGUA No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 587 | 616977 | TANQUE ALMACENAMIENTO CIANURO No.01 | ALTO | ALTO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 588 | 616972 | TANQUE ALMACENAMIENTO POLICLORURO No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 589 | 616975 | TANQUE PREGNANT SOLUCION RICA No.1 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 590 | 618101 | TORRE DE VACIO No.1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 591 | 618102 | TORRE DE VACIO No.2 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 592 | 617264 | ZARANDA VIBRATORIA | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 593 | 616654 | POLIPASTO ELE AC 480V 20t HARRINTONG | BAJO | MEDIO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 594 | 618064 | POLIPASTO ELE HARRINTONG 2HP MR05DL | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 595 | 620752 | POLIPASTO ELEC 2 TON TROLLEY No.01 | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 596 | 619907 | PUENTE GRUA BIRRAIL 5 TON ABUS | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 597 | 618315 | TOLVA DE ACERO MINERAL FINO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 598 | 616648 | POLIPASTO ELE 20 HP | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 599 | 620322 | POLIPASTO ELE GORBEL No 1 | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 600 | 618065 | POLIPASTO ELE HARRINTONG 5HP MR05DL | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 541 | 616973 | TANQUE ALMACENAMIENTO BARREN No.01 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 542 | 616974 | TANQUE ALMACENAMIENTO BARREN No.02 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 543 | 616982 | TANQUE ALMACENAMIENTO FLOCULANTE No.01 | MEDIO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 544 | 616985 | TANQUE ALMACENAMIENTO TRATAMIENTO No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 545 | 616986 | TANQUE ALMACENAMIENTO TRATAMIENTO No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 546 | 615655 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.01 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 547 | 615656 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.02 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 548 | 615657 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.03 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 549 | 615697 | BANDA TRANSPORTADORA 24" No.04 | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 550 | 618228 | BOMBA CENTRIFUGA 1-1/4X1-1/2 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 551 | 615707 | BOMBA CENTRIFUGA 1X1.5 GOULDS No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 552 | 615706 | BOMBA CENTRIFUGA 1X1.5 GOULDS No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 553 | 615708 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 554 | 615711 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2 IHM No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 555 | 615718 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2.5 GALIGHER No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 556 | 615719 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2.5 GALIGHER No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 557 | 615720 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2.5 GALIGHER No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 558 | 615725 | BOMBA CENTRIFUGA 2X2-10 GOULDS No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 559 | 615731 | BOMBA CENTRIFUGA 3X2 GOULDS No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 560 | 615795 | BOMBA CENTRIFUGA MOYNO No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 561 | 615796 | BOMBA CENTRIFUGA MOYNO No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 562 | 617330 | BOMBA HID BARLEY | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 563 | 615830 | BOMBA SUM GRINDEX MOD MATADOR 15HP No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 564 | 615827 | BOMBA SUMERGIBLE BROOX No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 565 | 615850 | BOMBA VERTICAL 1.5 GALIGHER No.07 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 566 | 615868 | BOMBA VERTICAL CR45 GRUNDFOS No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 567 | 618099 | BOMBA VERTICAL MNJ-17 No. 01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 568 | 615879 | CAJA METÁLICA No.01 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 569 | 615882 | CAJA METÁLICA No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 570 | 619316 | COMPRESOR DE PIS 2475 IR No.06 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 571 | 620819 | COMPRESOR DE PIS IR P1.5 IU No.02 | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 572 | 616109 | COMPRESOR DE TOR 16BS-75H SULLAIR | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 573 | 616113 | COMPRESOR DE TOR CURTY | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 574 | 616232 | ESTUFA ELE AC 120V | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 575 | 616405 | MEZCLADOR DE CIANURO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 576 | 620287 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.01 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 577 | 620288 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.02 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 578 | 620289 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.03 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 579 | 620290 | PIEZOMETRO GK 4500 GEOKON No.04 | MEDIO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 601 | 618066 | POLIPASTO ELE HARRINTONG 5TON MRO50L | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 602 | 620482 | POLIPASTO ELEC 3TON DOSIFICADOR CAL | MEDIO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 603 | 620055 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.01 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 604 | 620056 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.02 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 605 | 620057 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.03 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 606 | 620058 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.04 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 607 | 620059 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.05 M4 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 608 | 620060 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.06 M5 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 609 | 620061 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.07 | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 610 | 620062 | POLIPASTO MAN YALE 1TON No.08 3B | BAJO | ALTO | BAJO | ALTA | ↑ |
| 611 | 616991 | TOLVA DE ACERO MINERAL GRUESO | BAJO | BAJO | ALTO | ALTA | ↑ |
| 612 | 618141 | TOLVA LAVADO DE ARENAS | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 613 | 620172 | TOLVA METALICA FALCON No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 614 | 620173 | TOLVA METALICA FALCON No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 615 | 620151 | TOLVA METALICA FLOTACION No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 616 | 620152 | TOLVA METALICA FLOTACION No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 617 | 620153 | TOLVA METALICA FLOTACION No.03 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 618 | 620154 | TOLVA METALICA FLOTACION No.04 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 619 | 620155 | TOLVA METALICA FLOTACION No.05 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 620 | 620156 | TOLVA METALICA FLOTACION No.06 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 621 | 620157 | TOLVA METALICA FLOTACION No.07 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 622 | 620158 | TOLVA METALICA FLOTACION No.08 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 623 | 620159 | TOLVA METALICA FLOTACION No.09 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 624 | 620160 | TOLVA METALICA FLOTACION No.10 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 625 | 620161 | TOLVA METALICA FLOTACION No.11 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 626 | 620162 | TOLVA METALICA FLOTACION No.12 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 627 | 620163 | TOLVA METALICA FLOTACION No.13 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 628 | 620164 | TOLVA METALICA FLOTACION No.14 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 629 | 620165 | TOLVA METALICA FLOTACION No.15 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 630 | 620166 | TOLVA METALICA FLOTACION No.16 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 631 | 620167 | TOLVA METALICA FLOTACION No.17 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 632 | 620168 | TOLVA METALICA FLOTACION No.18 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 633 | 620169 | TOLVA METALICA FLOTACION No.19 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 634 | 620170 | TOLVA METALICA FLOTACION No.20 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 635 | 620171 | TOLVA METALICA FLOTACION No.21 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 636 | 619474 | POLIPASTO ELE AC 480V 1TN HARRINTONG | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 637 | 620490 | POLIPASTO ELE AC 480V 3TN HARRINTONG | BAJO | MEDIO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 638 | 619840 | CAUDALIMETRO ENDRESS HAUSER 5552H PRECIP | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 639 | 618143 | BASCULA DINAMICA FISHER SCIENTIFIC B13 | BAJO | BAJO | MEDIO | BAJA | ↓ |
| 640 | 620456 | ESTACIÓN METEOROLÓGICA VANTAGE PRO2 No#1 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 641 | 620309 | AGITADOR DE FLOCULACION VELP No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 642 | 620308 | AGITADOR DE FLOTACION DENVER No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 643 | 615641 | BALANZA DIG 6.1KG METTLER TOLEDO | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 644 | 615642 | BALANZA DIG 6200G METTLER TOLEDO | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 645 | 620306 | BALANZA DIG ADAM CB10001 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 646 | 620441 | BALANZA DIG ADAMS NBL 8201E | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 647 | 615643 | BALANZA DIG METTLER TOLEDO MS8001T No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 648 | 615644 | BALANZA DIG METTLER TOLEDO MS8001TS N2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 649 | 615646 | BALANZA DIG MS60001S METTLER TOLEDO | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 650 | 620118 | BALANZA DIG MS8001TS METTLER TOLEDO 8200 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 651 | 620304 | BALANZA DIG OHAUS PA214 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 652 | 620303 | BALANZA DIG OHAUS RANGER 3000 No.01 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 653 | 620305 | BALANZA DIG OHAUS RANGER 3000 No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 654 | 618044 | BALANZA DIG PRIME SCALE | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 655 | 615648 | BALANZA DIG PS-C30KS | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 656 | 616400 | MEDIDOR DE OXIGENO HQ300 HACH | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 657 | 616401 | MEDIDOR DE PH A211 STAR ORION LAB EXPERI | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 658 | 616402 | MEDIDOR DE PH A211 STAR ORION PRECIPITAC | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 659 | 615759 | BOMBA CEN 5X4 5500 GOULD BALSAL | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 660 | 617324 | BOMBA CEN MTX GOULDS No.01 TANQ MILLS | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
DIRECCIÓN ACADÉMICA
OFICINA DE POSGRADO Y EDUCACIÓN CONTINUA
UNI-POSGRADO

| No | Código | Descripción | Riesgo Ambiental | Riesgo de Seguridad | Riesgo de Continuidad | Criticidad | N |
|-----|--------|--|------------------|---------------------|-----------------------|------------|---|
| 661 | 615844 | BOMBA VAC SKC49WN0194AX SEPRO No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 662 | 615845 | BOMBA VAC SKC49WN0194AX SEPRO No.02 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 663 | 617896 | FILTRO DE PRESIÓN No.01 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 664 | 617897 | FILTRO DE PRESIÓN No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 665 | 620026 | FILTRO LAVADOR No.01 | ALTO | ALTO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 666 | 619371 | MAIN BRAKE CIRCUITO No.16, 17 480V/2000A | BAJO | BAJO | MED-ALTO | ALTA | ↑ |
| 667 | 616416 | MOLINO DE BOL EXPERIMENTAL No.01 | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 668 | 617082 | TRITURADORA MAN 5X6 T-RHINO VYMSA | BAJO | BAJO | MED-BAJO | BAJA | ↓ |
| 669 | 615702 | BASCULA FAIRBANK IND-R2500-F2 No.02 | MEDIO | MEDIO | MEDIO | MEDIA | → |
| 670 | 620457 | ESTACIÓN METEREOLÓGICA VANTAGE PRO2 No#2 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |
| 671 | 615839 | BOMBA SUMERGIBLE VT-50 No.00 | BAJO | BAJO | BAJO | BAJA | ↓ |



Figura No. 12. Proceso productivo del plantel Minero

