



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LAS CELDAS DE FLOTACIÓN KYF-300 PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN PLANTA DE COBRE - CHINALCO – PERÚ”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Marvin Milton Collantes García

Asesor:

Ing. Edwin Cuadros Camposano

Trujillo – Perú

2017

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Marvin Milton Collantes García**, denominada:

**“PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO
EN LAS CELDAS DE FLOTACIÓN KYF-300 PARA MEJORAR LA
PRODUCTIVIDAD EN PLANTA DE COBRE - CHINALCO – PERÚ”**

ASESOR

JURADO
Presidente

JURADO

JURADO

DEDICATORIA

A nuestro padre celestial por darme la vida y la oportunidad de cumplir mis metas trazadas.

A mi madre que desde el cielo me brindo las fuerzas y supo guiarme para poder cumplir con el objetivo propuesto.

A mi esposa e hijos que son mi motivación para esforzarme y cumplir mis objetivos.

A mis hermanas que me brindaron su apoyo incondicional de aliento y superación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a la Universidad Privada del Norte por haber aceptado formar parte de ella y brindarme las herramientas necesarias para poder formarme como un buen profesional, así también a los diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y apoyo en el desarrollo de la carrera.

Agradezco también a mi asesor de tesis el Ing. Edwin Cuadros que con su experiencia, capacidad y conocimiento científico pudo guiarme en el desarrollo de la tesis, así como también haberme tenido toda la paciencia para guiarme en todo el desarrollo de la tesis.

Mi agradecimiento también va dirigido a la Empresa Minera Chinalco Perú y a sus representantes de sus áreas de operaciones y mantenimiento por brindarme su apoyo y facilidades para realizar la tesis.

INDICE DE CONTENIDO

APROBACIÓN DE LA TESIS.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDO.....	v
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN	10
1.1. Realidad problemática.....	10
1.2. Formulación del Problema	15
1.3. Justificación	15
1.4. Limitaciones.....	17
1.5. Objetivos.	17
1.5.1 Objetivo General	17
1.5.2. Objetivos Específicos.....	17
CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO	18
2.1 Antecedentes	19
2.2 Bases Teóricas.....	23
2.3 Definición de términos básicos	32
CAPITULO 3 HIPÓTESIS	35
3.1. Formulación de la Hipótesis	35
3.2. Operacionalización de Variables:	35
CAPITULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS	36
4.1. Tipo y diseño de Investigación	36
4.2. Material.....	38
4.3. Métodos.....	39
4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos	39
4.3.2. Procedimientos.....	42
CAPITULO 5. DESARROLLO.....	44
CAPITULO 6. RESULTADOS.....	48
CAPITULO 7. DISCUSIÓN	58
CONCLUSIONES.....	777
RECOMENDACIONES	79
Bibliografía	80

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Informe de las paradas en la Celda de Flotación KYF-300 del año 2015	58
Tabla 2: Resumen de indicadores de la Causa Raíz	60
Tabla 3: Causas de falla en las Celdas de Flotación KYF-300	58
Tabla 4: Causas de fallas mecánicas en las Celdas de Flotación KYF-300.....	59
Tabla 5: Costo hora-hombre por parada de equipo de flotación de celda	61
Tabla 6: Contenido programático del taller	73
Tabla 7: Indicadores propuestos para evaluar la propuesta de mejora	70
Tabla 8: Costos de mantenimiento anual	73
Tabla 9: Costos Operativos	74
Tabla 10: Costos de Inversión	74
4	
Tabla 11: Costos por causa raíz	74
4	
Tabla 12: Estado de resultados proyectado	74
5	
Tabla 13: Flujo de caja proyectado	74
5	

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama causa-efecto de los problemas presentados en las Celdas de Flotación KYF-300.....	56
Figura 2: Diagrama de Pareto de las causas más probables que originan las fallas en la Celdas de Flotación KYF-300	58
Figura 3: Diagrama de Pareto de las causas más probables que originan las fallas mecánicas en la Celdas de Flotación KYF-300.....	59
Figura 4: Cantidad de paradas del equipo de flotación de celdas en el periodo 2015	60
Figura 5: Cantidad de horas-hombre requeridas para el mantenimiento correctivo en el periodo 2015.....	61
Figura 6: Formato de Registro del equipo de flotación de celdas.....	60
Figura 7 : Formato de Instrucciones Técnicas	67
Figura 8: Formato para rutina de mantenimiento preventivo planificado.....	68
Figura 9: Cronograma de mantenimiento anual	73

RESUMEN

El siguiente trabajo de investigación tuvo como finalidad proponer la implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las máquina del área de Flotación de celda ubicada en planta procesadora de cobre Chinalco – Perú , apoyándose en los objetivos específicos de diagnosticar la situación actual con respecto al mantenimiento preventivo de las máquinas del área de flotación de celda en la empresa, determinar las causas que originan las fallas de paradas en las máquinas, diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las para las celdas KYF 300 del área de flotación y evaluar económica y financieramente el plan de mantenimiento preventivo propuesto. La investigación se ubicó bajo la modalidad de un proyecto factible; sustentada en una investigación de campo a nivel descriptivo. La población estuvo conformada por una (1) máquina, y cuatro (4) operadores que se encontraban dentro del fenómeno a estudiar, tomándose como muestra el total de la población. Se empleó como técnica de recolección de datos la observación directa y la entrevista informal y como instrumentos la ficha registro y el cuestionario. Se concluyó cumpliendo con el objetivo general de proponer un plan de mantenimiento preventivo, con el fin de optimizar el desempeño operativo de la maquinaria durante el proceso productivo, y así tratar de disminuir la frecuencia de mantenimientos correctivos, en las celdas de flotación KYF -300 la que incrementará la productividad en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú; al diagnosticar la situación actual con respecto al mantenimiento preventivo se puede concluir que las máquinas funcionan de una manera deficiente debido a las constantes paradas no programadas, y no se realiza un mantenimiento preventivo periódico por la falta de un plan de mantenimiento; las causas más relevantes que originan las fallas de paradas en las máquinas la constituyen los métodos, la mano de obra, materiales, el medio ambiente, entre otros; el ahorro que obtendremos a implementar un plan de mantenimiento preventivo es de S/. 2,9427 lo que nos genera un VAN de S/.6,023.78 y un TIR 13% lo que nos da un retorno de la inversión en 5 años.

ABSTRACT

The purpose of the following research work was to propose the implementation of a preventive maintenance plan for the cell flotation area located at the Chinalco - Peru copper processing plant, based on the specific objectives of diagnosing the current situation with regard to maintenance preventive of the machines of the cell flotation area in the company, determine the causes that cause the failures of stops in the machines, design a plan of preventive maintenance for the cells KYF 300 of the flotation area and evaluate economically and financially the Proposed preventive maintenance plan. The investigation was placed under the modality of a feasible project; based on a field investigation at a descriptive level. The population consisted of one (1) machine, and four (4) operators that were within the phenomenon to be studied, taking as sample the total population. Direct observation and informal interviewing were used as a data collection technique and the registration form and the questionnaire were used as instruments. It was concluded fulfilling the general objective of proposing a preventive maintenance plan, in order to optimize the operational performance of the machinery during the production process, and thus try to reduce the frequency of corrective maintenance, in the flotation cells KYF -300 the one that will increase the productivity in the copper processing plant of minera Chinalco - Peru; When diagnosing the current situation with regard to preventive maintenance, it can be concluded that the machines work in a poor way due to the constant unscheduled stops, and periodic preventive maintenance is not carried out due to the lack of a maintenance plan; the most relevant causes that give rise to failures of shutdowns in machines are methods, labor, materials, the environment, among others; The savings we will obtain to implement a preventive maintenance plan is S / . 2.9427 which generates a NPV of S / .6,023.78 and a TIR of 13% which gives us a return on investment in 5 years.

CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Para las empresas líderes a nivel mundial, la gestión de mantenimiento es una parte importante del negocio, ya que asegura la producción de bienes y/o servicios de forma eficiente, a través de la disponibilidad y confiabilidad de los equipos que integran la cadena de producción, garantizando la rentabilidad a través de la reducción de los costos por mantenimiento, calidad de los productos o servicios, satisfacción del cliente, permitiendo que la empresa logre la máxima producción. Para lograr estos objetivos se requiere implementar un conjunto de acciones orientadas hacia un cambio filosófico en las políticas de mantenimiento, tales como: aplicar mantenimiento de clase mundial el cual incluye un conjunto de actividades que permiten reorientar la estrategia de mantener los equipos con un enfoque de mantenimiento pro-activo, disciplinado en prácticas estandarizadas, gestión autónoma, competitivo y con índices de desempeño de clase mundial.

Específicamente, la necesidad de redimensionar una empresa implica para el mantenimiento, retos y oportunidades que merecen ser valorados. En el mantenimiento, se agrupan una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, instalaciones, etc. Las actividades de mantenimiento pueden ser realizadas según las características de los bienes y según diversos criterios de gestión. Este tipo de mantenimiento pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados de las máquinas.

Fundamentalmente, el impacto deseado con el mantenimiento es optimizar en forma económica la utilización y disponibilidad de las máquinas e instalaciones de los servicios dentro de las empresas. Así, al diseñar el sistema de mantenimiento; a través de un programa de mantenimiento preventivo a las máquinas, éste permitirá minimizar los tiempos de parada de máquina, el cual ayudará a realizar las operaciones de una forma más cómoda y fluida lo que a su vez le permitirá a dicha empresa cumplir con los requerimientos de sus clientes, sumado a la necesidad que existe en el personal y gerencia en general de contar con una herramienta que le proporcione solución a la problemática existente.

El sector minero en el Perú es uno de los pilares de la economía peruana y exportaciones. La minería aporta un 20% de los ingresos fiscales la cual contribuye alrededor del 15% PBI nacional y el 60% de las exportaciones. La mayoría de las minas en el Perú se concentra en los Andes. Los principales productos mineros del Perú son la plata, el cobre, el zinc, el estaño, el bismuto y el teluro (Diario Gestión, 2016).

La producción nacional de cobre tuvo un incremento de 51.02% durante el primer trimestre del año, al alcanzar las 514,494 TMF tal cifra fue alcanzada gracias al aporte de los nuevos proyectos mineros que iniciaron operación en los últimos meses como es el caso de Las Bambas, Constancia y Toromocho; así como las ampliaciones de Antamina y Cerro Verde. Arequipa lidera la producción nacional al obtener la cuarta parte del total (25%); seguido por Ancash (22%), Cusco (15%), Moquegua (8%), Tacna (6.8%); Apurímac (6.1%), entre otros. (MEM, 2016)

En la actualidad, la mayoría de las empresas mineras en el Perú adoptan una gestión de mantenimiento, la misma se refiere a un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un grado de confiabilidad en los equipos y máquinas, conformado por acciones correctivas para mantener los estándares de la producción en los niveles deseados.

Es importante señalar, que en Perú normalmente las organizaciones extractoras de minerales dejan a un lado el mantenimiento como tal, les importa más producir y producir sin tomar en cuenta el desgaste en las maquinarias al ser forzadas diariamente a cumplir con el pedido solicitado, explotan todos los recursos posibles para crear dividendos a los directivos de las organizaciones y no piensan en conservar la vida útil a las máquinas a través de un mantenimiento que involucre a todo el personal de los diferentes departamentos que actúen como un sistema que conlleve al éxito.

De manera tal, que la aplicación del mantenimiento tiene su importancia estratégica en el aporte a la competitividad, al prever las fallas, manteniendo los equipos y máquinas en completa operación a los niveles y eficiencia esperados. Por lo tanto, las operaciones de mantenimiento tienen lugar frente a la constante amenaza que implica la ocurrencia de una falla o error en un sistema, maquinaria, o equipo.

Además, la atención de las empresas al diseñar el mantenimiento preventivo dentro del área de máquinas trae experiencias en la determinación de causas de las posibles fallas en el futuro, esto se logra mediante inspecciones continuas de acuerdo a las instrucciones de fabricación de la unidad o de las preestablecidas por la organización. Dicho proceso es

efectuado a intervalos con criterios predispuestos con el fin de deducir la posibilidad de que una unidad deje de encontrarse en condiciones aceptables.

Sin embargo, existen muchas organizaciones que carecen de programas de mantenimiento que garanticen la operatividad de sus procesos, motivo por el cual les generan problemas de toda índole. Tal es el caso de la empresa Minera Chinalco-Perú, organización que está encargada de ejecutar el proyecto Toromocho, que está ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, en la región Junín la cual consta de una planta concentradora que procesa 117,200 toneladas diarias de mineral y producirá, durante los 36 años de vida de la operación, con un promedio de 1838 toneladas diarias de concentrado de cobre y 25.7 toneladas diarias de óxido de molibdeno. La planta concentradora cuenta con los siguientes elementos:

- Chancadora primaria.
- Faja transportadora.
- Pila de almacenamiento de mineral.
- Área de molinos: Molinos SAG y de bolas.
- Área de flotación: Celdas rougher y de limpieza.
- Área de espesadores y bombas de relave
- Planta hidrometalúrgica de molibdeno.

No obstante, la producción realizada por esta empresa se lleva a cabo por maquinarias; pero estas máquinas o líneas de producción, son independientes en su funcionamiento; pero necesariamente tienen que estar en movimiento secuencial para lograr el producto final, lo cual implica que si alguna de las partes de la máquina falla se detiene por completo la línea de producción, no logrando alcanzar el objetivo fundamental de la empresa.

En el área de flotación se realizan procedimientos de mantenimiento apegados en cierta medida a los manuales de los fabricantes de cada uno de los equipos, pero de algún modo los encargados observan que en esta gestión se pueden implementar mejoras para el aumento de la disponibilidad de los diferentes equipos, para ello se quiere realizar evaluaciones de ciertos parámetros, indicadores e índices; además de proponer la implementación de otros que les permitan de alguna forma medir la efectividad de la misma, observar las mejoras que puedan ser implementadas y así verificar su

direccionamiento en el sentido deseado, que, en conclusión, es aumentar el tiempo de disponibilidad operativa de la planta y reducir el creciente aumento de los costos en el mantenimiento.

En el proceso de flotación continuamente ocurren paradas imprevistas debido a fallas que detienen el desarrollo de su proceso continuo, ya que frecuentemente éstas presentan recalentamiento de motores, fugas de grasa, vibraciones y ruidos de piezas que chocan al estar desgastadas por el uso incesante de las mismas, lo que origina pérdidas en el tiempo de producción y por ende aumento de la jornada laboral, baja eficiencia y retraso e incumplimiento en la entrega del producto a los clientes.

También, el problema radica en que el personal, específicamente, los mecánicos, ya que obvian la información detallada acerca del tipo de mantenimiento a realizar, asimismo, no se llevan registros de fechas en las cuales se hayan realizado el mantenimiento a las mencionadas máquinas.

Asimismo, las máquinas presentan fallas constantes como son paradas frecuentes por desgaste de piezas ocasionado por el tiempo de servicio, más allá de su vida útil, o deja de funcionar por ausencia de repuestos originales para su puesta a punto, utilización de repuestos y/o dispositivos no originales para arreglar las máquinas, y el largo tiempo invertido en la ejecución de las reparaciones de las máquinas por falta de personal técnico. En la misma forma, el procedimiento de mantenimiento requerido no existe para prolongar la vida útil de las máquinas y lograr ampliar el funcionamiento de las mismas a través de un plan de mantenimiento preventivo.

Ante tal situación, la empresa de seguir trabajando bajo estas condiciones corre el riesgo de presentar demoras en los despachos y pedidos de los clientes, lo que podría ocasionar la pérdida de los mismos, por no cumplir con la demanda en el tiempo pautado. De esta manera y como consecuencia se incrementarán los costos de producción, atrasos en los tiempos de entrega del producto final, personal ocioso o sobre trabajo de los obreros y operadores afectando así el cumplimiento de los objetivos de la empresa.

La decisión de la empresa en la gestión de mantenimiento contempla que puede realizarse una mejora en la misma, principalmente con los equipos fueron traídos de diferentes partes del mundo, en su mayoría de la China esto hace que sus especificaciones sean muy variadas para diferentes tipos de ambientes, por tanto, los encargados del mantenimiento deben hacer seguimiento del comportamiento de los mismos en las

actuales actividades de mantenimiento y ajustarlas a los requerimientos de los equipos; como es de suponer, esto se realizará en un tiempo prolongado de operación.

TASA DE UTILIZACIÓN DEL EQUIPO

Nivel	Calificación	Características
ALTO	4	Superior al 80%
MEDIO	2	Entre el 50 y 80%
BAJO	1	Inferior al 50%

Fuente: Informática para el mantenimiento Preventivo

En vista de la falta de repuestos en parques locales, estos son solicitados y transportados del lugar de fabricación hacia la planta, por lo cual se necesita un plan de mantenimiento preventivo o predictivo, tomando en cuenta el tiempo de importación de las partes, que puede tardar hasta varias semanas, a veces meses, en llegar debido a su tamaño y al traslado de las mismas, además de los inconvenientes que se suceden en las aduanas del mundo y particularmente en los puertos del Perú.

REPERCUSIÓN DEL EQUIPO EN LA CADENA PRODUCTIVA

Nivel	Calificación	Características
ALTO	5	Influencia total
MEDIO	3	Influencia relativa
BAJO	1	Influencia nula

Fuente: Base de datos de la empresa

Una parada a un equipo crítico de extracción y/o tratamiento de mineral por falta de un repuesto ocasionaría grandes paralizaciones en la producción y pérdidas económicas a la empresa.

PÉRDIDAS EN LA PRODUCCION

Nivel	Calificación	Características
ALTO	4	Mayor a \$6.000.00 (Hora)
MEDIO	2	Entre \$3.000.00 y \$6. 000.000 (Hora)
BAJO	1	Menor a \$3.000.000 (Hora)

Fuente: Base de datos de la empresa

Por tanto, este trabajo de investigación consistirá en identificar y plantear las oportunidades de mejora en los procedimientos y metodologías de trabajo en la actual

gestión de mantenimiento en la planta procesadora de cobre específicamente en el área de flotación de la empresa Minera Chinalco-Perú. Debido a que en esta área de la empresa desea obtener una optimización de la disponibilidad, actualización de procedimientos, reducción de costos operativos relativos al mantenimiento, disminución de los tiempos de parada de los equipos, para prever el planteamiento de cálculo de indicadores tales como confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad de la maquinaria en el área de flotación.

1.2. Formulación del Problema

¿Cómo influye el diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo para las celdas de flotación en la productividad de la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú?

1.3. Justificación

El presente trabajo de investigación se justifica dentro de ésta empresa en la búsqueda de mejoras a su sistema de mantenimiento hacia las máquinas en el área de flotación especialmente en la Celdas KYF -300, ofreciéndole procedimientos y técnicas las cuales le permitan asegurar que las máquinas permanezcan en una óptima calidad de servicio que se planea seguir, tomando en cuenta que la falta de mantenimiento constituye una problemática, que ha venido afectando gravemente el funcionamiento de las mismas, ocasionando el deterioro de la calidad en el proceso.

Por lo tanto, la necesidad de realizar el presente estudio está enmarcado en el hecho de implementar e incorporar una mejora de mantenimiento preventivo que contribuya a minimizar los tiempos de paradas dentro de la empresa planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú que permita reducir las causas que originan las fallas de paradas en la empresa.

Además, la presente investigación se realiza con el propósito de que la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú se ha interesado en la creación de medidas preventivas de mantenimiento con el fin de asegurar y prolongar la vida útil de los bienes o maquinarias, para obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas.

Adicionalmente, la presente investigación es importante porque afianza y amplía los conocimientos obtenidos para el investigador a lo largo de todo su aprendizaje. Además, permite el contacto directo con otras actividades desarrolladas dentro de una empresa, logrando adquirir nuevas experiencias en el ámbito profesional.

Así de esta manera, los beneficios en la situación que se plantea serán en gran parte para toda el área de flotación fundamentalmente a todos los operarios quienes son los que deben aplicar los correctivos cuando son requeridos, igualmente beneficia al cliente y a la empresa: ya que las paradas no programadas representan un aumento en los costos de manufactura, una caída de la productividad al tener que duplicar esfuerzos y recursos para poder cumplir con sus clientes.

Al punto de vista teórico se justifica debido a que se ha realizado en base a reconocidos autores de investigación científica así como de administración de operaciones, estadística, contabilidad y finanzas, por lo que puede servir como base para realizar un estudio más exhaustivo dentro y fuera de la organización debido a que la misma aportará soluciones a las máquinas que son el día a día dentro de cualquier complejo industrial con el objetivo de alcanzar la calidad total y poder ofrecer un mejor producto y confiabilidad en sus clientes al garantizar sus servicios y estabilidad dentro del mercado.

De allí que, en la presente investigación, tendrá un aporte valorativo, el cual se verá reflejado en la adopción de benéficos tangibles e intangibles a la organización, no solo por la importancia que tiene la formación constante del personal que labora en la empresa en el área de flotación, sino que podrá mejorar la relación con las demás áreas involucradas en el proceso productivo, y garantizándole a sus clientes un producto de óptima calidad y total cumplimiento de sus requerimientos.

Desde el punto de vista práctico, lo que se pretende es que se utilicen las estratégicas para lograr el buen funcionamiento de la maquinaria de trabajo, tomando en cuenta sus ventajas y desventajas. Por tal razón si se aplica de una manera eficiente los procedimientos la investigación suministrará mecanismos que permitan dar a conocer el buen funcionamiento de la máquina de trabajo para permitir que laboren de manera eficiente y no lograr ningún inconveniente al momento de realizar el trabajo.

En este sentido, se realiza esta investigación con el fin de que sea de utilidad práctica y de ayuda a futuros investigadores que quieran indagar sobre el tema que tiene como principio proponer un plan de mantenimiento preventivo para las

máquinas del área de flotación. Además, esta investigación favorece a los futuros investigadores, ya que los mismos podrán contar con unas bases teóricas bien fundamentadas, que le servirán de apoyo para la orientación de nuevos proyectos.

1.4. Limitaciones

La investigación se hizo en la Planta Procesadora de Cobre de Chinalco e involucro a sus trabajadores del área de flotación y sus Celdas KYF-300, por lo que se vio limitada al tiempo que disponen los empleados sin interferir el normal funcionamiento de la planta.

1.5. Objetivos.

1.5.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un plan de mantenimiento preventivo para las celdas de flotación que permitirá mejorar la productividad en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de los procesos de mantenimiento preventivo que realizan a las celdas del área de flotación en la en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.
- Determinar las causas que originan las fallas de paradas en las celdas KYF 300 del área de flotación en la en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.
- Diseñar un plan de mantenimiento preventivo para las celdas KYF 300 del área de flotación en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.

- Evaluar económica y financieramente la propuesta del plan de mantenimiento preventivo para las celdas KYF 300 del área de flotación a fin de determinar cuantitativamente los beneficios para la empresa.

CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Internacionales:

Pacheco, V. (2005) “Plan de mantenimiento preventivo para los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama: Frontino Gold Mines, tesis presentada en la Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas Universidad Industrial de Santander, de la Universidad de Santander. En esta investigación referente a la práctica industrial busca la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo inicialmente para la maquinaria perteneciente a los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama de la empresa minera Frontino Gold Mines, que sirva de base para la implementación y conciencia de la necesidad del mantenimiento preventivo en las demás instalaciones.

La investigación se inicia con una revisión del estado de la maquinaria y con la realización de un diagnóstico del sistema actual de mantenimiento que se lleva en la planta de beneficio; luego se realizó la codificación y el análisis de criticidad por equipo que determina el tipo de mantenimiento adecuado a llevar en cada máquina. Posteriormente se realiza el diseño del sistema de información con los formatos y la programación necesaria; paralelo a esto se consultaron diferentes proveedores nacionales de CMS y se realizó un análisis del programa más acorde a las condiciones operacionales de la empresa y de esta manera contar con el criterio de recomendar la adquisición del software más adecuado para mejorar las actividades de mantenimiento en la F.G.M. Concluyendo que la realización de labores adecuadas de mantenimiento permiten evitar estados inadecuados en los equipos y trastornos en la producción, y así integrarlas dentro de un programa de mantenimiento preventivo que garantice la máxima disponibilidad y confiabilidad de estos equipos, así mismo permitió mejorar las condiciones operacionales de la maquinaria y de la planta en general, y medir a través de índices de gestión de mantenimiento el funcionamiento del plan de mantenimiento preventivo desarrollad

Sánchez, A. (2012) “Elaboración de planes de mantenimiento preventivo para los equipos de las plantas de agregados” Tesis presentada en la Universidad Simón Bolívar de Sartenejas-Venezuela, para optar el título de Ingeniero Mecánico.

En la investigación se aplica una metodología de planificación del mantenimiento preventivo en base a horas, diseñada y aplicada a los equipos móviles y fijos de las plantas del Departamento de Agregados de la empresa Venezolana de Cementos S.A. Esta metodología se basó en la información proporcionada por los fabricantes de los

equipos, información bibliográfica, catálogos y en entrevistas realizadas al personal técnico de mantenimiento ubicado en las plantas seleccionadas. La finalidad de este proyecto fue garantizar la existencia de rutinas de mantenimiento preventivo basados en tiempo de operación, para una serie de equipos nuevos adquiridos por la empresa, así como asegurar que el resto de la maquinaria presente en las plantas también reciban el mantenimiento correspondiente. Entre las conclusiones principales se tiene que el mantenimiento preventivo disminuyó las paradas innecesarias de los equipos, lo que se tradujo en el incremento de la productividad.

Acuña, R. (2009) “El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación” Tesis presentada en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Industrial. En la investigación se aplicó la metodología de Mantenimiento Productivo Total (TPM) que es uno de los sistemas fundamentales para lograr la eficiencia total, en donde el resultado final que persigue es lograr un conjunto de equipos, maquinaria e instalaciones productivas y una reducción de las inversiones necesarias en ellos. Esta implementación se logra gracias a la participación de todo el personal de la organización en donde se conforman grupos y un departamento de implementación de TPM con el fin de tener control absoluto sobre este, realizarle el seguimiento respectivo y tomar las medidas correctivas necesarias para el mejoramiento del proceso de aplicación de este sistema; por lo tanto es fundamental contar con el apoyo total de la dirección en donde ésta también tenga participación activa dentro del proceso de cambio generando un compromiso más representativo al interior de la organización. “TPM (Mantenimiento Productivo Total) es un Sistema de Gerencia de Mantenimiento, que busca la mejora Continua de la Maquinaria y el logro del 100% de Eficiencia del proceso de Producción, involucrando a todo el Personal de la Empresa. El Mantenimiento Productivo Total es una filosofía o forma de pensar, que cambia nuestras actitudes en la búsqueda de la eficiencia y mejora continua de la maquinaria y su entorno. Todos trabajaran como un solo equipo tras una meta común y la búsqueda de la mejora continua de las maquinarias. Cada persona será líder de un proyecto o tareas específicas, con roles que se puedan intercambiar según las necesidades de los programas de TPM. La Meta de este sistema es incrementar notablemente la productividad y al mismo tiempo levantar la moral de los trabajadores y su satisfacción por el trabajo realizado”.

Se concluyó que el TPM propone cambios estructurales en la cultura laboral de la producción y el mantenimiento, así mismo concluyen que el TPM enfocó la gestión en

mantener y producir como una sola unidad, con lo cual se logra generar un elevado beneficio en el proceso de la producción y mejoramiento en la en la calidad de los productos manufacturados o en el servicio que brindan las empresas.

Valdés, J. (2009) “Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast”, tesis de grado para optar el título de Administrador Industrial en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena de Indias, realizó un estudio en el que diseñó un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa REMAPLAST para optimizar el funcionamiento de los equipos y disminuir el tiempo de ocio de estos.

Entre las principales conclusiones obtuvo que la empresa presentaba determinados inconvenientes como paradas no planificadas de los equipos de producción, debido a los daños que se generaban en los mismos; adicionando la falta de organización en el manejo de inventario de materiales de repuestos, lo que acrecentaba el tiempo de parada ya que no se contaban con los repuestos necesarios; todo esto llevaba a realizar tareas meramente correctivas, las cuales traían consigo a la falta de eficiencia en el proceso productivo, lo que a su vez se reflejaba en el incremento de los costos, y el incumplimiento de los objetivos organizacionales; además de estos no se manejaba ordenadamente la información concerniente a las actividades de mantenimiento, debido a que no contaba con los documentos adecuados; ni el personal necesario para llevar registros de la información concernientes al mantenimiento.

Ya teniendo la documentación y los equipos con los cuales contaba la empresa, se procedió a la realización del plan de mantenimiento, en el cual se tuvieron en cuenta tanto la información suministrada por los proveedores, detallada en el manual de cada equipo; como la información suministrada por la experiencia de los operarios de mantenimiento y producción.

Salas, M. (2012) “Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de pre hilado e hilado de una fábrica textil”, Proyecto de investigación en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, realizó un estudio aplicativo analizando la empresa de hilados Consorcio La Parcela S.A, concluyendo que la falta de mantenimiento disminuye la eficiencia de las máquinas y el nivel de producción. Las horas programadas para las 8 tipos de máquinas durante el mantenimiento preventivo mensual y quincenal son 252 Hr/ anuales, teniendo como exceso 182.5 Hr/ anuales, el cual 183 equivale el 58% de desperdicio de tiempo; al retrasarse en la ejecución del mantenimiento preventivo, incrementa la carga laboral a los operarios y ayudantes dejando de lado las actividades asignadas como la limpieza diaria.

Al reducir las horas de exceso de ejecución del mantenimiento preventivo se cumplirá con la programación, además la limpieza diaria ayudará a disminuir las paradas de ruptura de las mechas al no encontrarse sucio las piezas de las mecheras; al disponer de un formato de fallas e incidencias por máquina permitirá que la decisión de mejora continua sea eficaz.

El proyecto aplicativo se basó en el mantenimiento preventivo mensual y quincenal debido a la carga laboral que excede en 85% frente a los demás tipos de mantenimiento, demostrando que el mantenimiento preventivo busca reducir los problemas y aumentar la vida útil de las máquinas.

El análisis económico permite concluir que el proyecto es viable debido a los resultados del valor económico nominal: S/. 2,156.90 y el valor financiero nominal: S/. 3,825.90. Asimismo, el periodo de recuperación es en un año, teniendo ganancias de S/.2157 en el doceavo mes. Además el indicador de beneficio y costo se obtiene 1.03; lo que implica que por cada Nuevo Sol invertido se lo recupera con ganancias de 0.03. La mayor inversión se debe a la capacitación del personal, pues si se logra que aprendan y concienticen se obtendrán resultados óptimos. Por ello, se concluye que la empresa apuesta por el aprendizaje del personal considerando que obtendrá beneficios económicos.

Costta, G y Guevara J. (2015) “Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa - Pareto” Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico en la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo, realizó un estudio aplicativo en la que analizó los sistemas de aire acondicionado de la empresa Telefónica del Perú S.A.A. sede Trujillo.

Entre las principales conclusiones obtuvo que existen múltiples razones con diversas variantes que van desde la falta de instrumentos y desmotivación del personal hasta deficiencias de gestión por parte de la Empresa Huawei del Perú S.A.C.; las causas secundarias más significativas clasificadas por la Metodología Pareto permitieron elaborar un Plan de Mejora del Mantenimiento de los Sistemas de Aire Acondicionado TdP Zonal Norte, dentro de los cuales se resaltan como acciones más importantes la implementación de un Sistema de Recursos Humanos, Sistema de Almacenes Virtuales, Incentivos por productividad, establecimiento de una Coordinación Técnica y mejora del instrumental de mantenimiento; demostrando que la Metodología Pareto – Ishikawa permite establecer un Plan para mejorar el Servicio de Mantenimiento de los Sistemas de Aire Acondicionado de la Red Zonal Norte de la Empresa Telefónica del Perú S.A.A.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1. Mantenimiento

2.2.1.1. Definición

El mantenimiento se define como un conjunto de actividades desarrolladas con el fin de asegurar que cualquier activo continúe desempeñando las funciones deseadas o de diseño. En la industria, el concepto de mantenimiento se refiere a todas aquellas acciones llevadas a cabo para mantener los materiales en una condición adecuada o los procesos para lograr esta condición, incluyen acciones de inspección, comprobaciones, clasificación, reparación, necesarias para que un elemento continúe cumpliendo su cometido.

El objetivo del mantenimiento es asegurar la disponibilidad y confiabilidad prevista de las operaciones con respecto de la función deseada, dando cumplimiento además a todos los requisitos del sistema de gestión de calidad, así como con las normas de seguridad y medio ambiente, buscado el máximo beneficio global. La confiabilidad se define como la probabilidad de funcionar sin fallas durante un determinado período, en unas condiciones dadas (Newbrouah y Ramaurd, 1982).

El mantenimiento nació con el desarrollo industrial, y en un principio consistía exclusivamente en reparaciones, ejecutadas por el mismo grupo de operación, sin embargo, con motivo de la segunda guerra mundial y su consecuente desarrollo aeronáutico, se consideró que más que reparaciones era preciso evitar que las fallas ocurriesen, tanto por el impacto de una eventual avería, como por el costo asociado a la misma, dando origen al mantenimiento preventivo (Reyes y Ocampo, 1996).

2.2.1.2. Tipos de mantenimiento

Las operaciones de mantenimiento pueden clasificarse en mantenimiento de conservación y mantenimiento de actualización; a su vez, el mantenimiento de conservación se clasifica en mantenimiento correctivo y mantenimiento preventivo (Vargas, 1996).

El mantenimiento de conservación está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones físicas y químicas a las que es sometido.

El mantenimiento correctivo es el encargado de corregir fallas o averías observadas y puede ser correctivo inmediato y correctivo diferido.

El mantenimiento preventivo está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro. Consiste en evitar la ocurrencia de fallas en las máquinas o los equipos del proceso. En la práctica se considera que el éxito de un mantenimiento preventivo radica en el constante análisis del programa, su reingeniería y el estricto cumplimiento de sus actividades. Se diferencia del mantenimiento correctivo, justamente, porque mantiene al aparato en funcionamiento, mientras que el correctivo repara a aquel aparato que dejó de funcionar.

Mantenimiento programado: Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, u otras. Consiste en operaciones programadas con determinada frecuencia para efectuar cambios en los equipos o máquinas de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes o a los estándares establecidos por ingeniería. Una de sus desventajas radica en que se puedan cambiar partes que se encuentren en buen estado, incurriendo en sobrecostos. Sin embargo, muchas de las compañías con mejores resultados en términos de confiabilidad son fieles al mantenimiento programado, despreciando el estado de las partes.

Mantenimiento predictivo: Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse. Permite conocer el estado de funcionamiento de máquinas y equipos en operación, mediante mediciones no destructivas. Las herramientas que se usan para tal fin son sofisticadas, por ello se consideran para maquinaria de alto costo, o que formen parte de un proceso vital.

Mantenimiento de oportunidad: Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización.

2.2.1.3. Mantenimiento preventivo

El mantenimiento preventivo se ha diseñado con la finalidad de prever y anticiparse a los fallos de las máquinas y equipos, utilizando para ello datos sobre los distintos

sistemas y sub-sistemas e inclusive partes. Con esa información se diseña el programa con frecuencias calendario o uso del equipo, para realizar cambios de partes, reparaciones, ajustes, cambios de aceite y lubricantes u otros, a maquinaria, equipos e instalaciones que se considera importante realizar para evitar fallos (Torres, 2005).

El mantenimiento preventivo puede variar de simples rutas de lubricación o inspección hasta el más complejo sistema de monitoreo en tiempo real de las condiciones de operación de los equipos. Muchos de los sistemas complejos de monitoreo proporcionan bastante información útil que debe ser considerada en el mantenimiento preventivo. Un programa de mantenimiento preventivo puede incluir otros tipos de mantenimiento y pueden ser considerados todos en conjunto como un programa de mantenimiento preventivo. Dependiendo del tipo de programa que se utilice, se necesita obtener información real del estado de las maquinas, equipos e instalaciones y en algunos casos se requerirá de inversiones para llevarles a condiciones básicas de funcionamiento.

Entre los beneficios del mantenimiento preventivo, tenemos:

- Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones), obviamente, si tiene muchas fallas que atender menos tiempo puede dedicarle al mantenimiento programado y estará utilizando un mantenimiento reactivo mucho más caro por ser un mantenimiento de "apaga fuegos"
- Incrementa la vida de los equipos e instalaciones, sin embargo, requiere de involucrar a todos en la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente con el programa.
- Mejora la utilización de los recursos, cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, esto tiene una relación directa con El programa de mantenimiento preventivo que se hace, lo que se puede hacer, y como debe hacerse.
- Reduce los niveles del inventario. Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.
- Ahorro económico, Un dólar ahorrado en mantenimiento son muchos dólares de utilidad para la compañía, cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.

El mantenimiento preventivo nos previene cuando es la falla potencial, entonces ya podemos calcular el tiempo aproximado entre la falla potencial y la falla funcional, es por ello que para implementar el mantenimiento predictivo debiéramos tener

solucionado el mantenimiento preventivo. Muchas empresas implementan mantenimiento predictivo sin haber desarrollado su mantenimiento preventivo, pero ello les lleva posiblemente a una relativa buena disponibilidad con altos costos.

Un buen mantenimiento preventivo permite tener una mayor disponibilidad y una disminución de costos. Solo se estará aplicando mantenimiento preventivo en su totalidad, si se tiene identificadas todas las fallas, si tienen un proceso de recopilación de datos consecuente, si se han realizado un Análisis Estadístico y a partir de ello se ha logrado plantear nuevos tiempos de mantenimiento logrando con ello alcanzar las metas en los indicadores.

Gracias al mantenimiento preventivo es posible garantizar el buen funcionamiento de los equipos ya que este tipo de mantenimiento se ocupa exclusivamente de realizar las pertinentes revisiones y reparaciones que impidan que el aparato se descomponga.

2.2.2. Costos de mantenimiento

Al igual que la Producción, en Mantenimiento hay que hablar de costos variables y costos fijos. Costos variables son aquellos que tienden a variar en proporción directa con el nivel de actividad de nuestro Departamento de Mantenimiento; por ejemplo, los costos de consumos de aceites, aunque estos costos variables serán fijos por unidad de producto. Costos fijos serán aquellos que no varían con relación al nivel de producción durante un determinado período; por ejemplo, el sueldo del jefe de mantenimiento. (García Garrido, 2005)

Si los costos de mantenimiento se relacionan con los costos por unidad de producto producido, los mismos variarán de acuerdo con el nivel de producción. Los costos fijos del Departamento de Mantenimiento, se acumularán independientemente del nivel de actividad, sin embargo, los costos variables no se acumularán si no existe actividad, dado que ésta es únicamente la que los causa. (García Garrido, 2005)

El costo total, es la suma del costo fijo y del costo variable. La importancia de la separación de los costos variables y de los costos fijos es lógica, ya que podremos actuar sobre unos u otros de muy diferente manera. Por ejemplo, se podrá mejorar los costos de mantenimiento, haciendo que los operarios trabajen a un ritmo superior, pero también podremos reducir los costos de mantenimiento, reduciendo el nivel de mandos intermedios o de gastos indirectos.

El costo integral de mantenimiento recoge de forma global la mejor o peor gestión del mantenimiento en una empresa y tiene como tal, no sólo el coste que históricamente se incorporaba como prorrateo al coste de producción, sino el costo fijo, más el costo

variable anteriormente expuesto y el costo de fallos. Para terminar de concretar dicho costo integral como costo fijo, más variable, más costos de fallos y paralizaciones, habría que añadir las pérdidas energéticas ocasionadas por averías imputables a mantenimiento y otros costos, como las posibles sanciones gubernativas y pérdidas de producción e imagen futuras. Y la pregunta que siempre debe hacerse un responsable de Mantenimiento, es si dispone de una herramienta contable, suficientemente desagregada para responderse a cuestiones tan simples, aparentemente como la siguiente: si aumento las actuaciones preventivas, ¿en qué medida disminuirá el coste del mantenimiento correctivo y de las paradas de producción? (Abad, 2004)

En la contabilidad de gestión de un Departamento de Mantenimiento, las imputaciones de las órdenes de trabajo (gastos directos) y de la organización, mandos y gastos administrativos (indirectos), debe hacerse por actividades (preventivas, correctivas, modificativas, etc.) y por áreas, secciones o instalaciones. Su objetivo será el poder analizar desviaciones en costes de repuestos, de actividades, rentabilidades de reformas o de cambios de planes de mantenimiento, etc. Debe ser, por tanto, una herramienta de gestión que le advierte de desviaciones y le ayude a tomar decisiones sobre su “negocio” de mantenimiento. (García Zapata, y otros, 2013)

2.2.3. Programas de Mantenimiento Preventivo

Se le llama Programación del Mantenimiento Preventivo, al proceso de correlación de los códigos de los equipos con la periodicidad, cronogramas de ejecución de las actividades programadas, instrucciones de mantenimiento, datos de medición, códigos de material y cualquier otro dato, juzgado por el usuario como necesario para actuar preventivamente en los equipos. (Távares, 2000)

La Programación de actividades del día a día, normalmente vinculadas a órdenes de trabajo para reparaciones o Programas de Mantenimiento incluyen algunas decenas de tareas, que se deberán realizar periódicamente; habitualmente las tareas no tienen precedencias ni restricciones importantes, salvo la disponibilidad de recursos. Estos programas son habitualmente preparados y actualizados por el programador de mantenimiento.

La selección de un tipo de mantenimiento en una empresa, depende de las condiciones internas de ésta, su objeto social, equipos utilizados en el desarrollo de sus actividades, infraestructura física, personal disponible y el alcance que pretende lograr. El plan de mantenimiento de una empresa, debe tener en cuenta ciertos factores importantes al momento de la aparición de fallas en los equipos, dichos factores son: → Factores

operacionales: La falla ocasiona retrasos en la producción o en la prestación de un servicio, conllevando a una disminución de la productividad e incumplimientos a los clientes. → Factores de costos: Están íntimamente ligados a las fallas, ya que la reparación de éstas conlleva a gastos innecesarios y generalmente elevados. → Factores de seguridad: Cuando la falla afecta la integridad del personal. → Factores ambientales: El afectado aquí es el medio ambiente, ya sea por altos niveles de ruido, olores desagradables, contaminación del aire, entre otros., afectando de igual manera al personal que allí labore. (Morrow, 1985)

Actividades de un programa de mantenimiento preventivo

Actividades de inspección. Se realiza para verificar el funcionamiento seguro, eficiente y económico de la maquinaria. Es una medida preventiva propia del mantenimiento, se realiza a intervalos prefijados con diferentes unidades de medida: hora, días hábiles, número de piezas producidas, entre otras.

Actividades de conservación. Son las actividades que contribuyen a minimizar el diferencial entre el estado teórico y el estado real para mantener la capacidad de funcionamiento y disminuir la frecuencia de los daños y fallas.

Actividades de reparación. Se efectúa cuando las condiciones lo ameritan para restaurar el estado teórico. Se divide en reparación planificada y no planificada. La primera se efectúa rápida y racionalmente por su propia naturaleza; y la segunda se realiza cuando se presenta una falla repentina.

Actividades de cambio. Consiste en la sustitución de un elemento que haya cumplido su ciclo de vida útil.

Actividades de modificación. Alteración y/o construcción original del equipo para eliminar fallas recurrentes o para aumentar la capacidad y seguridad de la misma.

Actividades de instalación. Montaje de elementos y traslados de servicios de los puestos de trabajo.

2.2.4. La Productividad:

2.2.4.1. Definición:

La productividad toma en cuenta los siguientes criterios: Calidad, manejo, modernización, sistematización, esfuerzos colectivos, etc. Según, Sumanth, (2007); define a la “productividad como un resultado de la empresa con calidad; tomando en cuenta desde las circunstancias de vida del personal de jornada laboral hasta el consumidor”. “La productividad; es lograr excelentes resultados para el buen desarrollo de la industria” (Bain, 2003 p.231)

La productividad, es analizar, estudiar, el funcionamiento actual de la empresa, resolviendo problemas dentro de ella y de esta manera la producción llegará a ser más eficaz y eficiente dentro de la empresa. (Venegas, 2001 p.145) Se resalta dos elementos básicos en la productividad; la eficiencia de los recursos y la eficacia alcanzada. Elevar la productividad es el requisito fundamental de los encargados del área de producción lo que significa encontrar mejores formas de emplear con más eficiencia la mano de obra, el capital físico y el capital humano. Una de las maneras estándar de medir los aumentos de eficiencia es calcular los incrementos de la productividad total de los factores, es decir, la eficiencia con la que la economía transforma sus factores de producción acumulados en productos. Cuando se declara un crecimiento de la productividad del 1%, esto equivale a decir que se obtuvo 1% más de producto a partir de los mismos recursos productivos. (Bain, 2003). El aumento en la productividad tiene un impacto en el crecimiento de la rentabilidad de un negocio. Y para obtener una mayor productividad es necesario utilizar métodos, estudiar los tiempos de proceso y mantener un sistema de pago de salarios. (COLCIENCIAS, 2009).

La calidad de procesos, tiene una estrecha relación con los objetivos de la productividad. Aunque los productos terminados o los servicios prestados por una organización pueden conformarse a las especificaciones, la calidad del proceso que produjo esos productos o servicios puede variar ampliamente y tendrá decisiva influencia sobre la productividad de la organización. (Bain, 2003). Si es preciso reelaborar o reprocesar cantidades sustanciales de productos, si las materias primas son defectuosas, si el desperdicio y la pérdida de material son excesivos, si la pérdida por descartes es elevada, la organización no puede alardear de altos niveles de calidad o productividad. (Mercado, 1997). Un alto nivel de desperdicios y re-procesos incrementan el material requerido para un nivel dado de producción, además genera que los procesos estén acompañados de altos niveles de inspección y supervisión. Con un sistema deficiente o de baja calidad, una gran cantidad de recursos de una organización se deben destinar a corregir defectos y manipular desperdicios en vez de producir bienes y servicios. Al mejorar la calidad, los recursos requeridos para producir una cantidad dada de productos declinan, y eso se traduce en mejor productividad (Medina, 2009).

2.2.4.2 Factores de mejoramiento de la productividad

Para el mejoramiento de la productividad se deben analizar los factores externos e internos que afectan el desarrollo de la empresa.

Factores externos

Entre los factores externos se señala los siguientes (Sumanth, Administración para la productividad se puede mencionar:

- · Situación política, social y económica;
- · El clima económico;
- · Disponibilidad de recursos financieros,
- · Suministros básicos
- · Transporte, y
- · Materias primas.

Factores internos

Entre los factores internos, podemos nombrar dos subgrupos:

- Duros, difíciles de cambiar; entre ellos tecnología, equipo y materias primas
- Blandos fáciles de cambiar, como sistemáticas de trabajo

Esta categorización sirve para crear prioridades: cuáles son los factores en los que es fácil influir y cuáles son los factores que requieren intervenciones financieras y organizativas más fuertes (Dounce, 1998).

2.2.4.3. La productividad como indicador de gestión:

En una organización es de vital importancia generar indicadores que permitan conocer el desempeño la misma y ejecutar ciclos de mejora continua.

Beneficios de la productividad:

Existen varios beneficios de la productividad, los más importantes se detallan a continuación:

- Compara la producción del nivel del sistema económico con los recursos consumidos.
- Influye positivamente en, fenómenos sociales y económicos. (Bain, 2003)
- Aumenta la rentabilidad. (Bain, 2003)
- Al trabajar con indicadores de productividad en una organización, nos permite conocer en qué porcentaje se alcanzan las metas propuestas en un periodo

determinado, sin embargo, no aporta al crecimiento de la organización si no se gestionan los resultados obtenidos.

Problemas del análisis de productividad

Witt, (1989) señala que son tres los problemas que afectan en el análisis de la productividad:

Problema de medición, existe cuando los factores como calidad, entradas y salidas de un proceso están definidas, pero no es posible medir.

Problema de definición, dificultades que pueden surgir a la hora de definir con precisión cuales son los factores de productividad de una empresa.

Problema “ceteris paribus”, que significa “todo lo demás constante”; que radica en considerar una sola variable para el cálculo de la productividad y mantener los demás factores como una constante.

2.2.4.4. Eficiencia

La eficiencia está relacionada con la productividad, entre la cantidad de materiales usados con la cantidad de materiales programados; convirtiéndolos en producto. (Schroeder, 2002)

2.2.4.5. Eficacia

La eficacia, tiene relación con satisfacer, impactar al consumidor, es decir hay que prestar un servicio desarrollarlo en ámbitos tanto de cantidad como en calidad, de esta manera la productividad tendrá mayor rendimiento en el proceso del producto que se elabora. (Schroeder, 2002)

2.2.4.6. Utilización

Es aprovechar los recursos que genera una empresa como materiales, equipos, materias primas e inclusive los operadores logrando la productividad de la empresa. (Prokopenko, 2010). Para lograr una mayor productividad en una empresa, es necesario que se analicen en conjunto los indicadores anteriormente mencionados.

2.2.5. Características de un sistema de medición y análisis de productividad

La medición de datos, es utilizada; por ejemplo, para tomar decisiones a ajustar o no un proceso de producción. Se compara con los límites de control estadísticos del proceso y si

la comparación indica que el proceso está fuera de control, entonces se realiza algún tipo de ajuste.

Las características de un sistema de medición, permite mejorar procesos ya sea productivo de negocio siempre midiendo los espacios cortos, en que permita mejorar y dando una iniciativa de mejora y beneficiando la productividad.

2.3 Definición de términos básicos

- ✓ Sistemas Productivos (S.P.): Son aquellas siglas que identifican a los Sistemas Productivos dentro de los cuales se pueden encontrar dispositivos, equipos, instalaciones y/o edificaciones sujetas a acciones de mantenimiento.
- ✓ Mantenimiento Es el conjunto de acciones que permite conservar o restablecer un SP a un estado específico, para que pueda cumplir un servicio determinado.
- ✓ Gestión de Mantenimiento: Es la efectiva y eficiente utilización de los recursos materiales, económicos, humanos y de tiempo para alcanzar los objetivos de mantenimiento.
- ✓ Objetivos de Mantenimiento :Es mantener un SP en forma adecuada de manera que pueda cumplir su misión, para lograr una producción esperada en empresas de producción y una calidad de servicios exigida, en empresas de servicio, a un costo global óptimo.
- ✓ Políticas de Mantenimiento: Son los lineamientos para lograr los objetivos de mantenimiento.
- ✓ Objetos de Mantenimiento: Los SP que deben ser mantenidos de forma tal que la producción o servicio obtenido sea el deseado.
- ✓ Trabajos de Mantenimiento: Son las actividades a ejecutar para cumplir con los objetivos de la organización.
- ✓ Recursos de Mantenimiento: Son los insumos necesarios para realizar las gestión de mantenimiento, tales como: humanos, materiales, financieros u otros.
- ✓ Ingeniería de Mantenimiento: Es la función responsable de la definición de procedimientos, métodos, análisis de técnicas a utilizar, contratos, estudios de

costos y los medios para hacer el mantenimiento, incluyendo la investigación y desarrollo del mismo.

- ✓ **Mantenimiento Rutinario:** Es el que comprende actividades tales como: lubricación, limpieza, protección, ajustes, calibración u otras; su frecuencia de ejecución es hasta períodos semanales, generalmente es ejecutado por los mismo operarios de los SP y su objetivo es mantener y alargar la vida útil de dichos SP evitando su desgaste.
- ✓ **Mantenimiento Programado:** Toma como basamento las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes, constructores, diseñadores, usuarios y experiencias conocidas, para obtener ciclos de revisión y/o sustituciones para los elementos más importantes de un SP a objeto de determinar la carga de trabajo que es necesario programar. Su frecuencia de ejecución cubre desde quincenal, hasta generalmente períodos de un año. Es ejecutado por las cuadrillas de la organización de mantenimiento que se dirigen al sitio para realizar las labores incorporadas en un calendario anual.
- ✓ **Mantenimiento por avería o reparación:** Se define como la atención a un SP cuando aparece una falla. Su objetivo es mantener en servicio adecuadamente dichos sistemas, minimizando sus tiempos de parada. Es ejecutado por el personal de la organización de mantenimiento. La atención a las fallas debe ser inmediata y por tanto no da tiempo a ser “programada” pues implica el aumento en costos y de paradas innecesarias de personal y equipos.
- ✓ **Mantenimiento Correctivo:** Comprende las actividades de todo tipo encaminadas a tratar de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. Las acciones más comunes que se realizan son: modificación de elementos de máquina, modificación de alternativas de procesos, cambio de especificaciones, ampliaciones, revisión de elementos básicos de mantenimiento y conservación. Este tipo de mantenimiento es ejecutado por personal de la organización de mantenimiento y/o por entes foráneos, dependiendo de la magnitud, costos, especialización necesaria u otros; su intervención tiene que ser planificada y programada en el tiempo para que su ataque evite paradas injustificadas.

- ✓ **Mantenimiento Circunstancial** :Este tipo de mantenimiento es una mezcla entre rutinario, programado, avería y correctivo ya que por su intermedio se ejecutan acciones de rutina pero no tienen un punto fijo en el tiempo para iniciar su ejecución, porque los sistemas atendidos funcionan de manera alterna; se ejecutan acciones que están programadas en un calendario anual pero que tampoco tienen un punto fijo de inicio por la razón anterior; se atienden averías cuando el sistema se detiene, existiendo por supuesto otro sistema que cumpla su función; y el estudio de la falla permite la programación de su corrección eliminando dicha avería a corto plazo. La atención de los SP bajo este tipo de mantenimiento depende no de la organización de mantenimiento que tiene a dichos SP dentro de sus planes y programas, sino de otros entes de la organización del SP, los cuales sugieren aumento en la capacidad de producción, cambios de procesos, disminución de ventas, reducción de personal y/o turnos de trabajo.
- ✓ **Mantenimiento Preventivo**: El estudio de tallas de un SP deriva de dos tipos de averías; aquellas que generan resultados que obliguen a la atención de los SP mediante mantenimiento correctivo y las que se presentan con cierta regularidad y que ameritan su prevención. El mantenimiento preventivo es el que utiliza todos los medios disponibles, incluso los estadísticos, para determinar la frecuencia de las inspecciones, revisiones, sustitución de piezas claves, probabilidad de aparición de averías, vida útil, u otras. Su objetivo es adelantarse a la aparición o predecir la presencia de las fallas.
- ✓ **Falla**: Es un evento no previsible, inherente a los SP que impide que estos cumplan su función bajo condiciones establecidas o que no la cumplan.
- ✓ de producción o de servicio.
- ✓ **Criticidad de equipos**: Es una calificación que se establece según consecuencia de la falla de los SP en la misión de la Organización. Los criterios para la clasificación son: efectos sobre la producción, disponibilidad, seguridad y servicio.
- ✓ **Disponibilidad**: Es la probabilidad de que un SP esté en capacidad de cumplir su misión en un momento dado bajo condiciones determinadas.
- ✓ **Confiabilidad**: Es la probabilidad de que un SP no falle en un momento dado bajo condiciones establecida.

- ✓ **Mantenibilidad** :Es la probabilidad de que un SP pueda ser restaurado a condiciones normales de operación dentro de un período de tiempo dado, cuando su mantenimiento ha sido realizado de acuerdo a procedimientos pre-establecidos.
- ✓ **Vida útil**: Es el período durante el cual un SP cumple un objetivo determinado, bajo un costo aceptable para la organización.
- ✓ **Períodos de vida de un SP**: La vida útil de un SP está dividida en tres períodos, los cuales se definen en función del comportamiento de la rata de fallas, de la siguiente forma.
- ✓ **Período de arranque**: Su principal característica es que el índice de fallas decrece a medida que transcurre el tiempo. En este período se encuentran todos los SP en el momento de su puesta en marcha y cada vez que a un SP se le hace una reparación general comienza un nuevo período de vida con un nuevo período de arranque. Por lo general, se cumple, que existe un alto nivel de roturas, la confiabilidad es muy baja y con la corrección de los defectos de fábrica, la frecuencia de fallas disminuye hasta llegar a estabilizarse en un índice aproximadamente constante. Las fallas presentadas en este período ocurren debido a defectos del material, errores humanos en el ensamble y componentes fuera de especificación en la construcción. La política de mantenimiento recomendable es seguir las instrucciones del manual de servicio y mantenimiento, dentro de las condiciones establecidas en la garantía.
- ✓ **Período de operación normal**: Se caracteriza porque el índice de fallas permanece aproximadamente constante a medida que transcurre el tiempo. Este período cubre la mayor parte de la vida útil de un SP y es tan probable que suceda una falla ahora como que suceda más tarde. Las fallas son debidas a acumulación de esfuerzos por encima de la residencia de diseño y de las especificaciones, falta de lubricación, mala operación e imponderable como lo constituyen las fallas en otros SP interconectados, materia prima, fluctuaciones de la energía, u otros.
- ✓ Como es un período de gran duración, da tiempo a planificar bien su mantenimiento y las políticas a dictarse deben ser tendentes a mantener los SP aplicando Mantenimiento Rutinario, Programado, Circunstancial (si es el caso típico), atacar averías, corregir averías y a medida que se hagan los estudios y análisis respectivos a las fallas, tender hacia el Mantenimiento Preventivo.

- ✓ Período de desgaste: Su principal característica es que el índice de fallas aumenta a medida que transcurre el tiempo. En este período las fallas son debidas a fatiga, erosión, corrosión, desgaste mecánico, etc. Cuando un SP entra en este período, debe someterse a una reparación general e idealmente se analizan las fallas en función de los costos asociados a la reparación.

- ✓ Las políticas a dictarse deben ser tendentes al análisis de fallas para preverlas, no sin aplicar conjuntamente mantenimiento Rutinario, Programado, Circunstancial (si es el caso), atacando las averías y corrigiéndolas hasta que el estudio económico lo indique.

CAPITULO 3 HIPÓTESIS

3.1. Formulación de la Hipótesis

La implementación de un Plan de mantenimiento preventivo para las celdas de flotación KYF-300, permitirá incrementar la productividad en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.

3.2. Operacionalización de Variables:

Variable Independiente: Plan de mantenimiento preventivo

Variable Dependiente: la productividad en la planta procesadora de cobre.

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicadores
Mantenimiento Preventivo en las celdas de flotación KYF-300	Según Navas (2003) es una técnica para pronosticar el punto futuro de falla de un componente de una máquina, de tal forma que dicho componente pueda reemplazarse, con base en un plan, justo antes de que falle.	Se define como el conjunto de técnicas de pronóstico de los parámetros de los equipos sobre la base de su funcionamiento en el sistema de gestión de los equipos e instalaciones de las empresas	Numero paradas Tipo y numero de fallas mecánicas Costos de mantenimiento
Productividad.	La productividad es el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida.	Cantidad de bienes producidos en una jornada laboral.	Número de horas hombre a cargo del mantenimiento

CAPITULO 4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. Tipo y diseño de Investigación

Tipo de Investigación

El tipo de investigación constituye el plan estratégico empleado por el investigador para emprender un curso general de acciones o actividades necesarias para resolver de manera segura y confiable el problema planteado.

En este aspecto se debe describir el tipo de investigación, en el cual se ubica el estudio. Cada investigador podrá construir su método, de acuerdo al problema investigado, los métodos son diferentes en función del tipo de investigación y del objetivo que se pretende lograr. El autor, debe definir de acuerdo a autores, las modalidades seleccionadas y explicar: él por qué de la selección.

En este contexto, el Manual de Trabajo Especial de Grado del Instituto Universitario de Tecnología Juan Pablo Pérez Alfonso (2009) refiere: "Representa el esquema general o marco estratégico que le da unidad, coherencia, secuencia y sentido práctico a todas las actividades que se emprenden para buscar repuesta al problema y a los objetivos planteados." (p. 17).

Dentro de esta perspectiva, se puede decir que la presente investigación se encuentra ubicada bajo la modalidad de un proyecto factible; sustentada en una investigación de campo a nivel descriptivo.

De esta manera, la presente investigación se encuentra enmarcada en un proyecto factible puesto que esta busca solucionar el problema planteado y se propone diseñar un plan de mantenimiento preventivo a los equipos de producción de la empresa.

Según, el Manual de Trabajos de Grado de Maestrías y Tesis Doctorales de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (2009), define proyecto factible como: "La investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerido a las necesidades de la organización o grupos sociales" (p. 7).

En este caso la investigación será proyecto factible porque consiste en elaborar una propuesta viable destinada a atender necesidades específicas determinadas a partir de una base diagnóstica.

Asimismo, para el caso particular del desarrollo de este estudio el investigador observará los fenómenos tal y como ocurren naturalmente, sin intervenir en su desarrollo de la investigación lo cual implica la presencia de una investigación de campo. Según, Arias (2006), afirma "Consiste en la recolección de datos directamente

de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos sin manipular o controlar variable alguna.” (p.31).

Por lo tanto, la investigación de campo se realiza en el propio sitio donde se encuentra el objeto de estudio. Ello permite el conocimiento más a fondo del problema por parte del investigador y pueden manipular los datos con más seguridad.

Seguidamente, la actual investigación tiene un nivel descriptivo, ya que se corresponde a la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con la finalidad de establecer su estructura o comportamiento. El investigador señala detalladamente las características y cualidades de la actual problemática existente en la línea de producción. En este sentido, Tamayo y Tamayo (2005), manifiesta que la investigación descriptiva comprende:” La descripción, registros, análisis e interpretación de la naturaleza natural actual, y la composición o proceso de los fenómenos.” (p.54).

A su vez es descriptiva porque el autor dispone de cierta libertad para generar datos, opinión, registro de observación, comprensión de la información obtenida del problema en estudio con el propósito de establecer acciones que permitan resolver la situación y mejorarla.

Diseño de la Investigación

Constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar las hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa la estrategia básica que el investigador adopta para generar información interpretable.

Tamayo y Tamayo (2005), señala que el diseño de investigación “Es el planteamiento de una serie actividades sucesivas y organizadas que deben adaptarse a las particularidades de cada investigación y que nos indica para recolectar y analizar los datos” (p.161). El diseño se refiere a la estrategia que adoptan los investigadores para responder al problema, dificultad o inconveniente planteado en el estudio.

En tal sentido, este trabajo de investigación se desarrollará bajo un diseño **no experimental**, que según Hernández, Fernández y Baptista (2005), “en un estudio no experimental no se construye ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente por el investigador” (p. 184)

Por su parte, en este estudio no experimental, el investigador no altera las variables objeto de estudio, no se modifican los hechos, todo lo contrario, se expresan tal como son. De esta manera, el autor recoge en forma directa de la realidad, analizando de esta manera la situación de la empresa, logrando hacer un análisis y una explicación clara y concisa de la naturaleza en que se encuentra.

4.2. Material

4.2.1. Unidad de estudio

La unidad de estudio está constituida por las maquinarias y trabajadores que se encuentran en el área de flotación de la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.

4.2.2. Población

Se refiere al conjunto para el cual serán válidas las conclusiones que se obtengan. Describe el universo afectado por el estudio, el grupo seleccionado, las características, tamaño y metodología seguida para dicha selección.

Según, Pérez, (2009) define población como: “el conjunto finito o infinito de unidades de análisis, individuos, objetos o elementos que se someten a estudio; pertenecen a la investigación y son la base para obtener la información.” (p.70).

De igual forma se puede decir que la población de la empresa objeto de estudio está constituida por las maquinarias y trabajadores que se encuentran en el área de flotación donde figura una población de una (1) máquina de Celdas Roughe con dos (02) operadores por cada máquina, totalizando un total de veinte (20) operadores los cuales representan el 100% de la población objeto de estudio.

4.2.3. Muestra

Es una parte de la población que se selecciona en caso de que esta represente cantidades elevadas para el investigador. Es un conjunto de unidades, una porción del total, que representa la conducta del universo en su conjunto.

En tal sentido, Pérez (2009) la muestra: “Es una porción, un subconjunto de la población que selecciona el investigador de las unidades en estudio, con la finalidad de obtener información confiable y representativa.” (p. 70).

En este estudio la muestra estuvo representada por una (01) máquina de Celdas Roughe con dos (02) operadores por cada turno, totalizando un total de cuatro (4) operadores los cuales representan el 100% de la población objeto de estudio.

Para relacionar la muestra en este estudio, el investigador recurrió a un muestreo no probabilístico. Según, Arias (2006) refiere: “Un procedimiento de selección en el que se desconoce la probabilidad que tienen los elementos de la población para integrar en la muestra”. (p.85). Igualmente, el mismo autor comenta que el muestreo intencional: “En este caso los elementos son escogidos con base en criterio o juicios preestablecidos por el investigador.” (p.85). En la investigación el investigador procedió en cierta forma arbitraria a escoger a las personas que

según sus características son relevantes para ofrecer la información necesaria, en cuanto al problema sometido al estudio.

4.3. Métodos

4.3.1. Técnicas de recolección de datos y análisis de datos

Las técnicas de recolección de datos son herramientas o un conjunto de ellas que utiliza el investigador en su estudio para medir, observar, evaluar o dimensionar una o más variables; puede ser de naturaleza cuantitativa, cualitativa o la mezcla de ambas. En función a los objetivos establecidos en el presente estudio para la recolección de la información, se diseñarán diferentes instrumentos de naturaleza mezclada, de los cuales se vale el investigador para acercarse al problema en estudio a través de información veraz y exacta.

Según, La Universidad Nacional Abierta UNA (2005), define técnicas como “el conjunto organizado de procedimientos que se utilizaran durante el proceso de recolección de datos” (p.307), es decir, las técnicas se refieren a los medios de los cuales se vale el investigador para el desarrollo de su investigación.

Para el desarrollo de la investigación, se utilizó como técnica de recolección de datos la observación directa y la entrevista informal y como instrumento la ficha registro y el cuestionario. En relación a la técnica de observación directa, fue utilizada durante toda la investigación para observar el proceso, obtener información de manera espontánea y percibir evidencias del objeto de estudio con el fin de lograr los objetivos planteados en la investigación, ésta técnica se utilizará para observar el proceso completo de mantenimiento preventivo a los equipos de producción de la empresa, y en tomar en cuenta las causas que originan las fallas de paradas de la misma.

Con respecto a la observación, Arias (2006.), señala: “Es una técnica que consiste en visualizar o captar mediante la vista, en forma sistemática, cualquier hecho, fenómeno o situación que se produzca en la naturaleza o en la sociedad, en función de unos objetivos de investigación preestablecidos”. (p. 69). Es decir, la observación consiste en el uso sistemático de los sentidos orientados a la captación de la realidad que se pretende estudiar.

Seguidamente de la técnica mencionada anteriormente, el investigador utilizó la entrevista informal con el personal o muestra que labora en el área de flotación de la empresa, los cuales son los que están directamente involucrados con la misma,

y son los indicados en ofrecer la información requerida para el estudio, conocer sus inquietudes acerca del tema objeto de estudio, como opiniones sobre mantenimiento preventivo, puesto de trabajo, entre otros, ya que la entrevista informal es una técnica basada en la investigación personal y se utiliza cuando la información requerida por el investigador es conocida por otras personas, o cuando lo que se investiga forma parte de la experiencia de esas personas.

Para Arias (2006), describe que en la entrevista informal: “En esta modalidad no se dispone de una guía de preguntas elaboradas previamente. Sin embargo, se orienta por unos objetivos preestablecidos, lo que permite definir el tema de la entrevista.” (p.74).

Una vez culminada la etapa de recolección de datos, se procede al procesamiento y análisis de datos. Las técnicas de análisis de datos representan la forma de cómo se procesan los datos recolectados. Estos se pueden procesar de dos maneras cualitativa o cuantitativa.

Al respecto, Palella y Martins (2006) señala: “Se han descrito distintas técnicas para obtención de información, pues es necesario analizar los datos recabados y convertirlos en conclusiones.”(p. 185). En este punto se describen las distintas operaciones a las que serán sometidos los datos que se obtengan.

En el presente estudio se utilizó como técnica, el diagrama de causa-efecto y el diagrama de Pareto.

Asimismo, el diagrama Causa-Efecto es una herramienta importante, es una forma de organizar y representar las diferentes teorías propuestas sobre las causas de un problema. Se conoce también como diagrama de Ishikawa o espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de las causas. Es así como Ishikawa (2000), menciona que el diagrama:

Causa-Efecto viene detallado tomando la estructura de la espina de pescado y al estar bien definido, lista las posibles causas, las más comunes son identificadas y seleccionadas para un análisis mayor, a medida que se examine cada causa, se trata de buscar todo lo que se ha cambiado. (p.35).

Por lo tanto, este diagrama fue desarrollado para representar la relación entre algún efecto y todas las posibles causas que influyen. Se utiliza para toda clase de actividades. De calidad, cantidad, plazos de entrega y control, durante el desarrollo de nuevos productos, investigaciones y construcción de nuevas plantas entre otras.

Además, el diagrama de Pareto es una forma especial del gráfico de barras verticales que se utiliza para demostrar las diversas causas que afectan el resultado de una variable, su aplicación es diversa y consiste en la determinación de las jerarquías de influencias de causas a un problema. El hecho de haber un diagrama de Pareto ayuda a dirigir la atención y esfuerzos de trabajo, obteniendo con ellos mejores resultados al analizar los problemas. Según Sales (2002) revela que el diagrama de Pareto consiste en:

Mediante el diagrama de Pareto se pueden detectar los problemas que tienen más relevancia mediante la aplicación del principio de Pareto (pocos vitales, muchos triviales) que dice que hay muchos problemas sin importancia frente a solo unos graves. Ya que por lo general, el 80% de los resultados totales se originan en el 20% de los elementos.

Al mismo tiempo, con esta herramienta es posible identificar lo poco vital dentro de lo mucho que podría ser trivial, es una gráfica en donde se organizan diversas clasificaciones de datos por orden descendente, de izquierda a derecha.

Cabe señalar, que para analizar los datos de la ficha registro se utilizó el método de análisis y síntesis. El análisis es descomponer un todo en sus partes constitutivas para profundizar el conocimiento de cada una de ellas y la síntesis consiste en la conclusión final; el resultado aparentemente simple, pero que engloba dentro de sí a todo el cúmulo de apreciaciones que se han venido haciendo a lo largo del trabajo y que solo puede ser interpretado en los hallazgos hechos. El análisis inicia su proceso de conocimiento por la identificación de cada una de las partes que caracterizan una realidad, de esta forma podrá establecer las relaciones causa – efecto entre los elementos que componen su objeto de investigación.

Según, Mendez (2003) la síntesis: “Implica que a partir de la interrelación de los elementos que identifican su objeto puedan relacionarse con el conjunto en la función que desempeñan cada uno de ellos con referencia al problema de la investigación. (p.99)

Por otra parte, para analizar los datos procedentes del cuestionario se utilizó la estadística descriptiva, para Tamayo y Tamayo (2005) señalan que:

La estadística descriptiva es aquella que utiliza técnicas y medidas que indican las características de los datos disponibles. Comprende el tratamiento y análisis de datos que tienen por objeto resumir y describir los logros que han proporcionado la

información y por lo general toman forma de tablas, graficas e índices. Se llama descriptiva por ser su fin primordial la descripción de las características principales de los datos obtenidos. (p.211)

Asimismo, se deben resaltar que los datos se agruparon en tablas de frecuencia, al respecto Hernández, Fernández y Baptista (2005) señalan que: ``Las tablas de frecuencia son un conjunto de puntuaciones ordenadas en sus respectivas categorías. `` (p.50) y que se representaron en gráficos circulares, según Carrera (2005) gráficos circulares:

Se emplean para representar distribuciones de razones. Su nombre se deriva de la semejanza de sus porciones a través de un pastel. El círculo representa la suma porcentual del conjunto de la distribución de razones, cada porción indica una razón en la serie (p.98).

4.3.2. Procedimientos

Para registrar los datos de la observación directa se utilizó la ficha registro como instrumento aplicado para la recolección de datos. Este instrumento utilizado es a través del cual se obtiene información directa de los informantes y de observaciones realizada por el investigador de aspectos puntuales, son datos y conjunto de datos organizados (sonidos, imágenes, gráficos, alfanuméricos, texto, representación) y convertidos a un contexto significativo y útil para usuarios finales específicos. Por lo tanto, Ramírez (2005) refiere que la ficha registro:” Son formatos impresos en los que se especifican las variables que se desean registrar. El propósito es la de facilitar la obtención de los datos y la organización sistemática de los mismos”. Consecuentemente, ficha registro de información son datos y conjunto de datos organizados y convertidos a un contexto significativo y útil para usuarios finales específicos.

Es por eso que la ficha registro es indispensable para registrar toda la observación que se haga para poder organizar luego lo percibido en un conjunto coherente. Para ello es inevitable tomar algún tipo de notas o apuntes que sirvan como registro de lo que se ha observado.

Por lo tanto, ya registrados los datos en la ficha registro se utilizó como instrumento el cuestionario, que según Palella y Martins (2006), refieren:” el cuestionario, tanto en su forma como en su contenido, debe ser sencillo de contestar. Las preguntas

han de estar formuladas de manera clara y concisa; pueden ser cerradas, abiertas o semiabiertas, procurando que la respuesta no sea ambigua”. (p.143)

Para el presente estudio se diseñó un cuestionario el cual admite un modelo de preguntas estructuradas, de tipo cerradas, con dos (2) alternativas de respuesta (Si_No), es decir, dicotómico que debe ser llenado por quién responda a través del marcado de una equis (x).

CAPITULO 5. DESARROLLO

DIAGNOSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

5.1 Empresa Minera Chinalco Perú.

5.1.1 Descripción.

Minera Chinalco Perú S.A es una empresa subsidiaria de Aluminum Corporation of China (CHINALCO) y está encargada de ejecutar el proyecto Toromocho, que está ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, en la región Junín. Mediante las exploraciones geológicas se determinó que Toromocho contiene una reserva de 1526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0.48%, una ley promedio de molibdeno de 0.019% y una ley promedio de plata de 6.88 gramos por tonelada.

CHINALCO es la segunda productora más grande de alúmina en el mundo y la tercera productora más importante de aluminio primario. Tiene como meta convertirse en una compañía minera polimetálica con presencia mundial. Actualmente cuenta con operaciones mineras de bauxita, plantas de refinación de alúmina y de fundición de aluminio. También tiene diversos proyectos de metales raros, metales no ferrosos y cobre, destinados a la industria de la ingeniería y los servicios tecnológicos. CHINALCO cuenta con un espíritu corporativo de lucha por la excelencia mediante la innovación y el trabajo competitivo. Promueve constantemente el desarrollo y la práctica de la responsabilidad social para construir una compañía con recursos eficientes, amigable con el ambiente y segura en sus operaciones.

5.1.2 Visión

Ser reconocidos como una empresa minera de primer nivel, debido a la alta eficiencia y la calidad de su gestión.

5.1.3 Misión

Contribuir con el progreso local, nacional y global, así como con el éxito de los accionistas, a través de la transformación cuidadosa y eficiente de recursos naturales.

5.1.4. Proceso de Extracción de Cobre

5.1.4.1 El Chancado

El material removido de la mina es transportado al chancador en camiones de alto tonelaje y luego se alimenta al chancador primario o triturador cónico.

El objetivo de esta fase de trituración primaria es reducir el tamaño de las rocas extraídas de la mina hasta que tengan un diámetro promedio de 15 centímetros, que es adecuado para que se lleven a los molinos y se sigan procesando.

El equipo de trituración se complementa con un detector de metal equipado con un separador magnético, una rompedora hidráulica para quebrar las rocas de gran tamaño que no pueden ingresar a la boca del triturador y un sistema de supresión de polvo. La capacidad de la planta trituradora es de 2.200 toneladas por hora.

5.1.4.2. Pila de almacenamiento (Stockpile)

Todo el mineral triturado en el chancador primario es enviado a la planta procesadora mediante una correa transportadora de 1.600 metros de largo y con una capacidad de 2.300 toneladas por hora.

El material es depositado desde una altura de 43 metros, formando un gran cono denominado la Pila de Almacenamiento o “stockpile”, donde se acumula el material chancado.

La pila de almacenamiento está cubierta con un domo metálico para evitar contaminación con polvo. Además, cuenta con aspersores de agua que riegan el material para disminuir la generación de polvo que se genera en el interior por su caída. El material de la pila de almacenamiento es cargado a través de tres buzones a otra correa transportadora de menor longitud que la anterior, la cual lleva la carga a la sección de molienda de la planta.

5.1.4.3. Molienda

Al material seco proveniente de la pila de almacenamiento se le añade cal para regular el pH durante el proceso.

Esta mezcla ingresa al molino semi autógeno (SAG), donde se inicia el proceso de la molienda. Al interior del molino SAG (con un diámetro de 36 pies), el material seco se mezcla con agua durante la molienda. Esta mezcla de material molido y mezclado con agua se llama pulpa.

La pulpa que sale del molino SAG pasa a un tamiz cilíndrico denominado trommel. La carga gruesa es recirculada al molino SAG por un sistema de correas transportadoras y la pulpa fina es vertida a un cajón del cual se alimenta a los molinos de bolas para continuar con la reducción de tamaño para posterior tratamiento.

Los molinos de bolas, cada uno con un diámetro de 22 pies, están ubicados en paralelo y trabajan en circuito cerrado con dos baterías de hidrociclones, los que permiten clasificar

la pulpa en dos fracciones. La fracción gruesa retorna a molienda y la fracción fina con un diámetro igual o menor a 0,1 milímetros es enviada al proceso de flotación.

5.1.4.4. Celdas de Flotación

El proceso de flotación se inicia al cargar la pulpa, a la cual se agregan previamente varios reactivos químicos, en recipientes especiales denominados “celdas de flotación”, donde se agita la mezcla.

Por las características propias del mineral que se procesa en esta planta, primero se realiza la flotación del plomo y luego la del zinc.

Se introduce aire a presión a la celda para permitir la formación de pequeñas burbujas en el interior de la pulpa a las que, por efecto de reactivos espumantes como el MIBC y el F150 y reactivos modificadores como el óxido de zinc, cianuro de sodio, silicato de sodio y sulfato de cobre, se promueve la adherencia de las partículas del mineral que se desea seleccionar. De esta manera el mineral es arrastrado hasta la superficie en forma de espuma para luego ser retirado de la celda de flotación. Para flotar el cobre se utiliza Celdas de Flotación KYF-300 Metros Cúbicos

Estos procesos se efectúan en circuitos de cinco celdas en serie cada uno y de cada circuito salen tres productos: concentrados, mixtos y colas. Los concentrados se envían al proceso de espesamiento y filtrado. Los mixtos, en los cuales el mineral no ha podido todavía ser extraído completamente, pasa a un proceso de remolienda y clasificación, desde donde el material fino es enviado al circuito de flotación de limpieza y re-limpieza donde el concentrado es finalmente extraído. Las colas son enviadas al espesador de colas y luego al depósito de colas.

5.1.4.5. Filtración

Concluida la flotación, los productos obtenidos, que contienen un alto porcentaje de agua, pasan a la etapa de espesamiento, donde se produce la separación de sólidos (concentrado) y líquidos (agua de proceso) en estanques circulares metálicos denominados espesadores.

Los concentrados que salen de los espesadores son enviados por separado al área de filtración donde se extrae el agua en dos circuitos independientes equipados con prensas horizontales para luego elevar la temperatura hasta obtener una humedad inferior al 10%; después de lo cual queda el concentrado listo para su carguío y transporte por vía férrea hacia el puerto.

El agua recuperada en este proceso es bombeada al área de flotación para su reutilización.

El proceso, desde la mina hasta el mercado toma aproximadamente 40-75 días. Se requieren pocos días para el paso de la mina a la planta, pero se necesita más tiempo para el transporte de la planta al puerto y de allí a las plantas de fundición.

5.1.5. Celdas de Flotación KYF-300

El principio de operación de la celda de flotación: cuando el impulsor está rotando, la pulpa en la celda es absorbido en los espacios entre el impulsor y el estator de la parte inferior de la celda. Al mismo tiempo, el aire de baja presión producido por el soplador ingresa al distribuidor de aire que se ubica en el medio del impulsor y mezclado con la pulpa. El aire inducido se mezcla con el líquido mineral, creando millones de burbujas de aire en minutos las cuales se adhieren y llevan las partículas minerales a la superficie donde ellas son retiradas por simple desplazamiento.

Las Válvulas dardo están ubicadas en la junta, entre los tanques para el ajuste del nivel de pulpa en las celdas de flotación. La espuma mineral formada por la acción del rotor es descargada sobre los bordes de cada celda. Los minerales que no flotan están mojados por lo tanto permanecen en la pulpa y descargados con la pulpa.

Las configuraciones de la celda de flotación son las siguientes:

Cuatro (4) líneas de celdas de flotación 7 KYF-300. Máquinas organizadas como cajón de alimentación -1celda-válvulas dardo-1celda-válvulas dardo -1celda-válvulas dardo-2celdas-válvulas dardo- 2celdas-cajón descarga con válvulas dardo. Referirse a Celda de Flotación GA - R0534200-01-Bulk Rougher 300m3.

Estas celdas de flotación KYF-300 están equipadas con Válvulas dardo de cierre automático en fallas, entre cada celda de caída y 2 válvulas dardo de cierre automático en fallas en el cajón de descarga, por un total de 20 en el sistema de control de nivel, incorporando 40 válvulas de accionamiento.

El suministro de potencia requerido para los motores de la celda de flotación es de 4000V, 3fases, 60Hz.

CAPÍTULO 6. RESULTADOS

6.1 Diagnostico

6.2.1. Encuesta realizada a los Trabajadores

Para la compilación de información se esbozó un cuestionario haciendo el uso de preguntas cerradas, ya que se considera que nos darían datos más concretos que permitirán examinar la información con mayor facilidad. La encuesta se ejecutó con el fin de obtener información necesaria para determinar el grado de conocimiento del personal con respecto a los principios del Mantenimiento, y con el fin de estipular la necesidad de tomar acciones correctivas en base a la divulgación y ejecución de instrucciones relacionados a los procesos de Flotación. La encuesta fue realizada a un total de 4 personas que laboran actualmente en el área de Flotación de Celdas.

1. ¿Considera usted que el proceso productivo está documentado con los indicadores necesarios?

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sí	0	0%
No	4	100%
Total	4	100%

Como se observa en el cuadro, el cien por ciento (100%) de la muestra encuestada manifestó que no considera que el proceso productivo está documentado con los indicadores necesarios. Estos resultados permiten inferir la necesidad de aplicar al proceso productivo de la máquina de flotación de celdas y un mantenimiento acorde con la producción. Por lo tanto, se deduce que la mayor parte de los operadores desconocen el proceso productivo del área de flotación de celdas, por lo que resulta necesario que la empresa brinde la información necesaria a los trabajadores sobre dicho proceso.

2. ¿Considera usted que la maquinaria del área de flotación de celdas se encuentra en óptimas condiciones?

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sí	2	50%
No	2	50%
Total	4	100%

Como se puede observar en el cuadro el cincuenta por ciento (50%) de los operarios seleccionados en el área de estudio manifestó que las máquinas del área de flotación de celdas si se encuentran en óptimas condiciones, mientras que el cincuenta por ciento (50%) restante indicó que no. Por lo tanto, las condiciones de las máquinas no son las adecuadas en los métodos de control aplicados para calibrar las mismas y son ineficientes. Esto evidencia que es necesario aplicar un plan de mantenimiento preventivo para evitar fallas mayores que ocasionan las paradas de la máquina y la producción, generando pérdidas a la empresa.

3. ¿Ocurren paradas no programadas con frecuencia en el área de flotación en el proceso productivo de la empresa?

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sí	4	100%
No	0	0%
Total	4	100%

Como se puede observar en el cuadro, el cien por ciento (100%) de los operarios seleccionados en el área de estudio manifestó que si ocurren paradas no programadas con frecuencia en el área de flotación de celdas en el proceso productivo de la empresa. Por lo tanto, la condición de las máquinas representa una debilidad para la empresa y por su frecuencia afectan el proceso productivo de la empresa por lo que deberían ser consideradas tomando acciones de control para minimizarlas.

4. ¿Considera que la realización de mantenimientos preventivos a la maquinaria de Flotación de Celdas ayudaría a minimizar las paradas no programadas en el proceso productivo de la empresa?

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sí	4	100%
No	0	0%
Total	4	100%

Como se puede observar en el cuadro, el cien por ciento (100%) de los operarios seleccionados en el área de estudio manifestó que la aplicación de mantenimientos preventivos a la maquinaria sí ayudaría a minimizar las paradas no programadas en el proceso productivo de la empresa. De acuerdo con los resultados obtenidos, se infiere que la realización de mantenimiento preventivo a la maquinaria ayudaría a minimizar las paradas no programadas, pues se ejecutarían cuando la producción este en niveles bajos o previa planificación para no incumplir con la demanda.

5. ¿Considera usted que se aplica una programación de mantenimiento a la maquinaria de forma periódica y programada?

ALTERNATIVAS	FRECUENCIA	PORCENTAJE
Sí	0	0%
No	4	100%
Total	4	100%

Como se puede observar en el cuadro el cien por ciento (100%) de los operarios seleccionados en el área de estudio manifestó que no se aplica una programación de mantenimiento a la maquinaria de forma periódica y programada. Al comparar este resultado con lo observado se puede afirmar que la aplicación de planes de mantenimientos, le permitirá a la empresa disminuir los costos causados por las paradas frecuentes y a su vez minimizar el tiempo de ocio que genera esta situación en el grupo de operadores que laboran en esta área productiva.

6.2.2. Diagrama Causa Efecto

Este esquema de causa y efecto es la representación de elementos (causas) de un sistema que pueden favorecer a un problema (efecto) por lo que es una herramienta importante para analizar procesos y circunstancias además es utilizado para identificar las posibles causas de un problema específico, permitiendo que se puedan organizar grandes cantidades de información sobre el problema a analizar.

Este método nos ofrece datos en cuánto a las fallas en las Celdas de Flotación KYF-300. Mediante los informes históricos de paradas del 2015 del equipo de Celdas de Flotación KYF-300 se concluyó mediante el informe de mantenimiento que de las 161 paradas que sucedieron, el 61 % se debe a fallas mecánicas.

Tabla 1

Informe de las paradas en la Celda de Flotación KYF-300 del año 2015

Defecto	Número de paradas	Causas Principales
Maquinaria	99	Sobrecalentamiento motor, Fugas, vibraciones
Mano de Obra	35	Falta de conocimiento del operario
Materiales	13	Repuestos desgastados
Método	8	mala asignación de operarios
Medición	6	mala calibración
Número de Paradas	161	

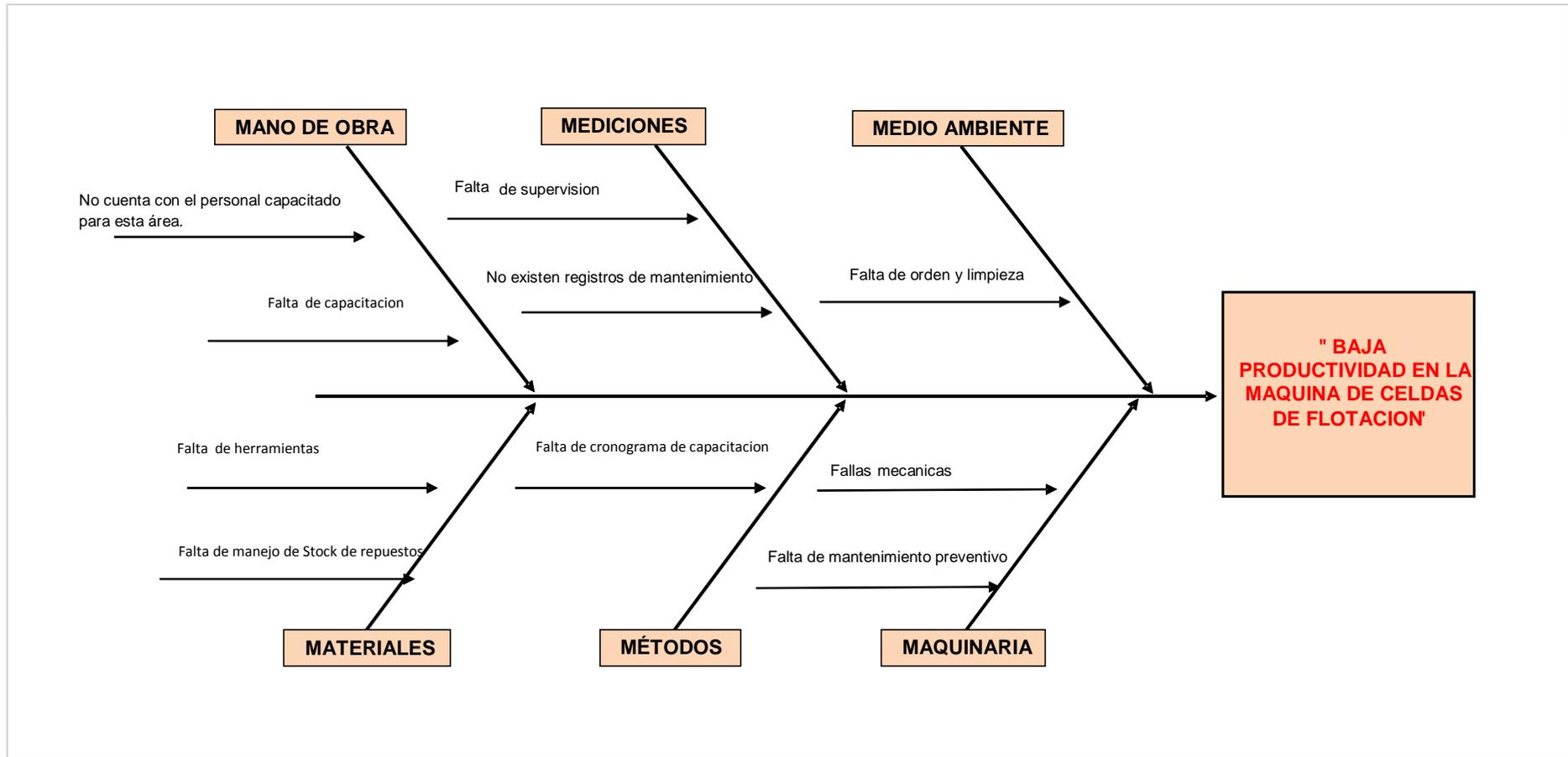


Figura 1. Diagrama causa-efecto de los problemas presentados en las Celdas de Flotación KYF-300

Tabla 2.: Resumen de Indicadores de la Causa raíz.

Cri	CAUSA	INDICADOR	FORMULA	VA	VM	METODOLOGÍA- TÉCNICA/HERRAMIENTA
Cr3	Falta de mantenimiento preventivo	Tiempo medio entre fallas (MTBF)	$MTBF = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{N}^\circ \text{ de eventos fallas}}$	0.00%	100%	Implementación de un programa de Mantenimiento preventivo.
Cr1	Falta de orden y limpieza	Tiempo de búsqueda de repuestos	$(\text{Tiempo con 5S}/\text{Tiempo sin 5 S}) * 100$	100.00%	19%	Actualizar información de los repuestos.
Cr9	Falta de capacitación	% de trabajadores capacitados	$\frac{\# \text{ de trabajadores capacitados}}{\# \text{ total de trabajadores}} * 100$	0.00%	10.00%	Actualizar el registro de personal capacitado
Cr7	No existen registros de mantenimiento	Política de registro de todo el mantenimiento	Nº de registro de mantenimiento durante todo un mes.	0.00%	98%	Implementar un registro total del mantenimiento de acuerdo con el reporte de trabajo diario.
Cr4	No existe un cronograma de capacitación	% de trabajadores capacitados	$(n \text{ de temas de capacitados}/n \text{ total de capacitación}) * 100$	0.00%	100.0%	Plan de Formación y Adiestramiento. Evaluación de puestos
Cr5	Falta de manejo de Stock de repuestos	% de repuestos faltantes	$(n \text{ de material pedido} - n \text{ de material faltante})/n \text{ de material pedido.}$			Programa de Mantenimiento planeado, reposición automática de componentes.

Fue necesario elaborar una gráfica de Pareto, con el propósito de clasificar o jerarquizar las causas más probables que originan las paradas en las máquinas del área de flotación en la empresa, y se elaboró con los resultados arrojados por el diagrama de causa efecto y la cuantificación de cada una de las causas que allí se reflejan y que son producto de las observaciones realizadas, es decir, la frecuencia corresponde al número de veces que durante el tiempo de observación ocurrieron fallas o paradas causadas por la mano de obra, la falta de métodos, por el material, problemas con la maquinaria, de ajuste y medición, los cuadros reflejan las causas que originan las fallas de paradas en la Celdas de Flotación KYF-300.

Tabla 3.

Causas de falla en las Celdas de Flotación KYF-300

Tipo de Defecto	Frecuencia	% Acumulado	Total Acumulado
Maquinaria	99	61%	99
Mano de Obra	35	83%	134
Materiales	13	91%	147
Método	8	96%	155
Medición	6	100%	161

Fuente: Departamento de mantenimiento

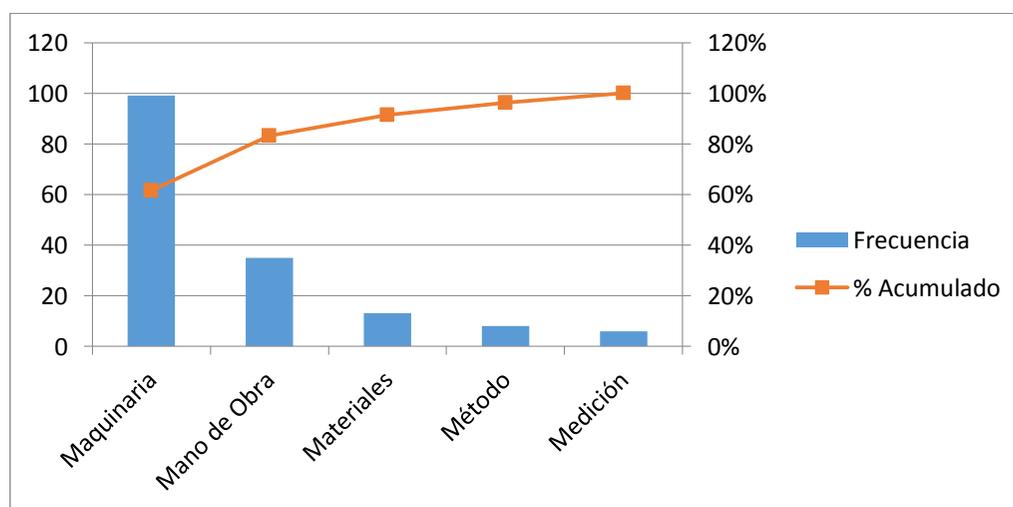


Figura 2. Diagrama de Pareto de las causas más probables que originan las fallas en las Celdas de Flotación KYF-300

Fuente: Elaboración Propia

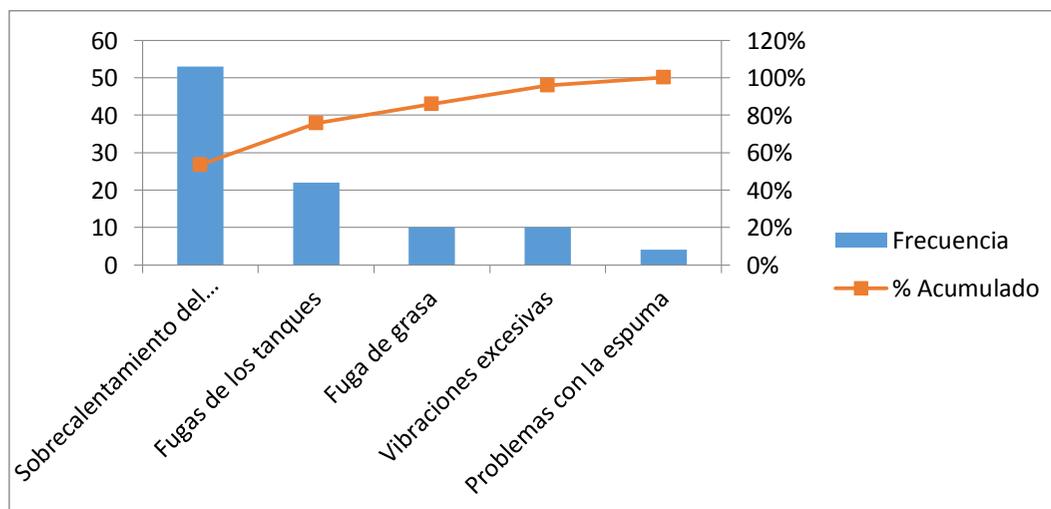
Según el análisis realizado se constata que el 61 % de las fallas se deben a problemas en la maquinaria de la Celdas de Flotación KYF-300 y junto a las fallas por parte de los operarios suman 83% lo que nos indican según nuestro Pareto que si se le da prioridad a este tipo de fallas los problemas de las paradas no programadas se solucionarían en un 20%. Sin embargo, las principales causas que producen estas fallas en la maquinaria son las siguientes:

Tabla 4.

Causas de fallas mecánicas en las Celdas de Flotación KYF-300

Tipo de Defecto	Frecuencia	% Acumulado	Total Acumulado
Sobrecalentamiento del motor	53	54%	53
Fugas de los tanques	22	76%	75
Fuga de grasa	10	86%	85
Vibraciones excesivas	10	96%	95
Problemas con la espuma	4	100%	99

Fuente: Departamento de mantenimiento

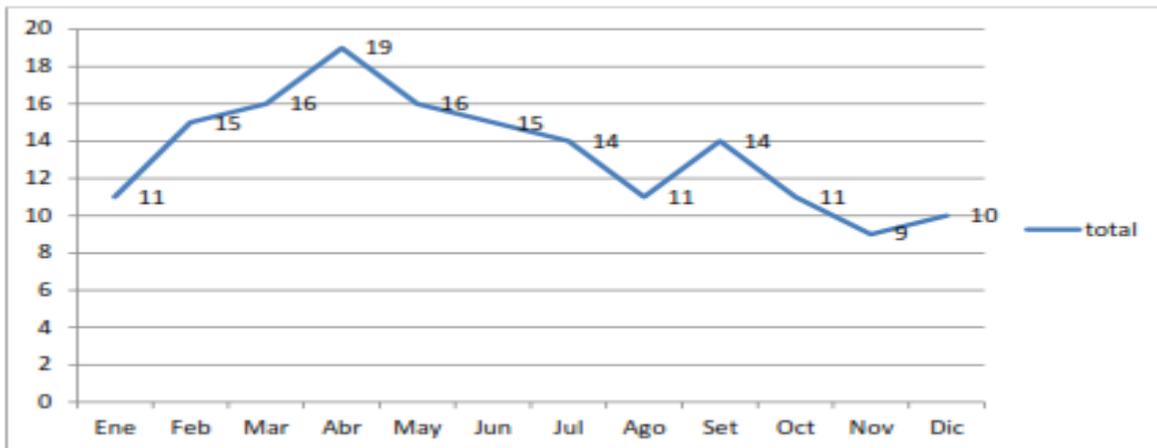


Fuente: Elaboración Propia

Figura 3. Diagrama de Pareto de las causas más probables que originan las fallas mecánicas en la Celdas de Flotación KYF-300

6.2.3. Impacto económico de las paradas del equipo de flotación de celdas

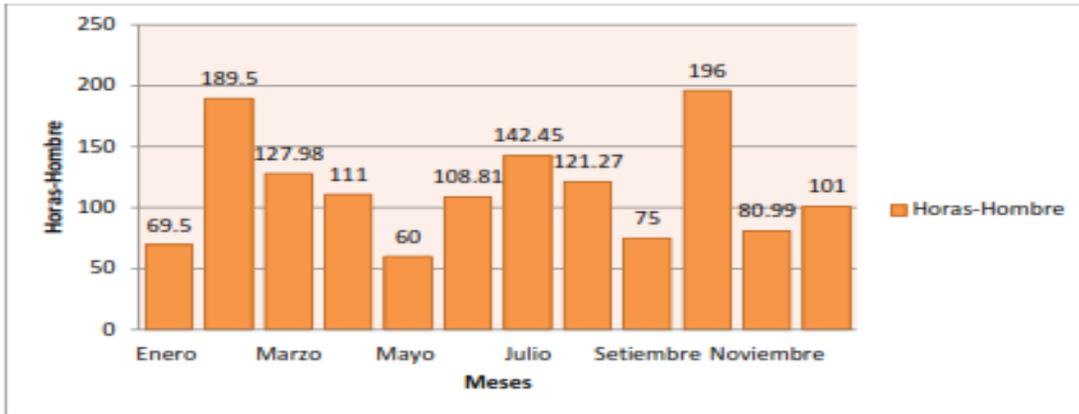
Como podemos apreciar en la figura el equipo de flotación de celdas durante el periodo del año 2015, la cantidad de paradas del equipo varían mes a mes, durante dicho periodo se puede visualizar que el mes con mayor cantidad de paradas se presentó en el mes de abril con un total de 19 paradas de las 161 paradas que se dieron en el año 2015.



Fuente: Departamento de Mantenimiento

Figura 4. Cantidad de paradas del equipo de flotación de celdas en el periodo 2015

A continuación, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de horas-hombre requeridas para realizar los respectivos correctivos ante fallas presentadas en el equipo de flotación de celda.



Fuente: Departamento de Mantenimiento

Figura 5. Cantidad de horas-hombre requeridas para el mantenimiento correctivo en el periodo 2015

En la gráfica podemos apreciar la cantidad de horas-hombre tiene una gran variación mes a mes, esto debe a que los equipos han presentado fallas considerables ocasionando que el tiempo del correctivo se prolongue.

Para cuantificarlo en términos monetarios, se considera a la mano de obra directa (4 personas) y su respectivo costo por hora de cada operario (8 soles/hora).

Tabla 5.

Costo hora-hombre por parada de equipo de flotación de celda

Mes	hora-hombre	Costo(S/.)
Enero	69.5	2224
Febrero	189.5	6064
Marzo	127.98	4095.36
Abril	111	3552
Mayo	60	1920
Junio	108.81	3481.92
Julio	142.45	4558.4
Agosto	121.27	3880.64
Setiembre	75	2400
Octubre	196	6272
Noviembre	80.99	2591.68
Diciembre	101	3232

TOTAL	44272
--------------	--------------

Fuente: Departamento de Mantenimiento

CAPÍTULO 7. DISCUSIÓN

Después de analizada la situación presentada en el departamento de mantenimiento con la ayuda de la aplicación del instrumento de recolección de datos, se denota que la ausencia de una buena data de información, por parte de dicho departamento afecta notablemente al área de estudio de la empresa debido a que por no manejar historiales diarias de las fallas de las máquinas y no tener a la mano la información acerca del seguimiento de las mismas en cuanto a frecuencia de inspecciones, lubricación, cambio de piezas, reajustes realizados y otros, hace que se indague la mejor manera de lograr el desempeño de la misma de lograr un alto grado de compromiso en la confiabilidad de la maquina durante el proceso productivo.

La concepción teórica de la propuesta está apoyada en la opinión expuesta por diversos autores consultados, con respecto a diseñar un plan de mantenimiento, que permita a la empresa la gestión del mantenimiento preventivo para disminuir los tiempos de paradas de máquina en el área de flotación de celdas, con respecto al proceso productivo, productividad, maquinaria, fallas, paradas no programables, entre otros contenidos relacionados con el tema. Destacándose principalmente los contenidos referentes al uso eficiente y confiable de controles que ayuden a obtener información veraz acerca de la maquinaria involucrada en ésta área.

De lo anteriormente dicho, los controles a lo cual se hace alocución es a la incorporación y uso adecuado de formatos básicos para poder recabar toda la información concerniente a las especificaciones del equipo de flotación de celdas.

En este sentido, la incorporación de formatos básicos servirá como base para recoger toda la información, procesarla, evaluarla y controlarla para así vaciar la misma y utilizarla en la gestión de mantenimiento de una forma bien detallada y clara.

Solución propuesta

El estudio realizado, trajo como resultado diseñar un plan de mantenimiento en el área de flotación de celdas, basadas en las debilidades encontradas en el proceso de mantenimiento de la máquina.

Objetivos de la propuesta

Objetivos Generales

Disminuir los tiempos de paradas de máquina en el área de Flotación de Celda

Objetivos Específicos

- Incrementar la operatividad en la máquina de flotación de celda, a través del uso efectivo de formatos básicos, que permita fomentar la capacidad del personal de mantenimiento en el uso de los mismos.
- Establecer las instrucciones técnicas propias de mantenimiento preventivo planificado para el área de flotación de celdas
- Capacitar al personal del área de flotación de celda y mantenimiento sobre rutinas de mantenimiento preventivo.

Desarrollo de la propuesta

Al realizar la propuesta lo que se persigue es lograr un mejor control y manejo de las máquinas dentro de la empresa que permita un mayor rendimiento y que satisfaga las necesidades de la empresa con respecto a sus producto final de una manera óptima, con el propósito de aumentar la confiabilidad de los clientes en la organización y por ende la competitividad en el mercado. Por lo tanto, la propuesta que se presenta a continuación ha sido diseñada para solventar la problemática detectada en la empresa, a través de la puesta en práctica del diseño de un programa de mantenimiento preventivo que facilite la gestión en el área de estudio.

Dicha propuesta se divide en tres (3) fases: la primera fase incrementar la operatividad en las máquinas, a través del uso efectivo de formatos básicos, que permita fomentar la capacidad del personal de mantenimiento en el uso de los mismos la misma que permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 5 (falta de stock de repuestos) y Cr 7 (No existen registros de mantenimiento); la segunda fase establecer las instrucciones técnicas propias de mantenimiento preventivo planificado para el área de flotación de celdas en la empresa permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 1 (Falta de orden y limpieza) y Cr 3 (Falta de mantenimiento preventivo); y la tercera fase capacitar al personal del área de flotación de celdas y mantenimiento sobre rutinas de mantenimiento preventivo permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 4 (No existe cronograma de capacitación) y Cr 9 (Falta de capacitación).

Fase I. Incrementar la operatividad en las máquinas, a través del uso efectivo de formatos básicos, que permita fomentar la capacidad del personal de mantenimiento en el uso de los mismos, permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 5 (falta de stock de repuestos) y Cr 7 (No existen registros de mantenimiento)

En esta fase se consideró pertinente para el estudio realizar formatos básicos que logren la mayor operatividad de la máquina, a través del uso efectivo de los mismos. La

estrategia está enfocada hacia la elaboración y utilización de formatos básicos los cuales contemplan toda la información detallada acerca de los objetivos del mantenimiento.

A continuación, se muestran los siguientes formatos:

Planilla de Registro: Esta planilla da a conocer una descripción detallada de la máquina, su objetivo es el de registrar la información necesaria para el conocimiento de la máquina sujeta a acciones de mantenimiento. Dicha información generalmente consta de: descripción de la máquina, código asignado a la máquina, así como sus características y especificaciones técnicas (marca, largo, ancho, capacidad, alto, datos sobre el fabricante, distribuidor y proveedor); funcionamiento dentro del proceso (localización, vida útil y fecha de arranque), subsistema y la desagregación de cada subsistema del equipo hasta el nivel de elementos para facilitar su ubicación en caso de fallas, características e instrucciones técnicas constituido por mantenimiento rutinario, mantenimiento programado.

Nomenclatura a utilizar:

M: acción de mantenimiento mecánico.

L: acción de lubricación.

E: acción de tipo eléctrico.

I: acción de instrumentación.

G: acción de tipo general.

PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO				
PLANILLA DE REGISTRO				
EQUIPO:			CÓDIGO:	
CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES				
Marca	Largo	Ancho	Capacidad	Alto
FUNCIONAMIENTO DENTRO DEL PROCESO:				
Subsistema		Desagregación Componente		Característica

INSTRUCCIONES TÉCNICAS					
Mant. Rutinario	M:	L:	E:	I:	G:
Mant. Programado	M:	L:	E:	I:	G:

Figura 6. Formato de Registro del equipo de flotación de celdas

Índice de Instrucciones Técnicas: Está constituido por la lista de acciones de mantenimiento a ejecutar sobre la máquina, la codificación o numeración secuencial para cada instrucción y para cada tipo de actividad, la descripción generalizada de la actividad a realizar, el tipo y cantidad de personal involucrado en la ejecución, la frecuencia con que debe realizarse la acción y el tiempo necesario para realizar la actividad. Una instrucción técnica puede ser utilizada en más de un elemento o en más de un subsistema, por lo que es recomendable crear paralelamente un índice de instrucciones para cada tipo de actividad de mantenimiento. Se elaboran para ejecutar el programa de mantenimiento rutinario propuesto y el programa para realizar el mantenimiento programado, además del personal utilizado, la frecuencia (diaria, semanal) y el tiempo necesario para la ejecución de cada instrucción técnica específica. Se toman en base a los datos obtenidos de los manuales y de la información suministrada por las personas encargadas de esta labor en la empresa.

Nomenclatura a utilizar:

M: significa realizar una acción de mantenimiento mecánico.

L: significa realizar una acción de lubricación.

E: significa realizar una acción de tipo eléctrico.

I: significa realizar una acción de instrumentación.

G: significa realizar una acción de tipo general.

I: Instrumentación
G: Acción de Tipo General

Fase II. Establecer las instrucciones técnicas propias de mantenimiento preventivo planificado para el área de flotación de celdas permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 1 (Falta de orden y limpieza) y Cr 3 (Falta de mantenimiento preventivo)

Al establecer las instrucciones técnicas propias de mantenimiento preventivo planificado para el departamento de producción en la empresa, el procedimiento de mantenimiento requerido será realizado siguiendo una serie de pasos, de vital importancia para el correcto funcionamiento de este tipo de equipo de flotación de celdas. La importancia de establecer éstas instrucciones técnicas es la prolongación de la vida útil de la máquina en mención y el logro del funcionamiento adecuado de las mismas, por lo que se desglosa la rutina de mantenimiento en cuatro aspectos generales para su funcionamiento dentro del área de estudio; su aplicabilidad es determinada por las características específicas del equipo. Estos pasos son:

Inspección de las condiciones ambientales en las que se encuentra la máquina.
Inspección eléctrica. Inspección mecánica. Inspección hidráulica. Inspección electrónica.

Inspección de las Condiciones Ambientales en las que se encuentra la Máquina de flotación de celdas

Observar las condiciones del ambiente en las que se encuentra sometida el equipo, ya sea en funcionamiento o en reposo. Los aspectos que se recomiendan evaluar son: humedad, exposición a vibraciones mecánicas, presencia de polvo, seguridad de la instalación y temperatura. Cualquier anomalía o no cumplimiento de estas condiciones con lo establecido, debe ser notificado como observación en la rutina o inmediatamente, dependiendo de la situación, y siguiendo el procedimiento especificado por el jefe del departamento de mantenimiento.

Humedad: La humedad del ambiente en el que trabaja la máquina, no debe ser mayor a la que especifica el fabricante. Si no se cuenta con esta información, o con los medios adecuados de medición, se puede evaluar por sus efectos, por ejemplo, oxidación del equipo. Este aspecto está relacionado con la inspección visual.

Vibraciones mecánicas: Las vibraciones mecánicas pueden ser causa de falta de calibración mecánica, electrónica o inconvenientes con algún componente interno de la máquina, en los puntos donde se observa mayormente este problema es en los que necesitan determinada precisión en los procedimientos que realizan. Ejemplo mangueras, motores, etc.

Polvo: Tanto las máquinas electrónicas, como las eléctricas y mecánicas, se ven afectados en su funcionamiento y en la duración de su vida útil, por la presencia de polvo en su sistema. Se debe revisar que no haya una presencia excesiva de polvo en el ambiente, visualizando los alrededores de la máquina, en la máquina misma, o la existencia de zonas cercanas donde se esté generando el mismo.

Seguridad de la instalación: Una instalación de un equipo inseguro en la máquina, ofrece un peligro potencial tanto para la máquina misma, como para las personas ya sean operadores, supervisores etc. Se tiene que revisar que la instalación de la máquina ofrezca seguridad, sea adecuada, que no permita la producción de cortocircuitos o falsos contactos por movimientos mecánicos normales. Esto implica revisar el tomacorriente, cables, tableros y protecciones.

Temperatura: La temperatura excesiva pueden dañar o afectar el funcionamiento de ciertos componentes de la máquina, además de alterar las características de ciertos compuestos químicos presentes en aceites, grasas, lubricantes, etc. Se tiene que verificar cuál es la temperatura permitida por el fabricante.

Inspección Eléctrica.

Los fallos o anomalías de funcionamiento de estas instalaciones son un factor importante en el trabajo de las máquinas también pueden producir descargas eléctricas peligrosas. Para proteger la integridad física de las personas y la propiedad, las empresas tienen que valorar sus riesgos eléctricos, analizar las condiciones físicas de sus instalaciones eléctricas y abordar sin demoras cualquier situación potencialmente peligrosa mediante un programa de mantenimiento eficaz, realizando comprobaciones, inspecciones y remplazando ciertos componentes deteriorados o dañados es que se puede disminuir o eliminar los riesgos humanos y paradas de máquina. Dentro de la rutina podemos apreciar las siguientes comprobaciones:

- ✓ Comprobar el funcionamiento de todos los finales de carrera.
- ✓ Comprobar los cables de las resistencias desde la regleta de conexión hasta la de distribución.
- ✓ Comprobar protecciones de las cuñas termométricas.
- ✓ Comprobar todas las luces del armario de control.
- ✓ Comprobar las luces de los pulsadores luminosos de "marcha" y de "paro" del armario de control.
- ✓ Comprobar el transformador, verificando que no haya terminales flojos.
- ✓ Comprobar todos los movimientos de la maquina en manual, semiautomático y automático.
- ✓ Comprobar los equipos opcionales instalados.

Inspección Mecánica.

Comprobar los cojinetes, tornillos de fijación, si es necesario apretarlos.

- ✓ Comprobar que no haya pérdidas de material.
- ✓ Comprobar todos los tubos y conexiones de agua.

Inspección Hidráulica

- ✓ Verificar el nivel de aceite hidráulico. Cambiarlo cada 6000 horas como máximo.
- ✓ Sustituirlo rápidamente si cambia de color y se comprueba que es debido a que contiene agua.
- ✓ Desmontar las tapas del depósito de aceite que están debajo de la bomba y sacar los filtros de aspiración. Limpiar cuidadosamente con gasolina y volverlos a montar.
- ✓ Comprobar los manómetros de presión de aceite,
- ✓ Verificar las válvulas de seguridad

Inspecciones Electrónicas

Las inspecciones electrónicas son netamente inspecciones y limpieza de las tarjetas de circuitos integrados que controlan el proceso en la máquina de flotación de celdas, la manipulación y la limpieza de este tipo de tarjetas es muy delicada. Tanto para removerlas como para colocarlas se necesita un tratamiento específico. Las tarjetas se encuentran ubicadas en unos estantes también llamados cajas de control.

Para facilitar el traslado y la instalación de las tarjetas de circuitos integrados se ha proporcionado una herramienta que supera la resistencia de fricción que se plantea en estas operaciones. Las instrucciones harán su trabajo más fácil y contribuirán a asegurar un contacto eléctrico completo entre los conectores.

Para retirar la herramienta desde su posición de almacenamiento, debe desenroscar las tuercas y pernos. Remueva la herramienta del lugar de instalación.

Frecuencia del Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP)

La decisión de crear un programa de mantenimiento preventivo es de suma importancia para el bienestar de la empresa y de la vida útil del equipo de flotación de celdas.

Las rutinas con frecuencia demasiado altas podrían: Llevar al decremento de la vida útil de las maquinas. No ser efectivas económicamente.

Las rutinas con frecuencia demasiado baja, podrían afectar: La confiabilidad del equipo. La productibilidad de la misma. La seguridad que ésta brinda al operador.

Un equipo de flotación de celdas debe estar sujeta a inspecciones, mantenimiento o verificación de su funcionamiento, solo si existe una buena razón que la sustente. Entre estas están: Reducción del riesgo de dañar al operador o piezas que ésta produzca. Minimizar el tiempo fuera de funcionamiento. Evitar reparaciones excesivamente costosas al proveer mantenimiento a intervalos periódicos. Producir un ahorro al prolongar la vida útil del equipo, de modo que el gasto en mantenimiento durante su vida útil sea menor que la adquisición de una nueva. Corregir problemas de operación menores, antes que ellos resulten en fallas mayores del sistema o resultados imprecisos. Cumplir con códigos, estándares, y regulaciones, o las recomendaciones rigurosas de los fabricantes y entes gubernamentales.

Instructivo de uso del Formato para Rutina de Mantenimiento Preventivo Planificado

El cuidado para llenar el formato de cada rutina es muy importante, pues así no se descuidan los detalles que hacen al mantenimiento preventivo planificado más efectivo. Por esta razón se ha estimado conveniente describir cada una de las partes que constituyen el formato de las rutinas:

Cada parte del formato debe ser completado por el personal encargado de ejecutar la rutina. Las partes que componen el formato son:

Encabezado: Se utiliza para identificar los datos básicos de la máquina, así como también el personal que realizará el proceso, tales como: nombre de la empresa, marca de la máquina, modelo, N° asignado, tiempo de ejecución, tiempo estimado, fecha, nombre del técnico.

Registro de pasos de rutina: Este contiene frecuencia con que se ejecuta la rutina, pasos de la rutina de MPP, casillas, que deben ser marcadas con una X, cada vez que se ejecuta un paso de la rutina. Cada paso contiene varias casillas, es decir que cada formato está diseñado para utilizarse varias veces (generalmente un año).

Registro de datos: Se deberá detallar la siguiente información, fecha de realización, código del técnico, firma del técnico, tiempo de ejecución, el cual comprende desde el momento en que se inicia la ejecución de la rutina, hasta que se termina de ejecutar la misma. Para efectos de programación, se deben considerar también los tiempos de preparación de material, herramienta y repuestos necesarios para la ejecución de la rutina.

Material: Cada rutina tiene incorporado una lista de materiales gastables, repuestos, herramientas y equipos mínimos que un técnico necesita para realizarla. Esto no limita que para casos especiales no se necesiten otros materiales.

Nota: Los materiales deberán estar presentes en el almacén de la empresa para ser utilizados siempre que sean necesarios, la empresa debe disponer de dichos materiales y herramientas.

Observaciones: Todas las rutinas incluyen un espacio para que cada vez que sea ejecutada, se anoten las observaciones pertinentes sobre el estado y funcionamiento de la máquina. Observaciones pertinentes, podrían ser la no realización de algún paso de la rutina, la causa de esto y alguna falla no reparada, alguna falla repetida en la máquina, etc.

A continuación, se detallan las instrucciones técnicas propias para aplicar rutinas de mantenimiento preventivo planificado para el departamento de producción en el área de flotación de celdas.

Instructivo de uso del Formato Semanal para	CHINALCO – PERU
--	------------------------

Rutina de Mantenimiento Preventivo Planificado							
EQUIPO:	Flotación de Celdas	FECHA:					
MARCA:							
MODELO:		Nombre del Técnico:					
Nº ASIGNADO:							
Tiempo de Ejecución:		Firma:					
Tiempo Estimado:	1 hora						
1000 hrs trabajo Semanal		1	2	3	4	5	6
Inspección de las condiciones ambientales							
Comprobar sistemas de seguridad							
Comprobar cables de las resistencias							
Verificar temperatura del aceite hidráulico							
Comprobar niveles de aceite hidráulico							
Comprobar niveles de aceite de engrase							
Comprobar niveles de aceite de lubricación							
Revisar fugas sistema hidráulico							
Limpieza de las bandejas de aceite							
Limpieza general de la máquina							

Figura 8. Formato para rutina de mantenimiento preventivo planificado

Proceso de Utilización de Rutinas de MPP.

Chequear formatos anteriores: Inventario de máquinas, planilla de registros, índice de instrucciones técnicas. Buscar la hoja para ejecutar la rutina correspondiente. Preparar el material, las herramientas, el equipo y los repuestos necesarios para ejecutar la rutina. Dirigirse hacia el lugar donde se encuentra la máquina. Llenar el encabezado del formato. Hablar con el operador para detectar fallas en el funcionamiento de la máquina (Ejecutar una prueba de funcionamiento junto con el operador, si es posible). Ejecutar paso por paso la rutina indicada en el formato, señalando con una X después de ejecutar cada paso (no olvide leer las recomendaciones al pie de página del formato). NOTA: si existe algo inusual o que merezca anotarse, registrarlo en el espacio para observaciones o al reverso de la hoja si es necesario. Si el problema indicado por el operador no ha sido corregido, anotar en observaciones para que el jefe de mantenimiento pueda programar una visita para brindar el mantenimiento correctivo.

Regresar la hoja al departamento de mantenimiento para la firma de aceptación. Recuerde que cada formato está diseñado para usarse varias veces. Por ejemplo, si la frecuencia de

la rutina es semestral, la primera ejecución se señala bajo el número uno, la segunda bajo el número 2 y así sucesivamente.

Nótese que para que estos pasos puedan darse, la rutina debe haber sido previamente programada.

Fase III. Capacitar al personal del área de flotación de celdas y mantenimiento sobre rutinas de mantenimiento preventivo permitirá contrarrestar las causas raíces Cr 4 (No existe cronograma de capacitación) y Cr 9 (Falta de capacitación).

Las empresas con una visión amplia y clara del significado de mantenimiento y la seguridad entienden que un plan de mantenimiento preventivo efectivo, se consigue con el apoyo y acoplamiento del factor humano: Esto debe ser motivado y encaminado a sentir la verdadera necesidad de crear un ambiente de trabajo utilizando las herramientas educativas mediante cursos, talleres, practicas con folletos e instrumentos audiovisuales.

Esto con el fin de adiestrar al personal en cuanto a la realización del mantenimiento preventivo propuesto para el equipo de flotación de celdas, facilitándole un taller de inducción donde se resaltarán aspectos básicos relacionados con el funcionamiento de esta máquina. Para ello se contará con una persona que, por su experiencia, nivel de conocimiento, destrezas y formación como instructor, reúna las características ideales para facilitar el taller.

A continuación, en el cuadro, se describe el taller y su contenido programático.

Tabla 6.

Contenido Programático del Taller

Objetivos Específicos	Contenido	Estrategias Metodológicas	Recursos	Evaluación	Tiempo de Duración
-----------------------	-----------	---------------------------	----------	------------	--------------------

<p>Proponer un plan de Mantenimiento preventivo para los equipos del área de flotación de celdas</p>	<p>Transmitir conocimientos sobre partes y piezas del equipo de flotación de celdas</p> <p>Desarrollar parte teórica en la realización del mantenimiento</p> <p>Desarrollar parte practica en la realización del mantenimiento preventivo</p>	<p>Presentación de facilitadores</p> <p>Presentación del contenido del taller</p> <p>Aplicación de dinámica introductoria</p> <p>Ejecución del taller</p> <p>Aplicación técnica</p> <p>Dinámica de cierre</p>	<p>-Humanos</p> <p>-Facilitadores del área de flotación de celda y mantenimiento</p> <p>-Coordinador de Logística</p> <p>-Materiales: Video</p> <p>-Hojas blancas, lápices.</p> <p>-Herramientas mecánicas</p> <p>-Piezas de la máquina</p>	<p>Asistencia Participación Ejecución de actividades técnicas</p>	<p>Ocho (8) horas durante dos (2) semanas</p>
--	---	---	---	---	---

Indicadores para la propuesta de mejora

De forma general, se deben evaluar dos aspectos del mantenimiento. Primero, se evalúan las mejoras en la fiabilidad y conservación del equipo y se comprueba cómo ayudan a elevar la eficacia de la planta y la calidad del producto. En segundo lugar, se evalúa la eficiencia del trabajo de mantenimiento. En las industrias de proceso, es importante sistematizar y acelerar el mantenimiento con parada y lograr un arranque suave y rápido eliminando los problemas de éste. Para valorar la eficacia en la utilización del presupuesto de mantenimiento, se analiza si el trabajo se está realizando mediante la utilización de los mejores y más económicos métodos.

Tabla 7.

Indicadores propuestos para evaluar la propuesta de mejora

INDICADOR	FORMULA	OBJETIVO	INTERVALO	OBSERVACIONES
Frecuencia de fallos	Número total fallos/tiempo de carga	Menos del 5%	Mensual	Referidos a las paradas de 10 minutos o mas
Tasa de gravedad de fallos	Tiempo total de paradas debido a fallos/ tiempo de carga	0.15% o menos	Mensual	Mantener el número total de paradas dentro de 1h/ mes
Costos de paradas debido a fallos	Tiempo de paradas * costo por unidad de tiempo	Disminuir	Anual	Perdida, costos de energía y costos de horas perdidas del personal
Número de pequeñas paradas y tiempos muertos	Tendencia en el número de pequeñas paradas y tiempos muertos	0	Mensual	Referido al número de pequeñas paradas y tiempos muertos de menos de 10 minutos
MTTR	Tiempo total de parada / Número de paradas	De acuerdo con metas anuales	Mensual	Tiempo medio de reparaciones
Reducción en el número de paradas para mantenimiento (SMD).	SMD previo/ SMD actual	De acuerdo con metas anuales	Anual	La meta es ampliar el número de días de producción continua.
Tasa de costos de mantenimiento	Costo total de mantenimiento/ Costo total de producción	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Indica la proporción de los costos de mantenimiento sobre el costo total
Tasa de reducción de costos de mantenimiento.	Tendencia en la reducción en los costos de mantenimiento.	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.
Costos de reparación de fallos inesperados	Tendencia en los costos de reparación de fallas inesperados	De acuerdo con metas anuales	Semestral	Comparación con la situación anterior a la introducción de TPM.

Evaluación Económico Financiera

Análisis de Factibilidad

Tomando en cuenta que proponer un plan de mantenimiento preventivo permite a la empresa elevar los niveles de productividad requiere tanto de una inversión monetaria para generar beneficios cualitativos para la empresa. Así, la puesta en práctica de esta propuesta, le permitirá a la empresa, en el área de producción, optimizar el proceso de máquina, garantizándole de esta manera una excelente gestión de mantenimiento, además de mejorar la productividad en menor tiempo dentro del área. Es decir, se utilizarán los recursos necesarios e indispensables en todo el trabajo de investigación, estos son los siguientes:

Recursos Humanos: Están conformados por todas aquellas personas que aportaran la información necesaria, poniendo de manifiesto los conocimientos y experiencias del personal que labora en el área de producción, resaltando la colaboración del supervisor del área, quien esclareció todas las interrogantes que les fueron hechas.

Recursos Materiales: Se contó con todos los instrumentos necesarios para la realización en todo el trabajo, como son: acceso a fotocopiadoras, bibliografía, tesis anteriores, supervisión de la empresa, entre otras.

Esta propuesta es factible, ya que la empresa cuenta con los recursos necesarios para ello. Esto se refiere a que tiene personal que puede ser capacitado en el área de mantenimiento que puede llevar un control periódico del mismo, pero que en la actualidad están representando marcadas debilidades en la efectividad de la producción y el incremento de paradas de máquina. Además, al aplicar esta propuesta, solamente se requiere una reestructuración en la manera de realizar la supervisión en forma continua.

Factibilidad Económica: La empresa cuenta con recursos económicos y humanos necesarios para la implementación de esta mejora la cual permitirá obtener beneficios que ayuden a la actividad laboral.

En lo que respecta a la factibilidad operativa el contenido de la mejora presenta información de fácil comprensión y se adecuará al sistema operativo de la empresa determinando así el conjunto de procedimientos antes descritos para un mejor desenvolvimiento de las operaciones, con relación a la factibilidad a operar la máquina técnicamente con el uso efectivo de formatos básicos, que permita fomentar la capacidad del personal de mantenimiento en el uso de los mismos con las instrucciones técnicas

propias de mantenimiento preventivo planificado y de la capacitación del personal del área de flotación de celdas y mantenimiento sobre rutinas de mantenimiento preventivo.

Por lo tanto, la propuesta es realizable pues la empresa está dispuesta a capacitar al personal que opera las máquinas apoyado en su respectivo mantenimiento preventivo.

De esta forma la propuesta se fundamenta en varias alternativas, basadas principalmente en lograr los objetivos con el apoyo, disposición y entrega tanto del personal de mantenimiento como los de producción, así como también la disposición de las máquinas, estructura física y proveedores.

Análisis Costo-Beneficio

El costo beneficio representa el análisis de los gastos a los cuales se deberá incurrir para poner en marcha la propuesta. Por lo tanto, se detalla la relación de la posible inyección económica que se necesita. A continuación, se presenta un cuadro que contiene los costos estimados de la propuesta, en donde se refleja los gastos en los que se incurrió durante el desarrollo de la misma.

En este punto se evalúa los costos que representa la ejecución del plan de mantenimiento, así mismo se realizará una comparación económica para poder obtener los beneficios de la propuesta de solución, para ello es necesario plasmar el cronograma de mantenimiento anual y calcular los costos del mismo.

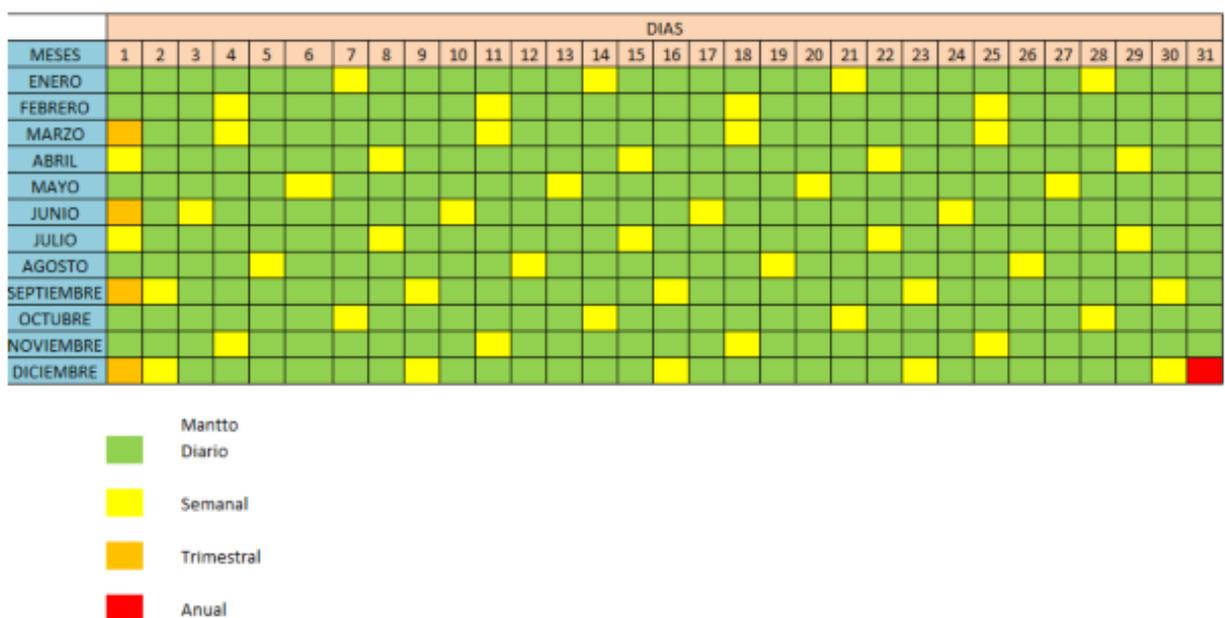


Figura 9: Cronograma de mantenimiento anual

Del cronograma anual es posible realizar un cálculo de los costos que involucra ejecutar las labores de mantenimiento anual en los últimos tres años, las que se presentan en forma global en la siguiente tabla:

Tabla 8: Costos de mantenimiento anual

Periodo	2013	2014	2015
Enero	6819	7007	6468
Febrero	7959	7133	7543
Marzo	6385	6089	7424
Abril	6432	8985	8333
Mayo	6520	6527	7422
Junio	7560	7234	7853
Julio	5983	6415	9853
Agosto	7093	7222	8753
Setiembre	7130	6652	7323
Octubre	8240	7245	6324
Noviembre	6302	6342	6313
Diciembre	6230	7646	6300
Anual S/.	84666	86511	91924
Promedio		S/.	87700

La propuesta de implementación del plan de mantenimiento presenta los siguientes costos Operativos:

Tabla 9: Costos Operativos

COSTOS OPERATIVOS			TOTAL
Descripción	Cantidad	Costo	
Profesional Ingeniero Industrial	1	S/.5,000.00	S/.5,000.00
Practicante Ingeniería Industrial	1	S/.1,200.00	S/.1,200.00
Bono trabajadores	7	S/.150.00	S/.1,050.00
TOTAL			S/.7,250.00

Además, para lograr con el objetivo del plan de mantenimiento es necesario realizar inversiones en la capacitación de personal técnico, herramientas adecuadas, instrumentos

de medición, etc. Así mismo, para llevar una mejor administración del plan de mantenimiento se evaluaría contar con la ayuda de un software que permita, como punto de partida ingresar datos iniciales y facilite la planificación de los preventivos. A continuación, mostraremos los costos de inversión que representa la ejecución del mantenimiento preventivo.

Tabla 10: Costos de Inversión

COSTOS DE INVERSIÓN			
DESCRIPCIÓN	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Herramientas de Poder	1	S/. 8,000.00	S/. 8,000.00
Calculadora de mano	2	S/. 55.00	S/. 110.00
Impresora multifuncional Epson	1	S/. 450.00	S/. 450.00
Laptop Lenovo Core i5 6GB RAM 1TB Disco Duro	1	S/. 1,800.00	S/. 1,800.00
Pizarra acrílica	2	S/. 85.00	S/. 170.00
Papel Bond (millar)	10	S/. 30.00	S/. 300.00
Tinta Impresión	12	S/. 30.00	S/. 360.00
Útiles de Escritorio	-	S/. 960.00	S/. 960.00
Archivadores	2	S/. 150.00	S/. 300.00
Software de mantenimiento			S/. 10,000.00
Compra de repuestos			S/. 15,000.00
Plan de capacitación	-	-	S/. 20,000.00
TOTAL			S/. 57,450.00

Al analizar los costos actuales con los costos de la propuesta en función a la causa raíz tenemos:

Tabla 11. Costos por Causa raíz

CAUSA RAIZ		COSTO ACTUAL	COSTO DE PROPUESTA	DIFERENCIA
CR	DESCRIPCIÓN			
CR3	Falta de Mantenimiento Preventivo	S/.26,200.00	S/.12,800.00	S/.13,400.00
CR1	Falta de Orden y Limpieza	S/.9,000.00	S/.4,570.00	S/.4,430.00
CR9	Falta de Capacitación al Personal	S/.21,000.00	S/.14,567.00	S/.6,433.00
CR7	No Existen Registros de Mantenimiento	S/.7,500.00	S/.4,500.00	S/.3,000.00

CR4	No Existe Cronograma de Capacitación	S/.6,000.00	S/.2,670.00	S/.3,330.00
CR5	Falta de Manejo de Stock de Repuestos	S/.18,000.00	S/.9,093.00	S/.8,907.00
TOTAL		S/.87,700.00	S/.48,200.00	S/.39,500.00

Como apreciamos se obtiene un ahorro anual de S/. 39,500.00 Con el nuevo plan de mantenimiento genera beneficios a la empresa, ya que se con el plan se logra reducir horas de trabajo por tiempo de espera de repuestos, asimismo las intervenciones de los equipos son planificadas de acuerdo los datos obtenidos durante los mantenimientos diarios, semanales, etc.

Obtenidos los costos de inversión se procede a realizar el cálculo del valor actual neto (VAN) y la tasa de retorno (TIR), para evaluar si la inversión realizada es factible, para lo cual analizamos el estado de resultados y el flujo de caja proyectados:

Tabla 12. Estado de Resultados proyectado

ESTADO DE RESULTADOS PROYECTADO

AÑO	0	1	2	3	4	5
Ingresos		S/.39,500.0	S/.39,500.0	S/.39,500.0	S/.39,500.0	S/.39,500.0
Costos Operativos		S/.7,250.0	S/.7,250.0	S/.7,250.0	S/.7,250.0	S/.7,250.0
Depreciación de activos		S/.436.8	S/.436.8	S/.436.8	S/.436.8	S/.436.8
GAV		S/.1,450.0	S/.1,450.0	S/.1,450.0	S/.1,450.0	S/.1,450.0
Utilidad antes de impuestos		S/.30,363.3	S/.30,363.3	S/.30,363.3	S/.30,363.3	S/.30,363.3
Impuestos		S/.8,501.7	S/.8,501.7	S/.8,501.7	S/.8,501.7	S/.8,501.7
Utilidad después de impuestos		S/.21,861.5	S/.21,861.5	S/.21,861.5	S/.21,861.5	S/.21,861.5

Tabla 13. Flujo de Caja proyectado

FLUJO DE CAJA PROYECTADO

AÑO	0	1	2	3	4	5
Utilidad antes de impuestos		21,861.50	21,861.50	21,861.5	21,861.5	21,861.5
Depreciación de activos		436.80	436.80	436.80	436.80	436.80
Inversión	57,450.00					
Flujo Neto Efectivo	57,450.00	22,298.30	22,298.30	22,298.30	22,298.30	22,298.30

Calculando VAN:

Io: inversión= S/. 57,450.00

i: Tasa de descuento 15%

Periodo de 5 años

$VAN = 57,450.00 ((1+0.15))^{-1} + ((1+0.15))^{-2} + ((1+0.15))^{-3} + ((1+0.15))^{-4} + ((1+0.15))^{-5}$

VAN= S/.17,297.33

$TIR = 57,450.00 ((1+i))^{-1} + ((1+i))^{-2} + ((1+i))^{-3} + ((1+i))^{-4} + ((1+i))^{-5} - 57450 = 0$

TIR: 27.12%

De los cálculos obtenidos podemos observar que la inversión que se realizará para la implementación del plan de mantenimiento es factible en el tiempo, en vista que el VAN se encuentra positivo y la TIR presenta un adecuado valor porcentual.

Retorno de la Inversión:

El retorno de la inversión se dará en 3 años, y 10 meses, la cual se ha obtenido aplicando la siguiente relación:

$Inversión\ Anual/Beneficio\ Anual = 132410/57662 = 3\ años,\ y\ 10\ meses$

Costo Beneficio

Del análisis Costo-Beneficio se ha obtenido una relación de 2.30, lo que significa que de cada Sol invertido, la empresa gana S/. 1.30.

CONCLUSIONES

- a. Como objetivo general se propone un plan de mantenimiento preventivo, con el fin de optimizar el desempeño operativo de la maquinaria durante el proceso productivo, y así tratar de disminuir la frecuencia de mantenimientos correctivos, por lo que se ha diseñado la propuesta de implementación del mantenimiento preventivo en las celdas de flotación KYF -300 la que incrementará la productividad en la planta procesadora de cobre de minera Chinalco – Perú.
- b. Al diagnosticar la situación actual con respecto al mantenimiento preventivo del equipo del área de flotación de celdas en la empresa se puede concluir que las máquinas funcionan de una manera deficiente debido a las constantes paradas no programadas, y no se realiza un mantenimiento preventivo periódico por la falta de un plan de mantenimiento. Además, en el área de flotación de celdas en las máquinas continuamente ocurren paradas imprevistas que detienen el desarrollo de su proceso continuo, ya que frecuentemente éstas presentan fugas, variaciones de la temperatura, y ruidos de piezas que chocan, lo que origina pérdidas en el tiempo de producción y por ende aumento de la jornada laboral, baja eficiencia y retraso e incumplimiento en la entrega del producto a los clientes.
- c. Se determinó las causas que originan las fallas de paradas en las máquinas del área de flotación de celdas en la empresa siendo las más relevantes las que se producen en las máquinas, los métodos, la mano de obra, materiales, el medio ambiente, entre otros. En la maquinaria se observó que se presentan fallas constantes, producto de la falta de mantenimiento, capacitación y adiestramiento del personal, que, a la hora de reparar, calibrar y ajustar las máquinas, no realizan este proceso adecuadamente para llevarlas a las condiciones de trabajo que se requiere.

En el área de estudio se observó también que no cuenta con un método o plan para ejecutar los procedimientos que permita conocer de forma clara y precisa, como se pueden desarrollar las actividades; originando pérdidas, de tiempo y un mal control al asignar a los operadores respectivos. Con respecto a la mano de obra, el operador omite los pasos a seguir para lograr un ajuste óptimo de la eficiencia de las máquinas. Al operador, se le da una inducción mínima en cuanto a la operación a seguir y funcionamiento de las máquinas, generando fallas en la misma. La falta de adiestramiento genera fallas por parte del operador que desconoce el procedimiento a seguir. La falta de capacitación queda evidenciada, pues cuando se presentan desperfectos de fácil solución, el operador no logra manejarlos y el proceso tiene que

ser detenido, en la espera que llegue el operador con mayor experiencia de mantenimiento. Debido a la demora ocasionada en el proceso, el personal se agota, se cansa y se fatiga.

- d. Por medio del presente estudio y el empleo de técnicas de análisis, aplicadas al tema seleccionado y el cual reviste una problemática existente en una propuesta para diseñar un plan de mantenimiento preventivo para el del equipo de flotación de celdas la cual se ha llegado a la conclusión de que surge la necesidad de diseñar un plan de mantenimiento preventivo en el área de flotación de celdas, esto para aumentar la capacidad productiva tanto del área como para mejorar las condiciones del equipo existente dentro de la empresa, ayudando a minimizar costos en cuanto a reparaciones con proveedores externos y consumo de repuestos.
- e. Por otro lado, para evaluar la rentabilidad y viabilidad de un proyecto es necesario calcular el valor actual neto VAN y la tasa interna de retorno TIR. Con los resultados de estos indicadores se podrá determinar si es viable invertir recursos en el proyecto. Para nuestra investigación el ahorro que obtendremos a implementar un plan de mantenimiento preventivo es de S/. 2,9427 lo que nos genera un VAN de S/.6,023.78 y un TIR 13% lo que nos da un retorno de la inversión en 5 años.

RECOMENDACIONES

Dentro de esta investigación es importante sugerir una serie de recomendaciones a la empresa con la finalidad de considerar los aspectos que permitan mantener y mejorar la aplicación de mantenimiento en la empresa las cuales se especifican a continuación:

- a. Definir una política de mantenimiento.
- b. Mejorar la aplicación del mantenimiento preventivo de los equipos.
- c. Considerar la opción de ingresar a un asistente computarizado para que analice, procese toda la información referente a los equipos.
- d. Crear el departamento de mantenimiento de acuerdo a las necesidades del área en estudio.
- e. Elaborar formatos para el control de actividades efectuadas en el área.
- f. Establecer normas y procedimientos para la programación y ejecución del mantenimiento preventivo y correctivo ejecutado en las maquinas.

Bibliografía

- Abad, J. (2004) *Implementación de la metodología de mantenimiento preventivo total (MPT) para el manejo eficiente de un departamento de mantenimiento*. Guayaquil-Ecuador: Tesis Escuela Superior Politécnica de Guayaquil.
- Acuña R. (2009) *El Mantenimiento Productivo Total TPM y la importancia del recurso humano para su exitosa implementación* Tesis presentada en la Facultad de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana de Bogotá. Con la finalidad de optar el Título de Ingeniero Industrial. Disponible en:
<http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/Tesis262.pdf>
- Bain, D. (2003) *Productividad La solución a los problemas de la empresa*. México: McGraw Hill.
- COLCIENCIAS (2009) *Experiencias en evaluación de Ciencia, Tecnología e Innovación*. Disponible en: <http://www.colciencias.gov.co/sites/default/files/cartilla-colciencias-2016-u-depolitica.pdf>
- Costta, G y Guevara J. (2015) *Elaboración de un plan de mejora para el mantenimiento preventivo en los sistemas de aire acondicionado de la red de telefónica del Perú zonal norte, basado en la metodología Ishikawa – Pareto*. Tesis para optar el título de Ingeniero Electrónico en la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego de Trujillo.
- Dounce, E. (1998) *La productividad en el mantenimiento industrial*. México: CECSA.
- García, S. (2005) *Organización y gestión integral del mantenimiento*. México: Mc Graw Hill,
- García, T, Doria, Sotomayor, S. y Dávila, C. (2013) *Modelo de mejora de la competitividad basada en indicadores críticos de gestión en las pequeñas empresas de servicios de mantenimiento de equipos pesados*. Lima - Perú: Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2013
- Hernández, Fernández y Baptista (2006). *Metodología de la Investigación*. Editorial McGraw-Hill. México.
- Medina, J. (2009). *Modelo integral de productividad*. Bogotá: Universidad Sergio Arboleda.

- Mercado, E. (1997) *Productividad, base de la competitividad*. México: Limusa.
- Mercado, E. (1998) *Productividad, base de la Competitividad*. México: Limusa.
- Morrow. L.C. (1985) *Manual de mantenimiento industrial*. México: Cessa.
- Newbrouah. E y Ramaurd (1982). *Administración del mantenimiento Industrial*. México.
- Pacheco V. (2005) *Plan de mantenimiento preventivo para los procesos de trituración y molienda de la planta de beneficio María Dama: Frontino Gold Mines*. Tesis presentada en la Facultad de Ingenierías Físico – Mecánicas Universidad Industrial de Santander, de la Universidad de Santander. Disponible en:
<http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2005/116184.pdf>
- Prokopenko, J. (2010) *La gestión de la productividad*. México: Limusa.
- Reyes, L y Ocampo, J. (1996) *Ingeniería de Mantenimiento. Teoría y Problemas Resueltos*. Lima: Salvador Editores.
- Salas M. (2012) *Propuesta de mejora del programa de mantenimiento preventivo actual en las etapas de prehilado e hilado de una fábrica textil*. Proyecto de investigación en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Disponible en:
<http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/578614/2/Tesis+Mario+Salas+Maceda.pdf>
- Sánchez, A. (2012) *Elaboración de planes de mantenimiento preventivo para los equipos de las plantas de agregados*. Tesis presentada en la Universidad Simón Bolívar de Sartenejas-Venezuela. Disponible en: <http://159.90.80.55/tesis/000159229.pdf>
- Schroeder, R. (2002). *Administración de operaciones*. México: McGraw Hill Interamericana.
- Sumanth, D. (1999). *Administración para la productividad total*. México: Continental.
- Tavares, L. (2000) *Administración Moderna del Mantenimiento*. DATASTREAM. Brasil.
Disponible en Web: <http://www.datastream.net/English/Default.aspx>
- Torres, L. (2005) *Mantenimiento Implementación y Gestión*. Córdoba, Argentina: Universitas.

Valdes, J. (2009) *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo-predictivo aplicado a los equipos de la empresa Remaplast*. Tesis de grado para optar el título de Administrador Industrial en la Facultad de Ciencias Económicas de la Universidad de Cartagena de Indias. Disponible en: <http://190.242.62.234:8080/jspui/bitstream/11227/802/1/275-%20TTG%20-%20DISE%C3%91O%20DE%20UN%20PLAN%20DE%20MANTENIMIENTO%20PREVENTIVO-PREDICTIVO%20APLICADO%20A%20LOS%20EQUIPOS%20DE%20LA%20EMPRESA%20REMAPLAST.pdf>

Vargas, A. (1996) *Organización del mantenimiento industrial*. México: Editorial Series VZ.

Venegas, M (2001) *Productividad Total. Nueva ciencia en la administración. Teoría, práctica y casos exitosos*. México: Ediciones Castillo.

Witt, H. (1989) *Auditoría interna moderna*. México: Ecasa.