



UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE
Laureate International Universities

FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE
MANTENIMIENTO, APLICANDO TPM, PARA REDUCIR
COSTOS EN LA MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA**

TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR:
Bach. Walter Edmundo Catalán Cubas

ASESOR:
Ing. Rafael Castillo Cabrera

TRUJILLO – PERÚ
2018

DEDICATORIA

A Dios.

Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos.

A mis padres

Walter y Doriza por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi esposa y mi bebé.

Karina por su apoyo, ánimo que me brinda día a día para alcanzar mis metas profesionales y personales además a una personita muy especial, a nuestro hermoso bebé que está por nacer.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todos mis maestros ya que ellos me enseñaron a valorar los estudios y a superarme cada día, también agradezco a toda mi familia, hermanos y amigos porque ellos estuvieron en los días más difíciles de mi vida.

Estoy seguro que mis metas planteadas darán fruto en el futuro y por ende me debo esforzar cada día para ser mejor profesional sin olvidar el respeto que engrandece a la persona.

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

De conformidad y cumpliendo lo estipulado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada del Norte, para Optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial, pongo a vuestra consideración la presente Proyecto intitulado:

“PROPUESTA DE MEJORA EN EL ÁREA DE MANTENIMIENTO, APLICANDO TPM, PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA”

El presente proyecto ha sido desarrollado durante los meses de agosto a diciembre del año 2017, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

Bach. Walter Edmundo Catalán Cubas

LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

Asesor:

Ing. Rafael Luis Alberto Castillo Cabrera

Jurado 1:

Ing. Oscar Goicochea

Jurado 2:

Ing. Marcos Baca López

Jurado 3:

Ing. Miguel Rodríguez

RESUMEN

La presente tesis se llevó a cabo en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, debido a que actualmente tenía altos costos operacionales debido a una inadecuada gestión de mantenimiento mina en sus equipos y maquinarias que se emplean para las operaciones y procesos de explotación y extracción del mineral.

El presente trabajo ha sido elaborado con la finalidad de reducir los actuales costos operacionales de la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, para ello se ha planteado mejorar la situación actual del Área de Mantenimiento a través de una propuesta de mejora aplicando Mantenimiento Productivo Total (TPM). Para llevar a cabo esta propuesta de mejora, en primer lugar, se realizó el diagnóstico de la situación actual del proceso del Área de Mantenimiento Mina que los principales problemas que incrementan los costos operacionales son: tercerizan el mantenimiento correctivo, incumplen el plan de mantenimiento preventivo, la falta de un mantenimiento productivo Total (TPM), no hay repuestos por los equipos críticos, no hay vinculación con indicadores de producción y no existe una gestión por indicadores de KPI. Para el desarrollo de la propuesta de mejora se hizo el uso de la siguiente metodología y herramienta: TPM, que ayudará a mejorar la gestión de Mantenimiento.

Esta propuesta de mejora se logró reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8%. Para culminar, se realizó una evaluación económica financiera obteniéndose un VAN de S/. 26927.00 y un TIR de 49.1%, lo cual indica que el proyecto es RENTABLE.

ABSTRACT

This thesis was carried out in the TAHOE RESOURCES LA ARENA MINING UNIT, due to the fact that it currently had high operational costs due to an inadequate management of mine maintenance in its equipment and machinery used for operations and extraction processes of the mine. mineral. This work has been developed in order to reduce the current operational costs of the TAHOE RESOURCES LA ARENA MINING UNIT, for this purpose it has been proposed to improve the current situation of the Maintenance Area through a proposal for improvement by applying Total Productive Maintenance (TPM)). To carry out this improvement proposal, in the first place, the diagnosis of the current situation of the Mine Maintenance Area process was made, that the main problems that increase the operational costs are: tertizan the corrective maintenance, breach the preventive maintenance plan , the lack of a Total productive maintenance (TPM), there are no spare parts for critical equipment, there is no linkage with production indicators and there is no management by KPI indicators. For the development of the improvement proposal, the following methodology and tool was used: TPM, which will help improve maintenance management. This proposal for improvement was achieved by reducing plant shutdowns by 5%, an increase in standardized procedures through the implementation of BPM to 72% and a Total Productive Maintenance of the machinery, replacement by critical equipment and management by KPI indicators at 70.8% . To complete it, an economic financial evaluation was carried out, obtaining a NPV of S /. 26927.00 and an IRR of 49.1%, which indicates that the project is PROFITABLE.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis se ha elaborado en la empresa de procesamiento y comercialización de oro, el cual es obtenido mediante la explotación de sus yacimientos; UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, debido a que se identificaron problemas dado que tercerizan el mantenimiento correctivo, incumplen el plan de mantenimiento preventivo, la falta de un mantenimiento productivo Total (TPM), no hay repuestos por los equipos críticos, no hay vinculación con indicadores de producción y no existe una gestión por indicadores de KPI; y para dar solución a estos problemas se ha planteado mejorar el área de Mantenimiento a través de la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). De acuerdo a lo expuesto anteriormente, la presente investigación sobre la propuesta de implementación de Mantenimiento Productivo Total (TPM) en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA para reducir costos operativos, se describe en los siguientes capítulos.

En el Capítulo I, se muestran los aspectos generales sobre el problema de la investigación.

En el Capítulo II, se describen los planteamientos teóricos relacionados con la presente investigación.

En el Capítulo III, se hace una descripción general de la empresa para tener una idea más profunda del rubro en el que se desenvuelve, sus procesos, clientes, proveedores, etc. En esta parte también se hace un análisis del problema con herramientas como Ishikawa y diagrama de Pareto para encontrar las causas raíces que lo originan.

En el Capítulo IV, se describe la solución propuesta haciendo énfasis en los problemas que intervienen en la implementación del (TPM); y sus altos costos operativos.

En el Capítulo V, se describe la evaluación económica y financiera de la propuesta.

En el Capítulo VI, plantean las conclusiones y recomendaciones como resultado del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|--|-----|
| DEDICATORIA | i |
| AGRADECIMIENTO | ii |
| CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN | 1 |
| CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA MARCO REFERENCIAL | 16 |
| CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL | 46 |
| CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN PROPUESTA..... | 60 |
| CAPÍTULO 5 | 117 |
| EVALUACIÓN ECONÓMICA Y FINANCIERA | 117 |
| CAPÍTULO 6 | 124 |
| RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 124 |
| CAPÍTULO 7 | 127 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 127 |
| CAPÍTULO 8 | 130 |

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Realidad problemática

En los últimos 25 años, la minería ha estado en una fase expansiva sin precedentes a nivel global: aunque con algunos intervalos, desde inicios de la década del 90 se ha registrado un proceso de crecimiento significativo que puede ser medido tomando en cuenta diferentes variables. Por ejemplo, una variable es la evolución de las inversiones mineras: mientras a inicios de la década del 90 apenas se invertía algo más de mil millones de dólares en exploraciones a nivel global, el año 2012 -momento pico de la expansión de las inversiones- se superaron los 20 mil millones de dólares solo en actividades de exploración.

Como se muestra en el siguiente gráfico, se pueden identificar hasta cuatro momentos en la evolución de los presupuestos de inversiones en exploración minera a nivel global: uno primero de clara expansión, que va desde inicios de la década del 90 y que termina en 1997 con el estallido de la denominada crisis rusa y asiática que influyó de manera determinante en la minería a nivel global; segundo, que cubre el período 1998-2002 que es una etapa de descenso y que coincide con los efectos de la mencionada crisis internacional, la consecuente caída de las cotizaciones internacionales de los minerales y la retracción de los presupuestos de inversión; una tercera etapa de recuperación y el inicio del denominado súper ciclo de los minerales y que tuvo dos picos, el año 2008 y el 2012. Y finalmente, todo indica que a partir del año 2013 se ha iniciado una nueva etapa de menor dinamismo y retroceso que muestra menores presupuestos de exploración a nivel global, mercados financieros restrictivos y caídas en las cotizaciones, tanto de los metales base como de los preciosos.

¿Cuánto puede durar esta nueva etapa? Todo indica que se habría entrado a un escenario en el que la reducción de los flujos de inversión se explica por el lado de los fundamentos del propio sector minero a nivel global y que podría continuar algunos años más; como se puede apreciar en el Gráfico N° 01.

Gráfico N° 01: Inversión de Exploración Minera en el Mundo



Fuente: SNL Metals & Mining

Pero las inversiones no solo se multiplicaron en miles de millones de dólares en diferentes momentos, sino que el número de países con minería también creció de manera notoria. Lo cierto es que en la actualidad cada vez se desarrolla minería en regiones más remotas o que eran hasta hace pocas zonas protegidas: en Asia Central y África Occidental; desde Alaska hasta la Patagonia en las Américas, son algunas de las regiones que testimonian esta expansión.

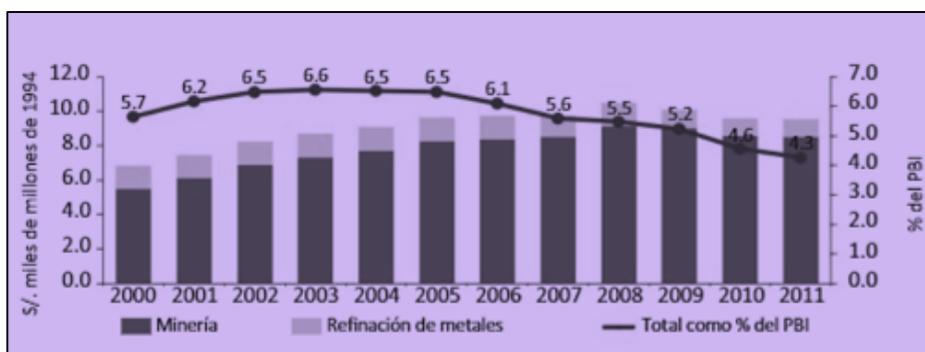
Lo cierto es que las inversiones mineras hoy en día acceden a zonas que hasta hace muy poco eran consideradas restringidas: por ejemplo, Mongolia hace apenas unos años ha permitido el ingreso de inversionistas extranjeros a sus territorios para la exploración y eventual explotación de recursos naturales. Otro ejemplo son las zonas de frontera de los países en las que por motivos de seguridad nacional hasta hace un tiempo no se permitían inversiones de empresas privadas, sobre todo extranjeras.

Adicionalmente, las inversiones se relocalizaron desde mediados de la década del 90: si tomamos en cuenta los flujos de inversión en exploración a nivel global, América Latina se convirtió desde finales de la década del 90 del siglo pasado en el principal destino de la inversión minera, desplazando a América del Norte del primer lugar: mientras que a inicios de la década del 90, América Latina apenas recibía algo más del 10% del total de la inversión minera, en la actualidad y pese a la tendencia de reducción de los presupuestos de inversión, recibe el 25% superando a América del Norte, Oceanía, África y Asia. Además, entre los diez principales destinos de la inversión minera en el mundo, figuran regularmente cuatro países de la región: México, Chile, Perú y Brasil (ver gráfico) que concentran algo más del 80% de la inversión en América Latina.

El sector minero en el Perú tiene una participación del 4.3% en el Producto Bruto Interno (PBI), pero esta ha ido decreciendo en los últimos 6 años debido a que no han entrado en operación nuevos proyectos. Durante el periodo del 2000 al 2005 la minería tuvo su máxima participación presentando un 7% del PBI. Se muestra la tendencia en el Gráfico N° 02.

En la actualidad ha resultado ser una actividad descentralizada, pues posee mayor relevancia en los departamentos del Perú, generando una gran importancia para el crecimiento económico de las regiones del interior del país.

Gráfico N° 02: PBI minero y de refinería de metales



Fuente: INEI

Las exportaciones mineras sumaron US\$ 271,361 millones en el 2011. Estas han ido incrementando desde el 2005 en una tasa anual de 18.7% debido principalmente a los precios de los metales, tales como el cobre, plata, hierro y estaño. Estos metales han tenido gran demanda en China y otras economías emergentes, entre los años 2005 y 2008.

Por otro lado, el oro tuvo mayor precio durante la crisis financiera internacional de 2008 a 2009 y la crisis de deuda europea. Por el contrario, los volúmenes de exportación han decaído en 2010 a 2011. En el Gráfico N° 03 podemos observar la tendencia de los volúmenes de exportación y los índices de precios. Para abril del 2017 el valor de las exportaciones fue de US\$ 1,853 millones, siendo 5% superior a lo registrado el mismo mes del año pasado; aunque son 7% menos en comparación al mes pasado.

Gráfico N° 03: Índice de precios y volúmenes de exportación minera



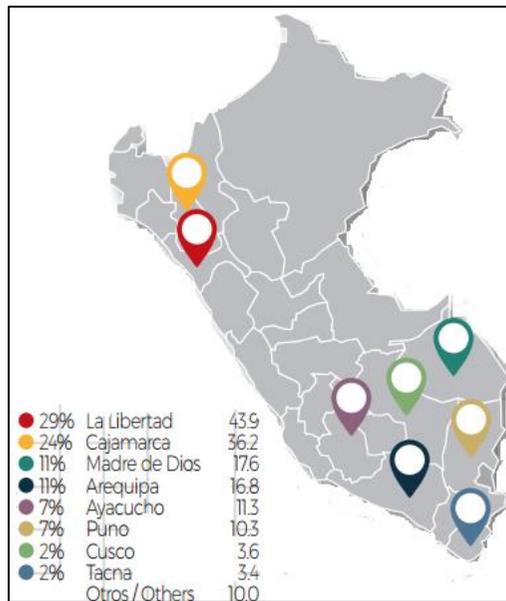
Fuente: BCRP

Según el Ministerio de Energía y Minas, las inversiones en el sector minero han adquirido un notorio dinamismo a escala nacional. En años previos a 2008, llegaron a un máximo de US\$ 1,600 millones, manteniendo un crecimiento exponencial, presentando otro notorio crecimiento en 2011 con un máximo de US\$ 7,200 millones. Siendo así el sector que más invierte en el Perú. Siguiendo esta tendencia Macroconsult S.A. estima que para el periodo 2012- 2020 la minería sumaría alrededor de US\$ 42,000 millones. En lo que va del 2017 se

invirtió US\$ 1,179 millones, manteniéndose estable pero bajo en relación al mismo periodo del año pasado.

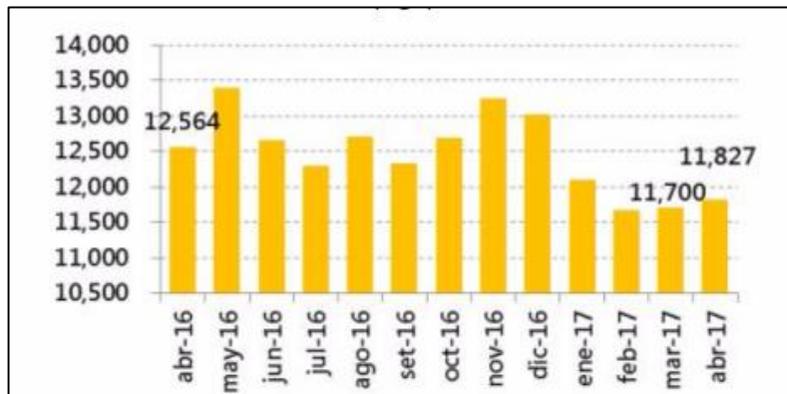
Analizando la producción de oro en nuestro país, podemos observar la participación por departamento, su tendencia desde abril de 2016 hasta abril del presente año y finalmente las empresas involucradas en esta actividad y sus participaciones.

Imagen N° 01: Producción de oro por región en el año 2016 (TMF)



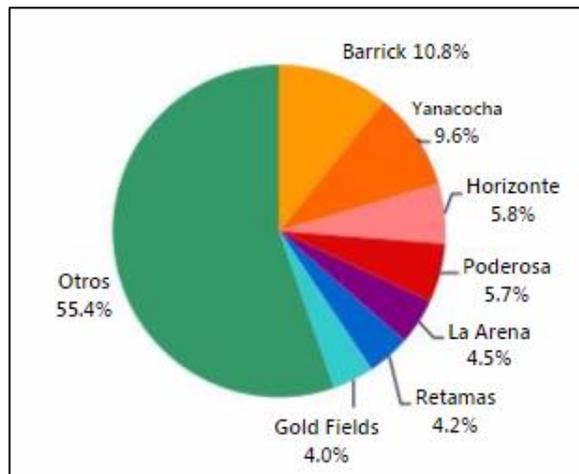
Fuente: MINEM

Gráfico N° 04: Producción mensual de oro en el Perú



Fuente: MINEM

Gráfico N° 05: Estructura de producción de oro, abril 2017



Fuente: MINEM

Gráfico N° 06: Cotización del oro en Abril 2017 (US\$/oz.tr)



Fuente: MINEM

Según el diario Gestión, La Libertad se consolida como el principal productor de oro con una producción de 905,880 onzas fina, 34.64% del total nacional, durante los primeros 6 meses del 2015. Destacando las unidades mineras de Alto Chicama, La Arena, Los Zambos, Santa Rosa, entre otros.

Según Beder Martell Espinoza, gerente regional de MINEM, debido a la importante actividad aurífera en la región, para fines de este año 8 empresas iniciaran operaciones básicamente en las provincias de Sánchez Carrión, Santiago de Chuco y Pataz. Sumándose a las 11 empresas que actualmente operan en la región.

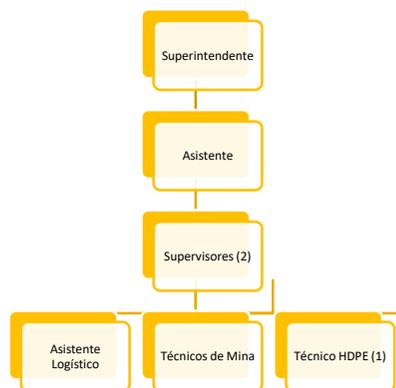
Como se mencionó anteriormente la Mina La Arena es una de las empresas con participación en la explotación de oro. Esta empresa se encuentra en Huamachuco, actualmente operando a tajo abierto. La mina cuenta con aproximadamente 1500 trabajadores distribuidos en sus 6 áreas. En el área de Logística cuenta con 10 trabajadores, en la Tabla N° 01 se detallarán los puestos. Los cuales se encargan de la Gestión de Mantenimiento Mina de las 300 máquinas y equipos con los que cuenta la unidad minera para sus actividades.

Diagrama N° 01: Organigrama de la Mina La Arena S.A.



Fuente: Mina La Arena S.A.

Diagrama N° 02: Distribución de puestos del área de Logística y Mantenimiento de Mina



Fuente: Mina La Arena S.A.

La mina de oro, La Arena S.A; se encuentra en el norte de Perú, a 480 km al norte-noroeste de Lima. La mina consiste en dos tipos de yacimientos minerales: mineralización aurífera epitermal de alta sulfuración encajada en arenisca en brecha oxidada dentro de la Formación Chimú, y mineralización de sulfuro de

cobre y oro albergada en pórfidos en fases múltiples de intrusión. Actualmente las operaciones están explotando a tajo abierto la reserva de oro en óxidos usando métodos convencionales de perforación/voladura, carga y acarreo. Los camiones de volteo vacían el mineral en un patio de lixiviación, sin que se requiera trituración o aglomerado antes de la lixiviación. Al 1 de enero de 2016, los recursos de óxido Medidos e Indicados totalizaban 120.8 millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.32 g/t y reservas de óxido Probadas y Probables de 80.3 millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.36 g/t conteniendo 919,000 onzas de oro. La mina alcanzó una producción récord de 230,436 onzas de oro en 2015. Al 1 de enero de 2016, los recursos minerales en sulfuros Medidos e Indicados en el yacimiento La Arena totalizaron 274 millones de toneladas con leyes promedio de oro y cobre de 0.24 g/t y 0.33 por ciento, respectivamente. Las reservas en sulfuros Probadas y Probables se reportan en 63.1 millones de toneladas con leyes promedio de oro y cobre de 0.31 g/t, y 0.43 por ciento, respectivamente.

La Arena S.A., como parte del equipo de flota para la explotación de sus yacimientos y la obtención de sus utilidades mediante el empleo de estas; cuenta con 3 Palas Bucyrus RH90C, 17 Volquetes 777F & 4 X 777G, 2 x CAT 365 Excavadoras, 8 x Actros 8 x 4 volquetes, 2 x Bulldozers D8T, Motoniveladoras 14M & 16M, 1 X 834H "TORITO", 2 x Perforadoras D245S DTH 6-1/8", 7 x Perforadoras Diamantinas (Exploración) y 3 x Perforadoras RC (Exploración). A pesar de mantener técnicas logísticas y de mantenimiento; la ausencia de eficientes herramientas del Lean Manufacturing, enfocado en el Área de Mantenimiento Mina y Logística, dificulta realizar una erradicación de las causas raíces, una estandarización de su mantenimiento a dichas unidades y el efecto en los costos operativos del departamento de logística en la compra y/ requerimiento de materiales; y el impacto en los indicadores de productividad que se generan por la exploración y explotación de sus yacimientos con la finalidad de maximizar sus ganancias y reducir el número de paradas de dicha maquinaria. Estas deficiencias, no permiten mejorar el rendimiento o eficiencia de dichas maquinarias y generan otros problemas en la compañía minera.

En el presente trabajo de investigación, se procede a elegir al departamento de Mantenimiento por ser uno de los de mayor criticidad en la mina. Para sintetizar

la información obtenida que evidencia ello, se elaboró un diagrama Ishikawa que demuestre la cantidad de problemas existentes en dicho departamento subalterno que son: Mano de Obra, Maquinaria, Métodos, Medición, Medio Ambiente y Materiales.

Durante el año 2016, la empresa presentó seis (06) problemas significativos en las áreas de Mina, Mantenimiento Mina y Planta Concentradora, los cuales son materia de la presente investigación:

- 1) Terciarizan el mantenimiento correctivo llevando a un incremento en los costos operativos de Mantenimiento a un total de s/ 45,134.00.
- 2) No cumplen con el plan de mantenimiento preventivo de la planta, cuyo impacto significativo económico es de s/. 32,958.00.
- 3) No hay repuestos por los equipos críticos dado que dicha maquinaria solo se efectúa un mantenimiento correctivo o se adquiere otra, mediante cotizaciones; causando una baja productividad, valorizada en pérdida de s/8,992.58.
- 4) Falta de mantenimiento a las maquinarias y calibración de las mismas; no existe un control ni seguimiento o Programa de Mantenimiento Productivo Total (MPT) en base a indicadores que permitan establecer el estado actual de la maquinaria y el debido mantenimiento que deberían tener para ocasionar un menor gasto económico a la compañía minera, como son la lubricación y mantenimiento preventivo y/o correctivo de las unidades móviles, motores y ejes en la Planta Concentradora; que en el último año fue de s/.18,094.18.
- 5) No hay vinculación con indicadores de producción dado que no se tiene un registro de la eficacia de la productividad. Además,
- 6) No existe una gestión por indicadores de KPI dado que la relación entre maquinaria y mantenimiento con las horas -hombre y proceso no se han estructurado de manera detallada y no se ha implementado su control y gestión; ocasionando una pérdida de S/. 22,817.00.

1.2 Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en el área de mantenimiento aplicando TPM sobre los costos de UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA?

1.3 Hipótesis

La Propuesta de Mejora en el Área de Mantenimiento, aplicando TPM, reduce los costos en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Determinar el impacto de la propuesta de mejora en el área de mantenimiento, aplicando TPM, sobre los costos en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Realizar un diagnóstico del estado actual del Área de Mantenimiento de la compañía minera.
- Proponer las herramientas de Ingeniería Industrial para solucionar los problemas identificados; utilizando las técnicas del Mantenimiento Productivo Total (TPM), Gestión de Procesos (BPM) y Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Realizar la evaluación económica y financiera de la propuesta de mejora en la implementación del TPM en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

1.5 Justificación

1.5.1 Justificación aplicativa o práctica

Se realiza el presente trabajo de investigación con la finalidad de reducir los costos en la UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

El trabajo servirá para solucionar problemas como la capacidad productiva de la compañía minera, desarrollar de manera óptima los métodos de aprovisionamientos de materiales tanto en plantas concentradoras y de explotación, mantenimiento preventivo de equipos para determinar las fallas o paradas de los mismos en las etapas de extracción y producción de minerales concentrados e indicadores de productividad y mantenimiento para la mejora de la compañía minera; implementación de Mantenimiento Productivo Total (MPT), Gestión de

Procesos (BPM) y Plan de Mantenimiento Preventivo e indicadores de gestión, reduciendo los sobrecostos, los cuales se originan en las operaciones de UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

1.5.2 Justificación teórica

La mina de oro, La Arena S.A; se encuentra en el norte de Perú, a 480 km al norte-noroeste de Lima. La mina consiste en dos tipos de yacimientos minerales: mineralización aurífera epitermal de alta sulfuración encajada en arenisca en brecha oxidada dentro de la Formación Chimú, y mineralización de sulfuro de cobre y oro albergada en pórfidos en fases múltiples de intrusión. Actualmente las operaciones están explotando a tajo abierto la reserva de oro en óxidos usando métodos convencionales de perforación/voladura, carga y acarreo. Los camiones de volteo vacían el mineral en un patio de lixiviación, sin que se requiera trituración o aglomerado antes de la lixiviación, sin tomar en cuenta, de una manera óptima los métodos de aprovisionamientos de materiales tanto en plantas concentradoras y de explotación, mantenimiento preventivo de equipos para determinar las fallas o paradas de los mismos en las etapas de extracción y producción de minerales concentrados e indicadores de productividad para la mejora del Área de Mantenimiento de la unidad minera.

Por tal motivo, la presente tesis pretende mejorar la situación actual empleando una base teórica.

Se realizó un análisis, en el cual se investigó y se planteó una propuesta de mejora del Área de Mantenimiento en las actividades de la compañía; para lo cual se plantea la Implementación de las técnicas del Mantenimiento Productivo Total (MPT), Gestión de Procesos (BPM) y Plan de Mantenimiento Preventivo e indicadores de gestión (KPI) para reducir los costos operativos de la unidad minera.

1.6 Tipo de investigación

1.6.1 Por la orientación

Formal – Aplicada

1.7 Diseño de la investigación

1.7.1 Por el diseño:

Diagnóstica – Proyectistas

1.8 Variables

1.8.1 Variable Independiente

- Propuesta de Mejora en el Área de Mantenimiento, aplicando TPM (Kaizen-Hozen).

1.8.2 Variable Dependiente

- Los costos de UNIDAD MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

1.9 Operacionalización de las variables

Cuadro N° 01: Matriz de Operacionalización de las Variables

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | METODOLOGÍA | INDICADORES | FORMULAS |
|---|---|---|---------------|--|---|---|
| Variable Independiente Propuesta de Mejora en el Área de Mantenimiento, aplicando TPM | Conjunto de actuaciones orientadas a corregir, mediante la conservación adecuada, el desgaste que por el uso se produce en las instalaciones (equipos productivos, elementos o sistemas). | Para medir esta variable es necesario tener en cuenta los indicadores de Gestión de Mantenimiento | Mantenimiento | BPM | <ul style="list-style-type: none"> Nivel de Producción de producto final | $\frac{(\text{N}^\circ \text{ Prod. Antes} - \text{N}^\circ \text{ Prod. Actual})}{\text{N}^\circ \text{ Prod. Antes}} * 100\%$ |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Nivel de Inventario Actual con respecto al nivel de inventario estándar | $\frac{(\text{Invnt. Inicial} - \text{Invnt. Estándar})}{\text{Invnt. Estándar}} * 100\%$ |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Índice de Productividad de Maquinaria | Volumen de Producción conforme/ Maquinaria utilizada |
| | | | | Plan de Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Productivo Total (MPT) | <ul style="list-style-type: none"> Número de Paradas mensuales | N° veces que paralizan la producción/periodo de tiempo |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Tiempo improductivo mensual | Horas perdidas por parada de producción/periodo de tiempo |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Tiempo Medio entre Fallas (MTBF) | Horas de Producción programadas* tiempo total de reparación/ N° Fallas |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Tiempo Medio de Reparación (MTTR) | Tiempo total para la reparación/ Número de Fallas |
| | | | | | <ul style="list-style-type: none"> Disponibilidad | Capacidad de un ítem para desarrollar su función durante un determinado período de tiempo |

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | INDICADORES | FÓRMULAS |
|--|---|---|---|---|
| <p>Variable Dependiente</p> <p>Reducir los costos en la Unidad Minera Tahoe Resources La Arena.</p> | <p>Es una medida, referida a un determinado periodo de tiempo, en el cual los controles logísticos y mantenimiento se establecen bajo parámetros de ingresos y salidas de las ventas que se derivan del funcionamiento normal de una empresa, esto permite la comparación de dichos controles entre empresas sin que la diferencia de sus estructuras económicas afecte al valor del ratio.</p> | <p>Los costos operativos deben ser analizados a través de flujos económicos que permitan ver el aporte a la empresa. EEEF y medidos con indicadores financieros para evaluar si el retorno y la inversión son factibles</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de representación de costos operativos del Área de Mantenimiento | <p>(Costos operativos mantenimiento/ total de costos operativos) *100</p> |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 2: REVISIÓN DE LITERATURA MARCO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes de la Investigación

Esta investigación, se ha elaborado en base a una búsqueda bibliográfica y haciendo un análisis de la información encontrada.

2.1.1. Internacionales

Tuarez Medranda, C. (2013). *Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total. (Tesis Título).*

Conclusiones:

- Lo más complejo que se presentó fue la resistencia al cambio por parte de los operadores de la línea, ya que tenían la imagen de que el TPM sería para ellos una carga adicional de responsabilidad, pero a medida que se iba mostrando los beneficios que traería para mejorar sus actividades y ambiente de trabajo sin necesidad de requerir mayor esfuerzo físico u horas adicionales a su jornada laboral, hubo apertura al aprendizaje y a practicar los conocimientos que iban asimilando.
- Debido a que en la compañía se practica la técnica de las 5 eses y los buenos hábitos de manufactura (BHM), la asimilación y aplicación del pilar de mantenimiento autónomo no complicada como se esperaba ya que los operadores contaban con nociones de los beneficios de mantener todo ordenado, clasificado y limpio, lo que es un requisito fundamental para implementar este pilar.
- Al implementar el pilar de capacitación y entrenamiento, se pudo visualizar como los colaboradores se involucraban para aprender y conocer un poco más tanto del funcionamiento de sus máquinas como en mejorar sus habilidades técnicas y esto se evidenció al volver a realizar el check list sobre el nivel de habilidades de los operadores y se constató que todos elevaron su nivel operativo y técnico, una de las cosas que hizo más fácil el aprendizaje fue el uso

de lecciones de un punto donde se buscó simplificar las tareas básicas a realizar.

- Se optimizó las tareas de mantenimiento preventivo gracias a que los operadores empezaron a realizar las tareas básicas de inspección en las máquinas entre estas actividades estaban la inspección de estado de tornillería, limpieza de sensores, lubricación básica. El cumplimiento del plan de mantenimiento preventivo que en el mes de enero estaba en un 57% llegó a aumentar al mes de junio al 91 %
- Se redujo la cantidad de tareas de mantenimiento correctivo no planificado que empezó con 25 actividades en el mes de Enero y al mes de Junio se redujo a 13, esto gracias al uso de las tarjetas de identificación de averías que colocaban con criterio técnico los operadores y hacían más fácil al departamento de mantenimiento observar los potenciales daños y dar una solución que evitara la detención de equipos en el proceso normal de producción y con ello se logró mejorar la confiabilidad de los mismos.
- Se disminuyó el tiempo de reparación de los equipos sobre todo en la llenadora de botellas, que como se ha dicho es la que marca el ritmo de la producción de la línea, antes del TPM el tiempo promedio de parada por daño era de 1,897 horas (113 minutos) y luego gracias a lo aprendido el promedio de parada de esta máquina es de 1,308 horas (78 minutos) lo que representa una reducción de 35 minutos es decir toma menos tiempo reparar la máquina.
- Al mejorar las habilidades de los operadores se pudo además reducir los tiempos por calibración de equipos y con esto incrementar la eficiencia en la llenadora, antes del TPM el tiempo promedio que tenía que usar un operador para calibrar la máquina era de 0,74 horas (44 minutos) mientras que ahora el tiempo se redujo a 0,46 horas (28 minutos), todo esto gracias a estandarizar elementos, conocer que llaves debían utilizar y hacer confiables los cambios de formato.
- El proyecto ejecutado en el pilar de mejoras enfocadas “mejora del rendimiento de tapas corona” tuvo una inversión monetaria de \$

4400 dólares americanos, con esto se logró mejorar la utilización de esta manera prima y aunque el ahorro por cada 1000 unidades es solo de \$ 5,70 dólares, el beneficio se tradujo en reducción de producto terminado rechazado por mala aplicación de tapa y con ello también se reduce la probabilidad que llegue al consumidor final producto no conforme. Además, otro de los logros a corto plazo de la implementación de este pilar fue el trabajo en equipo que se pudo presenciar y como cada uno de los involucrados generaba ideas y se comprometía con el seguimiento de las acciones planteadas.

- El OEE de la llenadora de botellas se aumentó al 74,84% cuando antes se encontraba en 66, 67%, es considerable su aumento, aunque faltaron detalles para ubicarlo en un nivel aceptable tal como se lo presento en el capítulo 2, donde por debajo del 75% se considera como regular el desempeño de una máquina.
- En el análisis de resultados se puede visualizar que en el mes de Julio los indicadores tienen un desempeño menor, esto debido a que por otros trabajos de crecimiento de la planta se dio prioridad a las actividades en otras líneas de embotellado que necesitaban del departamento de mantenimiento industrial.

López Arias, A (2009). *El Mantenimiento Productivo Total TPM y la Importancia del Recurso Humano para su exitosa implementación.* (Tesis Título).

Resumen:

- El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es una cultura organizacional que se puede aplicar en cualquier tipo de industria ya sea manufacturera o de servicios; en donde el principal objetivo es eliminar los desperdicios que se presenten dentro de la organización, contando siempre con la participación de todo el personal, desde la alta dirección hasta los operarios de planta. Vale la pena aclarar que TPM es Management, es gestión administrativa, no es solo una herramienta de Ingeniería para mejorar los sistemas de

mantenimiento en una empresa, porque la base para que sea exitosa la implementación de Mantenimiento Productivo Total en cualquier organización es el factor humano ya que de este depende el éxito o fracaso del proceso. Por lo tanto, antes de que en las empresas se pretenda aplicar esta cultura, se debe preparar al personal lo suficiente y empoderarlo del tema para que este se motive y se entusiasme con los beneficios que les va a aportar este cambio. Se recomienda que este empoderamiento y compromiso se debe reflejar desde la alta dirección desde un principio porque el TPM es una filosofía que se implementa a largo plazo, y esta actitud de los directivos se debe infundir en toda la organización para generar confianza y disposición por parte de los empleados y así mismo hacer más fácil el proceso de cambio de cultura.

Galvón Romero, D. (2012). Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales”

Autor: Daniel Galvón Romero realizado en la Universidad Nacional Autónoma de México

Conclusiones:

- Si bien ya se ha mencionado que el TPM es una herramienta flexible al adaptarse a las condiciones y necesidades de cada empresa; esta flexibilidad es representada en cada nodo del Árbol Binomial, pudiendo ser cada uno de ellos un resultado derivado de aplicar el proyecto en sus distintas modalidades, un área de manufactura o parte de la estructura del proceso. Algunas situaciones en las que puede ser aplicado son: adecuarlo a toda la empresa o no; asentarlos en toda un área de proceso o solo a los equipos críticos para la producción y de igual forma albergar todos los pasos del TPM o solamente seleccionar los pasos necesarios para el adecuado funcionamiento de un proceso, como es el caso de esta tesis. Cada una de estas decisiones llevará a un resultado diferente; en el caso

de las Opciones Reales a un nodo con un valor distinto, como en el proyecto. De esta forma al determinar la situación de la empresa y sus características, se implementó el proyecto TPM en el área de palomitas en donde se calcularon los distintos tipos de Opciones Reales que se pueden realizar de acuerdo a la situación de la empresa, pudiendo modificarse la implementación del proyecto de acuerdo a las necesidades de cada negocio.

- En cuanto al desarrollo del negocio para este caso, la Inversión de \$1, 000,000 en el proyecto, si se llega hasta el final del periodo de implementación, genera un rendimiento suficientemente alto (relación costo-beneficio). Aunque aparentemente puede decirse que el resultado obtenido excede las expectativas de cualquier proyecto, puede ser que no se encuentre alejado de la realidad al agregar valores intangibles al negocio, resultado de diversos factores. Este valor agregado puede observarse si se comparan con el resultado de abandonar el proyecto.
- Si bien un VPN anual del proyecto aporta \$ 2, 755,875; cuando el valor de la opción de abandono solo daría a la empresa un beneficio anual de \$ 39,641. Esto es el reflejo de que la mayor inversión del TPM se encuentra en su personal, en la capacitación, en la administración del trabajo y la respuesta ante los retos del proceso. Estas actividades forman parte de lo que sería el valor intangible del proyecto. Nakajima (1984), comenta que la parte importante del proyecto TPM se encuentra en la aplicación del mantenimiento autónomo, como base fundamental, por lo que el valor que agrega el proyecto TPM es de \$39, 195,128 (primer objetivo secundario); y esto queda demostrado en la evaluación a través del modelo ROV.

2.1.2. Nacional

Tiburcio Rodríguez, V. (2002). *MRP II Aplicado al Mantenimiento Productivo Total. (Tesis Título).*

Conclusiones:

- La filosofía del MRPII aplicada al Mantenimiento Productivo Total es la base de toda empresa para lograr una óptima producción, es decir, cumplir con el programa de producción con el funcionamiento adecuado de las maquinarias.
- Con la aplicación del sistema se logra mejorar el control de insumos con la reducción de stocks y mejora el control del personal en el área de mantenimiento reduciendo Horas-hombre.
- Es recomendable aplicar el sistema en un inicio a las máquinas estratégicas en una empresa, debido a que las paradas de estas máquinas generan mayor pérdida a la empresa.
- La aplicación del sistema se ha realizado en 3 máquinas estratégicas, contando con los datos reales de programación de mantenimiento, tiempo efectivo e insumos.
- El sistema utilizado continúa en constante mejora, en el trabajo se ha mostrado la aplicación principal del mismo.

Silva Burga, E. (2012). *Implantación del TPM en la Zona de Enderezadoras de Aceros Arequipa. (Título Tesis).*

Conclusiones:

- El TPM (mantenimiento Productivo Total) permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales. Una vez que un buen programa de TPM toma lugar, los beneficios comienzan a fluir hacia toda la organización. Se ha relacionado la implantación del TPM en

el área de laminado en frío de la corporación de aceros Arequipa S.A. en la zona de las enderezadoras. Esta implementación ha seguido las siguientes etapas:

- Etapa inicial
 - Etapa de implantación
 - Etapa de consolidación
- Se realizó la medición de la efectividad global de los equipos (EGE) desde el inicio de la implantación con un costo de S/. 7180.20 el cual se aprecia una notable mejora después de la implantación en la disponibilidad. Índice de rendimiento y tasa de calidad. Con un ahorro de S/. 1422.16 mensual.
- También se obtuvo mejora en la limpieza y el orden del área, reducción de situaciones inseguras, mejor cuidado de las máquinas, aumento de la motivación, fortalecimiento de trabajo en equipo, mayor participación de los operadores en la resolución de los problemas y crecimiento de la capacidad profesional de los operadores.

Macedo Ramírez, H. (2013). *Mejora del Sistema de Gestión de Mantenimiento Preventivo Sistemático para incrementar la Confiabilidad en Planta de Producción de Alimentos de Minera Yanacocha.* (Título Tesis)

Resumen:

- Tuvo como objetivo mejorar el sistema de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la confiabilidad de los equipos en planta de producción de alimentos, el proyecto fue enfocado desde el punto de vista de la planificación, organización, dirección y control del mantenimiento aplicando estrategias y orientación a Costo/Efectividad.
- Para realizar el estudio dentro de las instalaciones de MYSRL Macedo constató en operación el proceso donde cumplen cada

función y aplicación del equipamiento, identificó características de funcionalidad y criticidades de los mismos, recopiló información para luego procesar y evaluar oportunidades de mejoras con las buenas prácticas de la gestión de mantenimiento.

2.1.3. Local

Rosas Ruíz, L. (2015). *Propuesta de mejora del sistema de gestión de mantenimiento para reducir sobrecostos en la empresa Postes del Norte S.A. (Tesis Título).*

Resumen:

- La presente tesis se ha elaborado con la finalidad de reducir los sobrecostos generados por mantenimiento correctivo en la empresa Postes del Norte S.A. Para ello se ha planteado emplear mantenimiento preventivo en los equipos críticos de la empresa, entendiéndose como crítico aquel que falla y ocasiona una parada de toda la línea de producción. En el primer capítulo se ha realizado el diagnóstico de la situación actual de la empresa, se detectaron los problemas de todas las áreas y se formuló el problema que daremos solución con esta tesis. Para ello se plantearon objetivos y se realizó la respectiva hipótesis. En el segundo capítulo se citan antecedentes nacionales e internacionales bajo los cuales se guía el desarrollo de la presente tesis; así mismo se describe la teoría del mantenimiento y métodos a utilizar durante el desarrollo de la tesis para la solución del problema. En el capítulo tercero se hace una descripción general de la empresa para tener una idea más profunda del rubro en el que se desenvuelve, sus procesos, clientes, etc. En esta parte también se hace un análisis del problema con herramientas como Ishikawa y Diagrama de Pareto para encontrar las causas raíces que lo originan, teniendo así que la contratación de terceros incide directamente en el sobrecosto de producción por mantenimiento correctivo, y es en este punto en el que se enfoca la tesis. Se plantea

una reducción del 75% de costos aplicando mantenimiento preventivo y mano de obra propia (capacitada). En los capítulos 4 y 5 detallo el programa de mantenimiento preventivo definiendo fechas y tiempos para cada equipo crítico; también se considera implementar una gestión adecuada de registros y sumado a ello un programa de capacitación, con lo que el personal podrá realizar sin problema las tareas de mantenimiento planteadas. Para culminar se realiza una evaluación económico financiera que comprueba que el proyecto es FACTIBLE.

Vargas Gamboa, P. (2015). *Propuesta de implementación de un mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos e incrementar la producción de una planta galletera de la región.* (Tesis Título).

Resumen:

- En este trabajo de investigación se ha propuesto la implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM), en la empresa Galletera de la Región, con la finalidad de reducir costos e incrementar la producción.
- Evaluando la propuesta se determina con la implementación de un Mantenimiento Productivo Total (TPM) se incrementará la producción en la línea de rellenas en 5% durante los 05 años de la puesta en marcha del proyecto, significando un incremento de producción del 1% anual y se reducirá el 50% de las interrupciones por paradas intempestivas, representando la reducción en un 5% mensual de horas paralizadas, significando un beneficio de S/. 22,754.23 mensual y al año de S/. 273,050.70.

2.2 Marco teórico

Planeación de la Producción y los Materiales

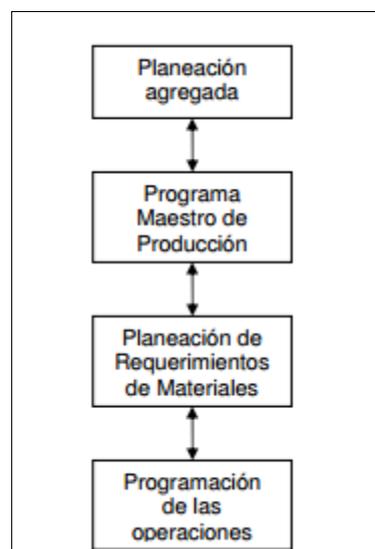
La planeación de la producción y la programación de las operaciones se centran en el volumen y tiempo de producción de los productos, la utilización de la capacidad de las operaciones, y el establecimiento de un equilibrio entre los productos y la capacidad para asegurar la eficiencia competitiva de la organización.

Existen niveles jerárquicos de planeación que se enlazan de arriba hacia abajo para apoyarse entre sí, como se puede observar en la Figura N° 1. En primer lugar, está el plan agregado de producción, que con la ayuda de los pronósticos define la demanda agregada (una unidad común a una familia de productos) de un período de tiempo establecido, y la transforma en esquemas alternativos de cómo utilizar los recursos (humanos, materiales, máquinas, etc.) para suministrar la capacidad necesaria de producción que satisfaga dicha demanda agregada.

En el segundo nivel se encuentra el Programa Maestro de Producción (MPS), que permite establecer el volumen final de cada producto que se va a producir en el corto plazo, con el fin de cumplir el compromiso adquirido con los clientes y evitar sobreutilización o subutilización de las instalaciones de producción.

Jacobs, F. Robert, Aquilano, Nicholas J. & Chase, Richard B. (2009)

Figura N° 01: Niveles Jerárquicos de la Planeación de la Producción



En el último nivel se encuentra la planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) que busca determinar en qué momento deben solicitarse las materias primas y en qué cantidad, para cumplir con el MPS.

De igual manera se asimila la planeación de la capacidad, que tiene niveles jerárquicos paralelos a la planeación de la producción, y que se refiere a todas las decisiones estratégicas que debe tomar una compañía en lo referente al nivel de recursos. Esto es tan importante como la planeación de la producción, en la medida en que una inadecuada capacidad puede hacer perder clientes y limitar el crecimiento de la empresa. **Nahmias, Steven. (2007).**

Por consiguiente, en la presente investigación, no se van a mencionar aquí específicamente todos los pasos, sino solo los empleados para el desarrollo de la propuesta de mejora en la Gestión de Producción.

Planeación de Requerimientos de Materiales

El objetivo de un sistema de inventarios es asegurar que el material estará disponible cuando se necesite, llegando algunas veces a mantener por esta razón niveles de inventario excesivos. Uno de los principales objetivos de la Planeación de Requerimientos de materiales (MRP) es mantener el nivel de inventario más bajo posible, determinando cuando los materiales de un producto son necesitados y programarlos para que estén en el tiempo justo.

El MRP requiere tres entradas:

- El Programa Maestro de Producción: que especifica cuales productos terminados va a producir la compañía, en qué cantidad se necesitan y para cuándo.
- La lista de materiales (Bill of material BOM): esta lista los ítems o materiales que componen el producto terminado y en qué cantidad.
- El archivo maestro de inventario: este incluye inventario a mano, cantidades en orden, tamaño de lotes, inventario de seguridad, lead time del material, entre otros.

TPM.

TPM es un método para mejorar e incrementar la productividad de la fabricación. Consiste en la aplicación práctica de datos sobre disponibilidad, cumplimiento del programa y calidad del producto. Con estas mediciones, la eficiencia global del equipo. Indica el uso óptimo de recursos. El TPM no es simplemente una estrategia de mantenimiento, sino un enfoque más integral de los mejoramientos de la productividad. Pensar que es solo una estrategia de mantenimiento sería pasar por alto la complejidad del concepto y subestimar el potencial de mejoramientos.

El TPM se orienta a maximizar la eficacia del equipo (mejorar la eficiencia global) estableciendo un sistema de mantenimiento productivo de alcance amplio que cubre la vida entera del equipo, involucrando todas las áreas relacionadas con el equipo (planificación, producción, mantenimiento, etc.), con la participación de todos los empleados desde la alta dirección hasta los operarios, para promover el mantenimiento productivo a través de la gestión, de la motivación, o actividades de pequeños grupos voluntarios.

Es un enfoque innovativo para el mantenimiento que optimiza la efectividad del equipo, elimina las fallas y promueve el mantenimiento autónomo por los operadores a través de actividades día a día que incluye a todo el personal.

EL TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, estableciendo un sistema que prevenga las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos, cero fallos en todo el ciclo de vida del sistema productivo”.

Para llegar al Mantenimiento Productivo Total hubo que pasar por tres fases previas. Siendo la primera de ellas el Mantenimiento de Reparaciones o Reactivo, el cual se basa exclusivamente en la reparación de averías. Solamente se procedía a labores de

mantenimiento ante la detección de una falla o avería y, una vez ejecutada la reparación toda quedaba allí.

Finalmente llegamos al TPM el cual comienza a implementarse en Japón durante los años sesenta. El mismo incorpora una serie de nuevos conceptos a los desarrollados a los métodos previos, entre los cuales cabe destacar el Mantenimiento Autónomo, el cual es ejecutado por los propios operarios de producción, la participación activa de todos los empleados, desde los altos cargos hasta los operarios de planta. También agrega a conceptos antes desarrollados como el Mantenimiento Preventivo, nuevas herramientas tales como las Mejoras de Mantenibilidad, la Prevención de Mantenimiento y el Mantenimiento Correctivo.

El TPM permite diferenciar una organización en relación a su competencia debido al impacto en la reducción de los costos, mejora de los tiempos de respuesta, fiabilidad de suministros, el conocimiento que poseen las personas y la calidad de los productos y servicios finales.

Zandin, (2005) expresa “El TPM exige mucho trabajo, requiere atención y apoyos constantes. Las recompensas son una planta competitiva con mayor productividad, costos más bajos, mejor calidad del producto, una planta y áreas de trabajo limpias, una nueva sensación de orgullo y optimismo” (Fabiola bojorquez 2008).

Objetivos del TPM.

Entre los objetivos principales y fundamentales del TPM se tienen:

- Reducción de averías en los equipos.
- Reducción del tiempo de espera y de preparación de los equipos.
- Utilización eficaz de los equipos existentes.
- Control de la precisión de las herramientas y equipos.

Promoción y conservación de los recursos naturales y economía de energéticos. Formación y entrenamiento del personal.

Objetivos estratégicos: El proceso TPM ayuda a construir capacidades competitivas desde las operaciones de la empresa, gracias a su contribución a la mejora de la efectividad de los sistemas productivos, flexibilidad y capacidad de respuesta, reducción de costos operativos y conservación del "conocimiento" industrial.

Si se intenta mejorar el rendimiento del equipo hasta su nivel máximo. Y que el mantenimiento sea fácil, esta situación no se puede encarar de forma general. Se necesitan objetivos del TPM para establecer una dirección lógica para la instalación del TPM.

Estos objetivos deliberadamente ambiciosos se denominan los tres ceros:

I) Cero Tiempo Improductivo no Planificado del Equipo: plantea el máximo desafío. Aunque a simple vista podría parecer imposible, se logra planificando. Cuánto tiempo se destina actividades como: tiempo improductivo planificado, mantenimiento planificado, mantenimiento predictivo, limpieza, lubricación, inspección etc. Son actividades planificadas que permitirán que el equipo mejore hacia los objetivos de tiempo improductivo no planificado.

II) Cero Defectos Provocados por el Equipo: Simplemente productos de alta calidad. El equipo es la barrera para llegar a este cero. Debe recordarse que la calidad perfecta exige equipos perfectos.

III) Cero Pérdidas de Velocidad del Equipo: En la mayoría de las compañías, la velocidad del equipo o el tiempo de ciclo, rara vez se compara con las especificaciones reales y el rendimiento óptimo factible. A menudo se desconoce la velocidad teórica especificada. Las pérdidas de velocidad pueden deberse a equipos desgastados, mal ajustado o mal mantenido. En muchas máquinas suelen detectarse pérdidas de velocidad del 10% esto significa que la compañía está perdiendo el 10% de la productividad (en esta máquina), lo cual aumenta el costo de fabricación y resigna el 10% de la capacidad. Cuando hay una máquina lenta en la línea del proceso, disminuirá el ritmo de toda la línea. Al principio en una forma gradual,

pero con el tiempo la disminución puede transformarse en excesiva.
(Fabiola bojorquez 2008)

Metas del TPM.

García, (1998) argumento “El TPM es el sistema de Mantenimiento Productivo Total realizado por todos los empleados de la compañía a través de actividades de pequeños grupos. El TPM incluye las seis metas siguientes”:

- Crear una misión corporativa para mejorar la eficiencia de los equipos.
- Usar un enfoque centrado en productividad y mantenimiento autónomo por los operadores.
- Involucrar a todos los departamentos y todo el talento humano de la organización es la implementación del TPM.
- Implantación óptima del mantenimiento, administrado por el departamento de mantenimiento.
- Implementar las actividades de pequeños grupos basados en capacitación y adiestramiento.
- Un programa de gestión de equipos inicial para prevenir problemas que puedan surgir durante la puesta en marcha de una nueva planta o un nuevo equipo. (Fabiola bojorquez 2008)

Ventajas y Desventajas del TPM.

El equipo sometido a TPM será elevado a su desempeño óptimo, corrigiendo cualquier discrepancia o anomalía encontrada. También será adaptado con modificaciones principalmente sugeridas por el operador y supervisores de producción, analizadas y aprobadas por el equipo de trabajo en conjunto. Esas modificaciones y mejoramientos no solo cubren la máquina misma, sino el área alrededor suyo.

Filtros o compresores anticuados son reemplazados por unos de diseños avanzado, y con ese ejemplo muchos cambios que nos lleva a una condición ambiental superior.

Una máquina más limpia y mejor conservada tiene menor probabilidad de sufrir una falla, cualquier anomalía que pudo derivar en un problema mayor, será detectada y resuelta en sus etapas iniciales. En términos de costo monetario, el resultado de un mejor mantenimiento se traduce en utilidades.

➤ **Ventajas:**

- Al integrar a toda la organización en los trabajos de mantenimiento se consigue un resultado final más enriquecido y participativo.
- El concepto está unido con la idea de calidad total y mejora continua.

➤ **Desventajas:**

- Se requiere un cambio de cultura general, para que tenga éxito este cambio, no puede ser introducido por imposición, requiere el convencimiento por parte de todos los componentes de la organización de que es un beneficio para todos.
- La inversión en formación y cambios generales en la organización es costosa. El proceso de implementación requiere de varios años.
(Fabiola bojorquez 2008)

Beneficios del TPM.

1. Organizativos

- Mejora de calidad del ambiente de trabajo.
- Mejor control de las operaciones.
- Incremento de la moral del empleado.
- Creación de una cultura de responsabilidad, disciplina y respeto por las normas.
- Aprendizaje permanente.
- Creación de un ambiente donde la participación, colaboración y creatividad sea una realidad.
- Dimensionamiento adecuado de las plantillas de personal.

2. Seguridad

- Mejorar las condiciones ambientales.
- Cultura de prevención de eventos negativos para la salud.
- Incremento de la capacidad de identificación de problemas potenciales y de búsqueda de acciones correctivas.
- Entender el porqué de ciertas normas, en lugar de como hacerlo.
- Prevención y eliminación de causas potenciales de accidentes.
- Eliminar radicalmente las fuentes de contaminación.

3. Productividad

- Eliminar pérdidas que afectan la productividad de las plantas.
- Mejora de la fiabilidad y disponibilidad de los equipos.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejora de la calidad del producto final.
- Menor costo financiero por cambios.
- Mejora de la tecnología de la empresa.
- Aumento de la capacidad de respuesta a los movimientos del mercado.
- Crear capacidades competitivas desde la fábrica. (Fabiola bojorquez 2008)

Pilares del TPM.

Los pilares o procesos fundamentales del TPM sirven de apoyo para la construcción de un sistema de producción ordenado. Se implantan siguiendo una metodología disciplinada, potente y efectiva. Los procesos fundamentales o pilares del TPM se deben combinar durante el proceso de implantación. Debe existir una cierta lógica para la implantación del TPM en la empresa y ésta dependerá del grado de desarrollo que la compañía posea en su función productiva y de mantenimiento en relación con cada uno de los procesos fundamentales. Los pilares considerados como necesarios para el desarrollo del TPM en una organización son los que se indican a continuación: (Fabiola bojorquez 2008)

Figura: 02 Pilares del mantenimiento Productivo Total

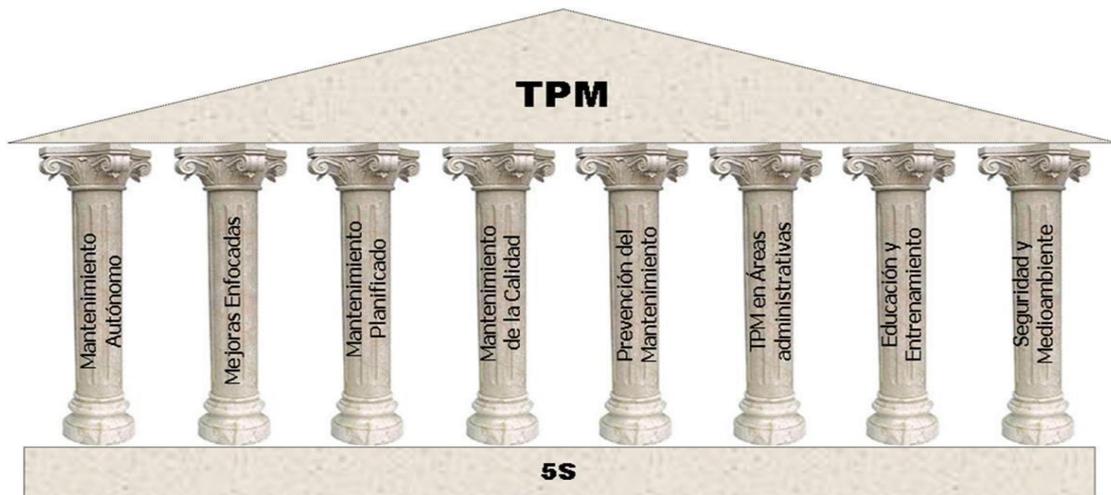


Figura: 03 Filosofía de mejora 5's (Cimiento del TPM)



Pilar 1: Mejoras Enfocadas (Kaizen).

Las mejoras enfocadas son actividades que se desarrollan con la intervención de las diferentes áreas comprometidas en el proceso productivo, con el objeto maximizar la Efectividad Global del Equipo, proceso y planta; todo esto a través de un trabajo organizado en equipos multidisciplinarios, empleando metodología específica y concentrando su atención en la eliminación de los despilfarros que se presentan en las plantas industriales.

Se trata de desarrollar el proceso de mejora continua similar al existente en los procesos de Control Total de Calidad aplicando procedimientos y técnicas de mantenimiento. Si una organización cuenta con actividades de mejora similares, simplemente podrá incorporar dentro de su proceso, Kaizen o mejora, nuevas herramientas desarrolladas en el entorno TPM. No deberá modificar su actual proceso de mejora que aplica actualmente. (Fabiola bojorquez 2008).

Pilar 2: Mantenimiento Autónomo (Jishu Hozen).

El mantenimiento autónomo está compuesto por un conjunto de actividades que se realizan diariamente por todos los trabajadores en los equipos que operan, incluyendo inspección, lubricación, limpieza, intervenciones menores, cambio de herramientas y piezas, estudiando posibles mejoras, analizando y solucionando problemas del equipo y acciones que conduzcan a mantener el equipo en las mejores condiciones de funcionamiento.

Estas actividades se deben realizar siguiendo estándares previamente preparados con la colaboración de los propios operarios.

Los operarios deben ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que opera. (Fabiola bojorquez 2008)

Pilar 3: Mantenimiento Progresivo o Planificado (Keikaku Hozen).

El mantenimiento progresivo es uno de los pilares más importantes en la búsqueda de beneficios en una organización industrial.

El propósito de este pilar consiste en la necesidad de avanzar gradualmente hacia la búsqueda de la meta "cero averías" para una planta industrial.

Pilar 4: Educación y Formación.

Este pilar considera todas las acciones que se deben realizar para el desarrollo de habilidades para lograr altos niveles de desempeño de las personas en su trabajo. Se puede desarrollar en pasos como todos los pilares TPM y emplea técnicas utilizadas en mantenimiento autónomo, mejoras enfocadas y herramientas de calidad. (Fabiola bojorquez 2008).

Pilar 5: Mantenimiento Temprano.

Este pilar busca mejorar la tecnología de los equipos de producción. Es fundamental para empresas que compiten en sectores de innovación acelerada, Mass Customization o manufactura versátil, ya que en estos sistemas de producción la actualización continua de los equipos, la capacidad de flexibilidad y funcionamiento libre de fallos, son factores extremadamente críticos. (Fabiola bojorquez 2008).

Este pilar actúa durante la planificación y construcción de los equipos de producción. Para su desarrollo se emplean métodos de gestión de información sobre el funcionamiento de los equipos actuales, acciones de dirección económica de proyectos, técnicas de ingeniería de calidad y mantenimiento.

Este pilar es desarrollado a través de equipos para proyectos específicos. Participan los departamentos de investigación, desarrollo y diseño, tecnología de procesos, producción, mantenimiento, planificación, gestión de calidad y áreas comerciales. (Fabiola bojorquez 2008)

Pilar 6: Mantenimiento de Calidad (HinshitsuHozen).

Tiene como propósito establecer las condiciones del equipo en un punto donde el cero defectos es factible.

Las acciones del mantenimiento de calidad buscan verificar y medir las condiciones cero defectos regularmente, el objeto de facilitar la operación de los equipos en la situación donde no se generen defectos de calidad. (Fabiola bojorquez 2008)

Pilar 7: Mantenimiento en Áreas Administrativas.

Este pilar tiene como propósito reducir las pérdidas que se pueden producir en el trabajo manual de las oficinas. Si cerca del 80 % del costo de un producto es determinado en las etapas de diseño del producto y de desarrollo del sistema de producción.

El mantenimiento productivo en áreas administrativas ayuda a evitar pérdidas de información, coordinación, precisión de la información, etc. Emplea técnicas de mejora enfocada, estrategia de 5's, acciones de mantenimiento autónomo, educación y formación y estandarización de trabajos. Es desarrollado en las áreas administrativas con acciones individuales o en equipo. (Fabiola bojorquez 2008).

Pilar 8: Gestión de Seguridad, Salud y Medio Ambiente.

Tiene como propósito crear un sistema de gestión integral de seguridad. Emplea metodologías desarrolladas para los pilares mejoras enfocadas y mantenimiento autónomo. Contribuye significativamente a prevenir

riesgos que podrían afectar la integridad de las personas y efectos negativos al medioambiente. (Fabiola bojorquez 2008).

Seis Grandes Pérdidas del TPM.

Desde la filosofía del TPM se considera que una máquina parada para efectuar un cambio, una máquina averiada, una máquina que no trabaja al 100% de su capacidad o que fabrica productos defectuosos está en una situación intolerable que produce pérdidas a la empresa. La máquina debe considerarse improductiva en todos esos casos, y deben tomarse las acciones correspondientes tendentes a evitarlos en el futuro. TPM identifica seis fuentes de pérdidas (denominadas las <seis grandes pérdidas>) que reducen la efectividad por interferir con la producción:

1. Fallos del equipo

Que producen pérdidas de tiempo inesperadas.

2. Puesta a punto y ajustes de las máquinas (o tiempos muertos)

Que producen pérdidas de tiempo al iniciar una nueva operación u otra etapa de ella. Por ejemplo, al inicio en la mañana, al cambiar de lugar de trabajo, al cambiar una matriz o matriz, o al hacer un ajuste.

3. Marchas en vacío, esperas y detenciones menores (averías menores)

Durante la operación normal que producen pérdidas de tiempo, ya sea por problemas en la instrumentación, pequeñas obstrucciones, etc.

4. Velocidad de operación reducida (el equipo no funciona a su capacidad máxima)

Que produce pérdidas productivas al no obtenerse la velocidad de diseño del proceso.

5. Defectos en el proceso,

Que producen pérdidas productivas al tener que rehacer partes de él, reprocesar productos defectuosos o completar actividades no terminadas.

6. Pérdidas de tiempo propias de la puesta en marcha de un proceso nuevo

Marcha en vacío, periodo de prueba, etc.

Fases de Implementación del TPM.

Fase 1: Preparación.

- Decisión de aplicar el TPM en la empresa.
- Campaña de información.
- Formación de comités.
- Análisis de condiciones existentes diagnóstico.
- Planificación.

Fase 2: Implantación.

- Capacitación.
- Implantación de las 3Y`s: motivación, competencia y entorno del trabajo.
- Determinación y cálculo de indicadores.
- Aplicación de Mantenimiento Autónomo.
- Aplicación de Mantenimiento Planificado.

Fase 3: Evaluación.

- Análisis de resultados obtenidos.

Fase 4: Estandarización.

- Se estandarizan los resultados obtenidos.
- Se da comienzo a un nuevo proceso de Mejora Continua en materia de fiabilidad y durabilidad. **(Fabiola bojorquez 2008)**

Mantenimiento.

El mantenimiento es un conjunto de actividades que deben realizarse a instalaciones y equipos, con el fin de corregir o prevenir fallas, buscando que éstos continúen prestando el servicio para el cual fueron diseñados. Es un servicio que agrupa una serie de actividades cuya ejecución permite alcanzar un mayor grado de confiabilidad en los equipos, máquinas, construcciones civiles, instalaciones. Como es evidente, debido a la incapacidad para que los equipos e instalaciones se mantengan en buen funcionamiento por sí mismos, debe organizarse un grupo de personas para que se encargue de esto y se constituya así una "organización de mantenimiento".

Lo anterior se debe basar siempre en el equilibrio de los siguientes factores:

- Minimizar los costos de parada del equipo por daños y reparaciones.
- Maximizar la utilización del capital invertido en instalaciones y equipos, aumentando así su vida útil.
- Minimizar los costos de operación y mantenimiento, para aumentar los beneficios de la actividad industrial.

El mantenimiento adecuado, tiende a prolongar la vida útil de los bienes, a obtener un rendimiento aceptable de los mismos durante más tiempo y a reducir el número de fallas. Decimos que algo falla cuando deja de brindarnos el servicio que debía darnos o cuando aparecen efectos indeseables, según las especificaciones de diseño con las que fue construido o instalado el bien en cuestión. Es también una función del mantenimiento garantizar la seguridad industrial. En la práctica, el alcance del mantenimiento depende del tipo de industria o instalación, así como de la magnitud y desarrollo industrial de la misma. Cada industria en particular y cada departamento de mantenimiento, dependiendo de su formación académica y técnica y de las características 13 de los equipos y sistemas que deben mantenerse, desarrollarán sus propias técnicas y estilos administrativos. **Nahmias, Steven. (2007).**

A. Objetivos del Mantenimiento

En el caso del mantenimiento su organización e información debe estar encaminada a la permanente consecución de los siguientes objetivos

- Optimización de la disponibilidad del equipo productivo.
- Disminución de los costos de mantenimiento.
- Optimización de los recursos humanos.
- Maximización de la vida de la máquina.
- Evitar detenciones inútiles o para de máquinas.
- Evitar accidentes.

B. Tipos de Mantenimiento

Existen diversas formas de realizar el mantenimiento a un equipo de producción, cada una de las cuales tiene sus propias características como lo describiremos a continuación.

a. Mantenimiento Correctivo

Como su nombre lo indica, es un mantenimiento encaminado a corregir una falla que se presente en determinado momento. En otras palabras, es el equipo quien determina las paradas. Su función primordial es poner en marcha el equipo lo más rápido y con el mínimo costo posible. Este mantenimiento es generalmente el único que se realiza en pequeñas empresas. Las etapas por seguir cuando se presente un problema de mantenimiento correctivo, pueden ser las siguientes **Nahmias, Steven. (2007).**

- Identificar el problema y sus causas.
- Estudiar las diferentes alternativas para su reparación.
- Evaluar las ventajas de cada alternativa y escoger la óptima.
- Planear la reparación de acuerdo con personal y equipos disponibles.

- Supervisar las actividades por desarrollar
- Clasificar y archivar la información sobre tiempos, personal y repuesta de la labor realizada, así como las diferentes observaciones al respecto.

b. Mantenimiento Periódico

Este tipo de mantenimiento, como su nombre lo indica, es aquel que se realiza después de un período de tiempo generalmente largo (entre seis y doce meses). Este mantenimiento se practica por lo regular en plantas de procesos tales como petroquímicas, azucareras, papeleras, de cemento, etc. y consiste en realizar grandes paradas en las que se efectúan reparaciones mayores.

c. Mantenimiento Programado

Este es otro sistema de mantenimiento que se práctica hoy en día y se basa en la suposición de que las piezas se desgastan siempre en la misma forma y en el mismo período de tiempo, así se esté trabajando bajo condiciones diferentes.

d. Mantenimiento Predictivo

Este tipo de mantenimiento consiste en hacer mediciones o ensayos no destructivos mediante equipos sofisticados a partes de maquinaria que sean muy costosas o a las cuales no se les pueda permitir fallar en forma imprevista, pues arriesgan la integridad de los operarios o causan daños de cuantía. La mayoría de las inspecciones se realiza con el equipo en marcha y sin causar paros en la producción. e. Mantenimiento Preventivo Para evitar que se confunda este mantenimiento con una combinación del periódico y el programado, se debe hacer énfasis en que la esencia de este son las revisiones e inspecciones programadas que pueden o no tener como consecuencia una tarea correctiva o de cambio. Este sistema se basa en el hecho de que las partes de un equipo se gastan en

forma desigual y es necesario prestarles servicio en forma racional, para garantizar su buen funcionamiento. **Nahmias, Steven. (2007).**

e. Mantenimiento Predictivo

Es aquel que se hace mediante un programa de actividades (revisiones y lubricación), previamente establecido, con el fin de anticiparse a la presencia de fallas en instalaciones y equipos. Este programa se fundamenta en el estudio de necesidades de servicio de un equipo, teniendo en cuenta cuáles de las actividades se harán con el equipo detenido y cuáles cuando está en marcha. Además, se estima el tiempo que se toma cada operación y la periodicidad con que se efectúa, con el fin de poder determinar así las horas-hombre que requiere una tarea de mantenimiento, al igual que las personas que se van a emplear en determinados momentos del año. El éxito de un programa de mantenimiento preventivo, estriba en el análisis detallado del programa de todas y cada una de las máquinas y en el cumplimiento estricto de las actividades, para cuyo efecto se debe realizar un buen control. Dependiendo del tipo de empresa, del desarrollo alcanzado por ella, así como de las políticas establecidas, se pueden conjugar para efectos de un mejor mantenimiento, varias de las alternativas antes mencionadas, realizándose de esta manera un Mantenimiento Mixto.

El mantenimiento preventivo puede definirse como la programación de actividades de inspección de los equipos, tanto de funcionamiento como de limpieza y calibración, que deben llevarse a cabo en forma periódica con base en un plan de aseguramiento y control de calidad. Su propósito es prevenir las fallas, manteniendo los equipos en óptima operación. La característica principal de este tipo de mantenimiento es la de inspeccionar los equipos, detectar las fallas en su fase inicial y

corregirlas en el momento oportuno. Con un buen mantenimiento preventivo se obtiene experiencia en diagnóstico de fallas y del tiempo de operación seguro de un equipo. En general en los PMP se deben incorporar todos los registros documentados de las actividades de rutina, de las calibraciones e 16 inspecciones, así como de las acciones de mantenimiento correctivo realizadas debido a fallas o a eventos no programados. Los PMP deben incluir elementos tales como:

- Inventarios de equipo por organización o estación.
- Listas de partes y refacciones por equipo, incluyendo datos de los proveedores.
- Frecuencia de inspección / mantenimiento por equipo.
- Programas de calibración.
- Programas de sustitución de equipos.
- Lugares y responsables de reparación de equipos.
- Contratos de servicios.
- Registros mensuales de las actividades de prueba, inspección y mantenimiento
- Formatos de verificación y recepción de consumibles, refacciones y equipos.
- Requisiciones y/o órdenes de compra.
- Registros sobre movimiento o cambio de ubicación de equipos.

Nahmias, Steven. (2007).

Tareas del Mantenimiento Preventivo La tarea de mantenimiento preventivo (Preventive Task, PRT) es una tarea que se realiza para reducir la probabilidad de fallo del elemento o sistema, o para maximizar el beneficio operativo.

Una tarea de mantenimiento preventivo típica consta de las siguientes actividades de mantenimiento:

- Desmontaje.
- Recuperación o sustitución.
- Montaje.
- Pruebas.

2.3 Marco conceptual

- **Capacidad de Planta:** Permite abarcar la mayor cantidad de demanda, optimizando las utilidades y a largo plazo contemplar la posibilidad de crecer o expandirse para poder aumentar su mercado y brindar un mejor servicio de calidad y satisfacción de necesidades a la mayor parte de la población consumidora del producto. **Jacobs, F. Robert, Aquilano, Nicholas J. & Chase, Richard B. (2009)**
- **Costos Operativos:** Es una medida, referida a un determinado periodo de tiempo, en el cual los gastos operacionales son aquellos gastos que se derivan del funcionamiento normal de una empresa, esto permite la comparación de dichos gastos entre empresas sin que la diferencia de sus estructuras económicas afecte al valor de la ratio. **Nahmias, Steven. (2007).**
- **Kanban:** Sistema de información que controla de modo armónico la fabricación de los productos necesarios en la cantidad y tiempo necesarios en cada uno de los procesos que tienen lugar tanto en el interior de fábrica, como entre distintas empresas. **Jacobs, F. Robert, Aquilano, Nicholas J. & Chase, Richard B. (2009)**
- **La Gestión de Mantenimiento:** Es un sistema de técnicas destinadas a conservar equipos e instalaciones en servicio durante el mayor tiempo posible (buscando la más alta disponibilidad) y con el máximo rendimiento. **Jacobs, F. Robert, Aquilano, Nicholas J. & Chase, Richard B. (2009)**
- **MRP II:** Es un sistema de planificación de la producción y de gestión de stocks que responde a las preguntas: ¿QUÉ?, ¿CUÁNTO?, ¿CUÁNDO? Se debe fabricar y/o aprovisionar.
- **Productividad:** Es la relación entre la producción obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción.
- **TIR:** La tasa de interés máxima a la que puede comprometer préstamos, sin que incurra en futuros fracasos financieros. Para lograr esto se busca aquella tasa que aplicada al Flujo neto de caja hace que el VAN sea igual a cero.
- **TPM:** Es una filosofía de mantenimiento cuyo objetivo es eliminar las pérdidas en producción debidas al estado de los equipos, o en otras palabras, mantener los equipos en disposición para producir a su capacidad máxima productos de la calidad esperada, sin paradas no programadas.

- **VAN:** Se define como la sumatoria de los flujos netos anuales actualizados menos la Inversión inicial. Este indicador de evaluación representa el valor del dinero actual que va reportar el proyecto en el futuro, a una tasa de interés y un periodo determinado.

CAPÍTULO 3: DIAGNÓSTICO DE LA REALIDAD ACTUAL

3.1 Descripción general de la empresa

3.1.1. Datos generales:

- Razón social: La Arena S.A.
- RUC: 20205467603
- Actividad y sector económico: CIU: 13200 – Extracción de Minerales Metalíferos No ferrosos.

3.1.2. Misión y visión:

Misión: “Ejecutar nuestras operaciones mineras con altos estándares de calidad, seguridad y eficiencia, mediante la optimización de nuestros recursos, la preservación de ecosistemas y el desarrollo socioeconómico del país. De esta manera, nuestra misión se centra en generar valor en los yacimientos en los que operamos, a través de alcanzar una armoniosa convivencia y equilibrio entre la actividad minera, el medio ambiente, las comunidades aledañas y sus autoridades”.

Visión: “Nuestra visión es ser el referente peruano por excelencia en el rubro de exploración, desarrollo y explotación minera, logrando ser el principal aliado estratégico del Perú al liderar una minería moderna y responsable que genere prosperidad económica y social al país, a través de la creación de valor sostenible para nuestros accionistas, personal de trabajo, las comunidades y el medio ambiente”.

3.1.3. Principales Competidores, Clientes y Proveedores

Competidores:

- Southern Peru Copper Corporation Sucursal del Peru
- Compañía Minera Antamina S.A.
- Minera Chinalco Perú S.A.
- Minera Yanacocha S.R.L.
- Anglo American Quellaveco S.A.
- Volcan Compañía Minera S.A.A.
- Minera Barrick Misquichilca S.A.
- Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A.

- Compañía Minera Ares S.A.C.

Clientes:

El principal cliente es la Unidad Minera Tahoe Resources, que de la cual la MINA LA ARENA S.A.; es una subsidiaria.

Proveedores

Los proveedores son las concesiones mineras o tajos abiertos que posee la compañía, las cuales son Tajo Calaorco y Tajo Ethel,

3.1.4. Principales Productos:

La MINA LA ARENA S.A., produce óxidos de oro, a través de la flotación de mineral en sus propias plantas concentradoras, la misma que tiene una capacidad de 36 000 toneladas/día.

3.1.5. Maquinarias y Equipos:

La Arena S.A., como parte del equipo de flota para la explotación de sus yacimientos y la obtención de sus utilidades mediante el empleo de estas; cuenta con 3 Palas Bucyrus RH90C, 17 Volquetes 777F & 4 X 777G, 2 x CAT 365 Excavadoras, 8 x Actros 8 x 4 volquetes, 2 x Bulldozers D8T, Motoniveladoras 14M & 16M, 1 X 834H "TORITO", 2 x Perforadoras D245S DTH 6-1/8", 7 x Perforadoras Diamantinas (Exploración) y 3 x Perforadoras RC (Exploración).

3.1.6. Proceso Productivo:

La mina de oro, La Arena S.A; se encuentra en el norte de Perú, a 480 km al norte-noroeste de Lima. La mina consiste en dos tipos de yacimientos minerales: mineralización aurífera epitermal de alta sulfuración encajada en arenisca en brecha oxidada dentro de la Formación Chimú, y mineralización de sulfuro de cobre y oro albergada en pórfidos en fases múltiples de intrusión. Actualmente las operaciones están explotando a tajo abierto la reserva de oro en óxidos usando métodos convencionales de perforación/voladura, carga y acarreo. Los camiones de volteo vacían el mineral en un patio de lixiviación, sin que se requiera trituración o aglomerado antes de la lixiviación. Al 1 de enero de 2016, los recursos de óxido Medidos e Indicados totalizaban 120.8

millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.32 g/t y reservas de óxido Probadas y Probables de 80.3 millones de toneladas con una ley de oro promedio de 0.36 g/t conteniendo 919,000 onzas de oro. La mina alcanzó una producción récord de 230,436 onzas de oro en 2015. Al 1 de enero de 2016, los recursos minerales en sulfuros Medidos e Indicados en el yacimiento La Arena totalizaron 274 millones de toneladas con leyes promedio de oro y cobre de 0.24 g/t y 0.33 por ciento, respectivamente. Las reservas en sulfuros Probadas y Probables se reportan en 63.1 millones de toneladas con leyes promedio de oro y cobre de 0.31 g/t, y 0.43 por ciento, respectivamente. A pesar de mantener técnicas logísticas y de mantenimiento; la ausencia de herramientas, enfocado en el Área de Mantenimiento Mina y Logística, dificulta realizar una erradicación de las causas raíces, una estandarización de su mantenimiento a dichas unidades y el efecto en los costos operativos del departamento de logística en la compra y/ requerimiento de materiales; y el impacto en los indicadores de productividad que se generan por la exploración y explotación de sus yacimientos con la finalidad de maximizar sus ganancias y reducir el número de paradas de dicha maquinaria. Estas deficiencias, no permiten mejorar el rendimiento o eficiencia de dichas maquinarias y generan otros problemas en la compañía minera.

3.2 Descripción particular del área de la empresa objeto de análisis

Durante el año 2016, la empresa presentó cinco (05) problemas significativos en las áreas de Mina y Mantenimiento Mina, los cuales son materia de la presente investigación: **Falta de mantenimiento preventivo** llevando a un incremento en los costos operativos, por efectos de tercerización con una contrata, de Mantenimiento a un total de s/ 45,134.00. A continuación, se detalla el cálculo de dicho costo:

Durante los 3 últimos años (2014, 2015, 2016), la empresa minera de exploración y explotación de oro, MINERA LA ARENA S.A. no ha logrado determinar con exactitud el número de correcciones y mantenimiento a las maquinarias y equipos de Planta cuyas gestiones generan en un porcentaje de

62%, dado que no ha cumplido con la meta de la empresa planteada que es 96%. Asimismo, se pudo determinar que estos indicadores y/o gestiones de exactitud de contratación de agentes (logísticos) para cada vez que ocurre una falla; se ven reflejado negativamente en los costos operativos de la planta debido a las paradas por fallas y/o mantenimiento de dichas unidades de acarreo de mina. A continuación, se detalla los costos de pérdida por la tercerización del mantenimiento correctivo a terceros es de S/. 45,134.00 por costo de lucro cesante.

Tabla N° 06: Costo por Tercerización Mantenimiento Correctivo

| 2016 | | | |
|----------------------|---|-----------------------|--------------------|
| Mes | Paradas de producción por falta de Mant. Correctivo | Tiempo perdido(horas) | CLC de las paradas |
| Enero | 3 | 1.000 | S/. 2,341 |
| Febrero | 2 | 2.000 | S/. 4,682 |
| Marzo | 4 | 1.500 | S/. 3,511 |
| Abril | 4 | 2.500 | S/. 5,852 |
| Mayo | 3 | 1.200 | S/. 2,809 |
| Junio | 1 | 1.750 | S/. 4,097 |
| Julio | 2 | 1.650 | S/. 3,863 |
| Agosto | 1 | 1.380 | S/. 3,231 |
| Septiembre | 2 | 1.860 | S/. 4,354 |
| Octubre | 2 | 1.540 | S/. 3,605 |
| Noviembre | 2 | 1.300 | S/. 3,043 |
| Diciembre | 1 | 1.600 | S/. 3,746 |
| total | 27 | 19.280 | S/. 45,134 |
| N paradas/mes | 2 | | |

Fuente: Elaboración Propia

Además, y acorde con los datos de la tabla N° 06 se detalla que las horas de paradas de planta representa el 60% del mantenimiento preventivo de toda la planta.

2) **No existe procedimientos estandarizados para el mantenimiento**, cuyo impacto significativo económico es de s/. 32,958.00. A continuación, se detalla el cálculo de dicho costo:

Actualmente, la mina LA ARENA S.A. no sigue ni implementa un correcto Plan de Mantenimiento Preventivo, es por ello que además de la mala

planificación que se hace en la gestión mantenimiento y que se ve reflejada en el rendimiento de los equipos y/o maquinarias y rentabilidad por el número de fallas de las mismas, los proveedores que contratan solo cubren el proceso de reparación en acción de dichas máquinas; cuando la empresa requiere de los mismos para cumplir con la explotación y operación en planta mensual. Por tal motivo se plantea la implementación de un Check List que contemple tanto las características técnicas de dichas unidades de operación (maquinaria), la contratación de proveedores y un Programa de Plan de Mantenimiento Preventivo.

Tabla N° 07: Aumento del número de fallas de maquinaria Actual – Año 2016

| | |
|-----------------------|--------------|
| Aumento del N° Fallas | 72% |
| ROI Actual - Año 2016 | s/ 32,958.00 |

Fuente: Elaboración Propia

3) **No hay repuestos por los equipos críticos** dado que dicha maquinaria solo se efectúa un mantenimiento correctivo o se adquiere otra, mediante cotizaciones; causando una baja productividad, valorizada en pérdida de s/. 8,992.58. A continuación, se detalla el cálculo de dicho costo:

En base al diagnóstico de la eficiencia y gestión del mantenimiento de las maquinarias y/o equipos mineros no se ha logrado determinar la entrada y salida de los repuestos para los equipos críticos, dado que al momento de iniciar las operaciones después del mantenimiento correctivo, dichos repuestos no se encuentran o el personal de almacén de mantenimiento en mina demoran en encontrar generando sobrecostos a la actividad minera. Se ha logrado diagnosticar que el tiempo en traslados y en la ubicación de las piezas y/o herramientas es muy larga, generando un impacto en términos de horas hombre para la ejecución de los servicios de mantenimiento, dado que los principales insumos se encuentran en el segundo piso y las unidades móviles no tienen acceso directo (estacionamiento y patio de maniobras) de las principales maquinaria y herramienta.

De tal manera se genera un costo de traslado por Mano de Obra Técnicas y horas de traslado, que son en total 14 horas por mes las que se pierden en la

búsqueda en almacén y/o orden de compra de dichos repuestos de los equipos críticos; resultando un valor de S/. 8,992.58 por hora perdida en la explotación del mineral.

Tabla N° 08: Costo por hora de traslado y MO en puestos de maquinaria-2016

| | | |
|--|--|---------------------|
| N° horas traslado: | Área 1- Área 2 - Área 3/Área 3- Área 2 - Área 1 (Hrs/ año) | 59.8 |
| Costos de traslado por MO técnica | | S/. 537,756.57 |
| S/ N° horas | | S/. 8,992.58 |

Fuente: Elaboración Propia

4) **Falta de Mantenimiento Productivo Total (TPM)** en base a indicadores que permitan establecer el estado actual de la maquinaria y el debido mantenimiento que deberían tener para ocasionar un menor gasto económico a la compañía minera, como son la lubricación y mantenimiento preventivo y/o correctivo de las unidades móviles, motores y ejes en la Planta Concentradora; que en el último año fue de s/.18,094.18. A continuación, se detalla el cálculo de dicho costo: Actualmente, en la mina La Arena S.A. no sigue ni implementa un correcto seguimiento y evaluación de las maquinarias de acarreo y/o carga, de material extraído de las concesiones mineras, de acuerdo a su funcionamiento e inactividad respecto al número de fallas que incurren por la falta de la gestión de mantenimiento en planta , es por ello se ve reflejada en la demanda de los proveedores de mantenimiento especializado, dado que influyen en la productividad por las compras de maquinarias de calibración de dichas empresas (proveedores de mantenimiento especializado) en ocasiones que no ameritan dicha contratación por inexperiencia de la aplicación del TPM. Además, se incurre en gastos excesivos de planilla porque en el último año se ha contratado por encima del 35% de personal de mantenimiento en los últimos 03 años. Ver el siguiente cuadro, donde se detallan los gastos por eficiencia de las máquinas de calibración de equipos y los costos de planilla por costos de contratación de personal.

| MECANICOS | Costo | | | |
|---------------------|----------|--------|-------|------------------|
| | Mes | Diario | hora | |
| Salario | 1,700.00 | 56.67 | 7.08 | |
| Sobre tiempo | 635.80 | 21.19 | 12.04 | 1.76 |
| Salario mes | 2,335.80 | | | |
| Asignación Familiar | 75.00 | | | |
| Essalud | 9% | 210.22 | | |
| Senati | 0.75% | 17.52 | | |
| CTS | 10% | 233.58 | | |
| SCTR | 2% | 46.72 | | 35 Tecnicos |
| Total | 2,918.84 | | | 1,225,911 |

| SOLDADORES | Costo | | | |
|---------------------|----------|--------|-------|------------------|
| | Mes | Diario | hora | |
| Salario | 1,750.00 | 58.33 | 7.29 | |
| Sobre tiempo | 654.50 | 21.82 | 12.40 | 1.76 |
| Salario mes | 2,404.50 | | | |
| Asignación Familiar | 75.00 | | | |
| Essalud | 9% | 210.22 | | |
| Senati | 0.75% | 17.52 | | |
| CTS | 10% | 233.58 | | |
| SCTR | 2% | 46.72 | | 30 Tecnicos |
| Total | 2,987.54 | | | 1,075,513 |

| MANTENIMIENTO PLANTA | Costo | | | |
|----------------------|----------|--------|--|--|
| | Mes | | | |
| Salario | 2,100.00 | | | |
| Sobre tiempo | - | | | |
| Salario mes | 2,100.00 | | | |
| Asignación Familiar | 75.00 | | | |
| Essalud | 9% | 210.22 | | |
| CTS | 10% | 233.58 | | |
| SCTR | 2% | 46.72 | | |
| Total | 2,665.52 | | | 8 MANTENIMIENTO PLANTA 255,890 |

| MANTENIMIENTO MINA | Costo | | | |
|---------------------|----------|--------|--|--------------------------|
| | Mes | | | |
| Salario | 2,300.00 | | | |
| Sobre tiempo | - | | | |
| Salario mes | 2,300.00 | | | |
| Asignación Familiar | 75.00 | | | |
| Essalud | 9% | 210.22 | | |
| CTS | 10% | 233.58 | | |
| SCTR | 2% | 46.72 | | |
| Total | 2,865.52 | | | 15 JMA 515,793 |

Mano de Obra técnica 88,516.3 soles/año por técnico
7,376.4 soles/mes
 245.9 soles/día
30.7 soles/hora

Mano de Obra administrativa 128613.828 soles/año
10717.819 soles/mes
 357.260633 soles/día
44.6575792 soles/hora

Total Mano de Obra y Planilla: **S/. 18,094.18**

5) **No existe una gestión por indicadores de KPI** dado que la relación entre maquinaria y mantenimiento con las horas -hombre y proceso no se han estructurado de manera detallada y no se ha implementado su control y gestión; ocasionando una pérdida de S/. 22,817.00 ((2) +(3) +(4)) **(Ver referencias del cuadro líneas abajo)**. A continuación, se detalla los cálculos de los costos:

| EQUIPOS MINA | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------|--------------------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----|----|
| RENDIMIENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SCOOP | CMC | Conv. + Avances | 78 | 70 | 81 | 78 | 73 | 67 | 64 | 74 | 71 | 79 | 72 | 66 | 72 | 72 | | | |
| | | Sub level Stopping | 111 | 96 | 108 | 97 | 96 | 85 | 77 | 92 | 87 | 91 | 95 | 90 | 85 | 91 | | | |
| | | FLOTA | 88 | 79 | 89 | 86 | 84 | 76 | 73 | 83 | 80 | 88 | 89 | 85 | 82 | 83 | 84 | | 2) |
| | OPERMIN | 48 | 50 | 52 | 50 | 55 | 56 | 57 | 58 | 62 | 59 | 59 | 58 | 59 | 57 | 79 | | | |
| | COMINCO | 69 | 54 | 73 | 77 | 86 | 72 | 70 | 73 | 71 | 67 | 79 | 76 | 87 | 75 | 93 | | | |
| JUMBOS | CMC | m.avance/eq. | 265 | 301 | 302 | 301 | 283 | 282 | 262 | 305 | 212 | 296 | 277 | 275 | 347 | 286 | 332 | | |
| | | m.perf./eq. | 10,099 | 10,268 | 10,608 | 9,589 | 10,545 | 9,188 | 8,274 | 8,758 | 6,815 | 8,954 | 8,983 | 8,248 | 8,414 | 8,943 | 11,266 | 3) | |
| | | m.perf./m.avance | 38 | 34 | 35 | 32 | 37 | 33 | 32 | 29 | 32 | 30 | 32 | 30 | 24 | 31 | | | |
| | OPERMIN | m.avance/eq. | 275 | 250 | 252 | 255 | 291 | 301 | 295 | 302 | 302 | 301 | 358 | 333 | 337 | 302 | 342 | | |
| | | m.perf./eq. | 15,722 | 14,687 | 9,409 | 9,708 | 12,219 | 12,211 | 11,918 | 12,234 | 11,468 | 11,468 | 13,602 | 12,635 | 12816 | 11,790 | 11,487 | 4) | |
| | | m.perf./m.avance | 57 | 57 | 37 | 38 | 42 | 41 | 40 | 41 | 38 | 38 | 38 | 38 | 38 | 39 | | | |
| | COMINCO | m.avance/eq. | 235 | 269 | 188 | 222 | 215 | 263 | 269 | 300 | 249 | 360 | 353 | 355 | 347 | 284 | 270 | | |
| | | m.perf./eq. | 14,874 | 13,096 | 7,196 | 8,924 | 8,934 | 11,889 | 11,440 | 12,390 | 11,095 | 13,826 | 13,498 | 14,619 | 14,965 | 11,707 | | 5) | |
| | | m.perf./m.avance | 63 | 49 | 38 | 40 | 42 | 45 | 42 | 41 | 45 | 38 | 38 | 41 | 43 | 41 | | | |
| SIMBAS | J03 | m.perf./mes | - | 4,323 | - | 2,571 | 5,803 | 5,037 | 6,934 | 4,313 | 3,724 | 4,280 | 7,858 | 5,158 | 4,632 | 5,029 | | | |
| | J04 | m.perf./mes | 5,127 | 5,272 | 5,549 | 4,185 | 3,623 | 4,645 | 4,398 | 4,185 | 4,948 | 5,602 | 4,489 | 4,177 | 3,865 | 4,515 | | | |
| | S10 | m.perf./mes | 7,263 | 6,275 | 6,849 | 5,546 | 6,234 | 4,257 | 5,696 | 3,804 | 4,056 | 7,847 | 3,520 | 3,821 | 6,267 | 5,263 | | | |
| | S11 | m.perf./mes | 6,341 | 6,946 | 8,180 | 5,107 | 6,393 | 6,118 | 6,224 | 6,940 | 6,413 | 6,649 | 7,261 | 8,725 | 6,004 | 6,728 | | | |
| | Raptor | m.perf./mes | 5,154 | 4,409 | 5,065 | 4,320 | 1,871 | - | - | - | - | - | - | - | - | 3,752 | | | |

En donde, se detalla que:

(2) la disminución del rendimiento de la flota scoop en 3 tn/hr (máquina de acarreo simple) por la falta de mantenimiento preventivo de equipos en 72 horas.

(3) el incremento de perforación de los equipos Jumbo en 498 m (2%) se debe al mayor rendimiento de 2 equipos: J06 en 31.1% y J09 en 17.2% respecto al mes de octubre.

(4) OPERMIN incrementa el metraje de perforación en 181 m. (1.4%) respecto al mes de octubre del 2016.

Además, la empresa precisa que la Eficiencia Operativa (OEE) actual de la compañía minera es del 40% debido a los problemas de mantenimiento y/o

disponibilidad de los equipos, así como del cumplimiento del programa de producción y/o extracción.

3.3 Identificación del problema e indicadores actuales

Diagrama N° 03: Diagrama de Ishikawa del área de Mantenimiento

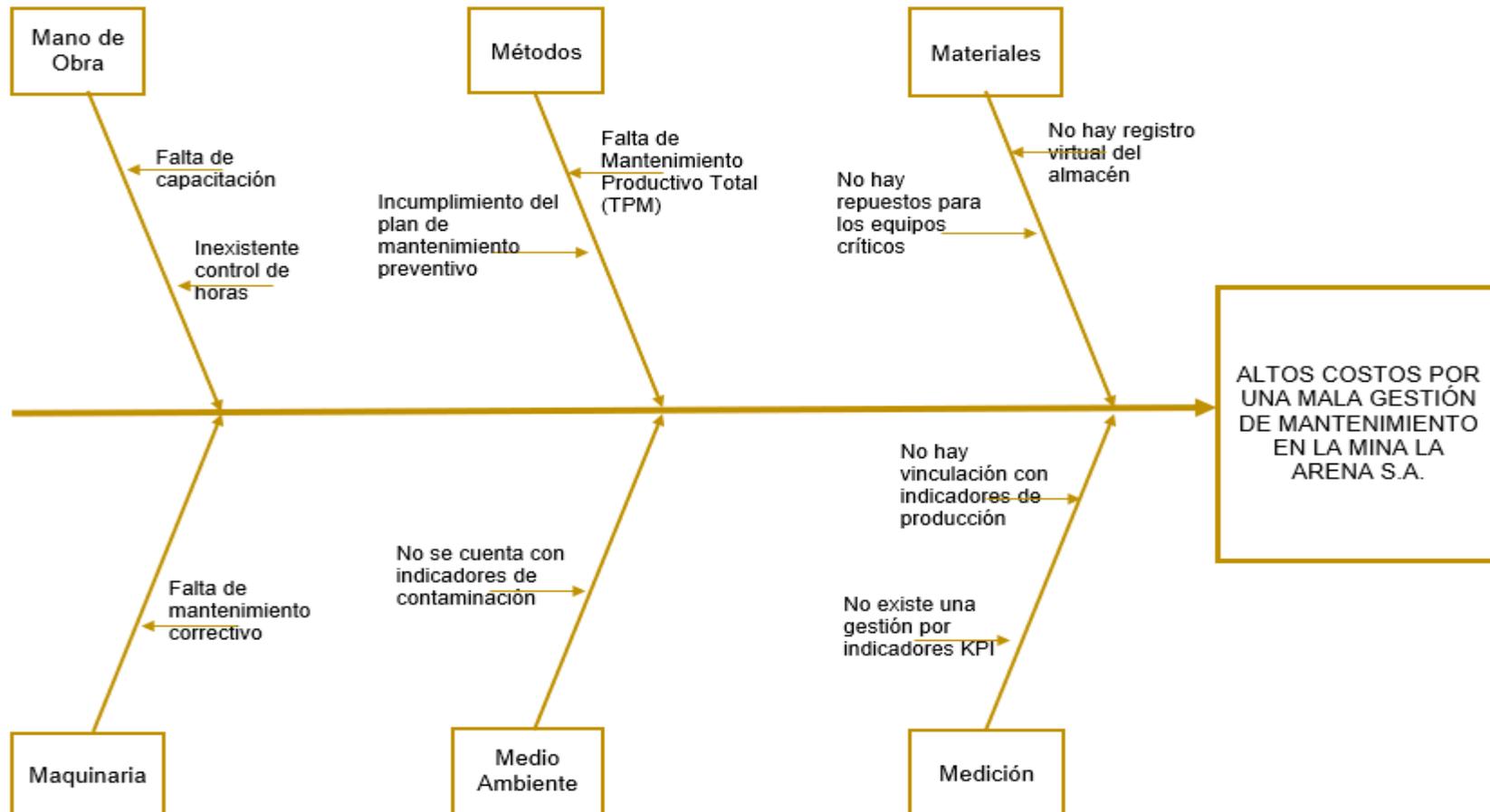


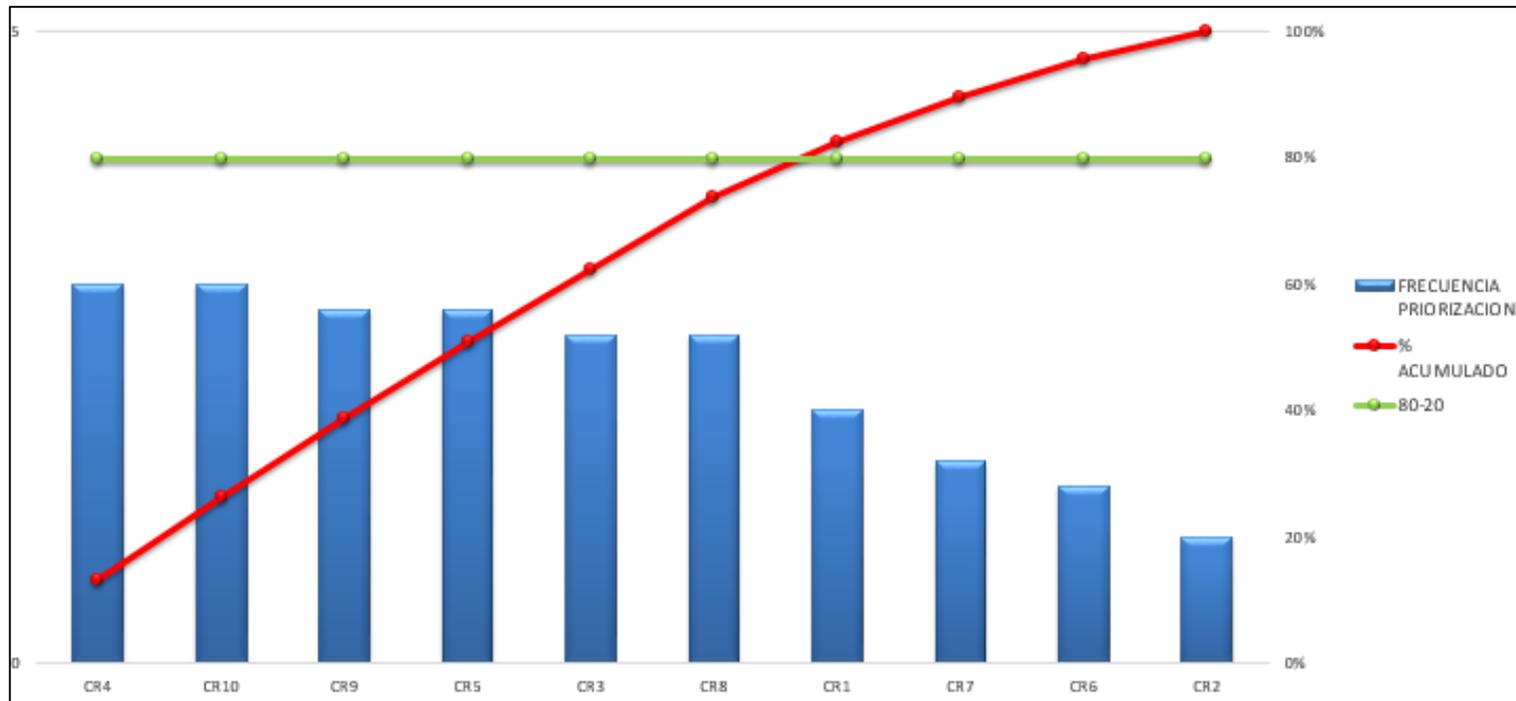
Tabla N° 03: Priorización de Causas Raíces

Se evaluaron las causas mediante encuestas para establecer un orden de prioridad y atacar a las causas más importantes

| CAUSAS Resultados/Impacto Económico Encuestas | GESTIÓN MANTENIMIENTO | | | | | | | | | |
|--|----------------------------|-----------------------------------|--|--|--|---|--|--|---|---|
| | MANO DE OBRA | | MAQUINARIA | MÉTODOS | | MEDIO AMBIENTE | MÉTODOS | | | MEDICIÓN |
| | CR1: Falta de Capacitación | CR2: Inexistente control de horas | CR3: Falta de Mantenimiento Correctivo | CR4: Incumplimiento del plan de mantenimiento preventivo | CR5: Falta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) | CR6: No se cuenta con indicadores de contaminación. | CR7: No hay registro virtual del almacén | CR8: No hay repuestos por los equipos críticos | CR9: No hay vinculación con indicadores de producción | CR10: No existe una gestión por indicadores KPI |
| Gerente General | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Operario 1 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Asistente Mantenimiento | 2 | 1 | 2 | 3 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 |
| Jefe Mantenimiento | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 | 2 | 1 | 3 | 3 | 3 |
| Supervisor de Producción Mina Planta | 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 |
| CALIFICACION TOTAL | 10 | 5 | 13 | 15 | 14 | 7 | 8 | 13 | 14 | 15 |

Fuente: Elaboración Propia

Tabla N° 04: Diagrama de Pareto



Fuente: Elaboración Propia

Según la clasificación se considera relevante las causas: CR4, CR10, CR9, CR5, CR3 y CR8. Por otro lado, CR1, CR7, CR6 y CR2 no entran en esta clasificación.

4.2. Cuadro de indicadores

Tabla N° 05: Diagnóstico Situacional de la Gestión Mantenimiento de la mina La Arena S.A.

| DIAGNÓSTICO: INDICADORES EN LA GESTIÓN MANTENIMIENTO | | | | | | | | | |
|--|---|--|--|----------------------------------|----------------------|--------------------------|---|----------------------------------|--------------------------|
| Cr | Causa | Indicador | Fórmula | Unidad de Medición del Indicador | Situación Actual (1) | Meta de Cumplimiento (2) | Beneficio de la propuesta de mejora (1) +-(2) | Herramienta de Mejora | Metodología |
| CR3 | Falta de mantenimiento preventivo | % Paradas de Planta | Horas de Paradas de planta / Horas de Producción | % | 15% | 5% | 10% | Plan de Mantenimiento Preventivo | GESTIÓN DE MANTENIMIENTO |
| | | Costo Lucro cesante | Costo por parada de producción | S/. | 45,134.00 | 12,500.00 | 32,634.00 | | |
| CR4 | No existe procedimientos estandarizados para el mantenimiento | % Procedimiento de mantenimiento estandarizado | (#procedimientos estandarizados/ # producción total) *100% | % | 20% | 72% | 52% | Gestión de Procesos (BPM) | |
| CR5 | Falta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) | Cumplimiento MTTF | Tiempo Total de producción/ #fallas en unidades | N° Horas | 59.9 | 22.5 | 37.4 | TPM (KAIZEN - HOZEN) | |
| CR8 | No hay repuestos por los equipos críticos | Tiempo promedio para conseguir repuestos | Tiempo total / # compras por repuestos | N° Horas traslado | 2.10 | 0.65 | 1.45 | | |
| | | Costo promedio por compra de repuestos | Costo total por compras/ # compras por repuestos | S/. | 2285.60 | 998.67 | 1,286.93 | | |
| CR10 | No existe una gestión por indicadores de KPI | Eficiencia Operativa (OEE) | % Disponibilidad de equipos* % tasa de calidad* %cumplimiento del programa de producción | % | 40% | 70.8% | 30.8% | | |

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 4: SOLUCIÓN PROPUESTA

4.1 Definición de las propuestas de mejora

Una vez identificadas las causas raíces de la baja rentabilidad en la Gestión Logística; los cuales se muestra a continuación en la tabla N° 06.

Tabla N° 06: Causas Raíces de los altos costos operativos

| Cr | Causa |
|------|---|
| CR3 | Falta de mantenimiento preventivo |
| CR4 | No existe procedimientos estandarizados para el mantenimiento |
| CR5 | Falta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) |
| CR8 | No hay repuestos por los equipos críticos |
| CR10 | No existe una gestión por indicadores de KPI |

Fuente: Elaboración propia

Para dar solución a estas causas, se procedió a determinar las herramientas que utilizaremos para cada causa raíz. Luego de establecer las herramientas de mejora que se van a utilizar para cada una de las causas raíz, se concluyó que serán 3 herramientas las que se utilizarán en el desarrollo de la propuesta de mejora, agrupando causas raíces con carácter vinculante en el desarrollo de su actividad y complementariedad en el logro esperado.

A continuación, se detallan cómo se agruparon las propuestas de mejora en relación a las causas raíz:

Tabla N° 07: Propuestas de mejora

| DIAGNÓSTICO: INDICADORES EN LA GESTIÓN MANTENIMIENTO | | | |
|---|---|----------------------------------|--------------------------|
| Cr | Causa | Herramienta de Mejora | Metodología |
| CR3 | Falta de mantenimiento preventivo | Plan de Mantenimiento Preventivo | GESTIÓN DE MANTENIMIENTO |
| CR4 | No existe procedimientos estandarizados para el mantenimiento | Gestión de Procesos (BPM) | |
| CR5 | Falta de Mantenimiento Productivo Total (TPM) | TPM (KAIZEN - HOZEN) | |
| CR8 | No hay repuestos por los equipos críticos | | |
| CR10 | No existe una gestión por indicadores de KPI | | |

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver en la tabla N° 07, se muestra las propuestas de solución para cada causa raíz y la metodología que aplicaremos a lo largo del desarrollo de la presente investigación.

4.2 Desarrollo de propuestas de mejora

A continuación, se desarrollará las propuestas de mejora mencionadas en la tabla N° 07.

Para dar solución a la primera causas raíz se planteó como propuesta de mejora a la falta de mantenimiento y accesorios o repuestos a través de un Plan de Mantenimiento Preventivo.

➤ Falta de Mantenimiento Preventivo (Cr3)

A continuación, se muestra el desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo:

A. Plan de Mantenimiento Preventivo

Tal como se apreció en el diagnóstico en la Gestión de Mantenimiento de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, las operaciones de mantenimiento mina se ejecutan con una frecuencia no determinada; es decir cuando se presentan fallas y/o averías dado que incurre en costos de lucro cesante y por ende en paradas de planta de procesos debido a que las actividades de carguío, explotación y acarreo se ven afectadas por dichos motivos.

a. Plan de Mantenimiento Preventivo

Para elaborar la propuesta de Implementación de un plan de mantenimiento para la maquinaria de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, se debe tener en cuenta las necesidades de cambio e implementación que esta requiere en cuanto a su estructura.

Para que los trabajos sean eficientes se debe controlar y planificar las acciones llevadas a cabo en el mantenimiento para así reducir costos en mano de obra y paros de las máquinas.

Cuadro Registro (marzo 2017 – febrero 2018)

| GRUPOS | Registro (marzo 2015-febrero 2016) | | | | |
|------------------------|------------------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|--------------------|
| | Unidades | T. Programado (Horas) | T. Real (Horas) | T. parada (Horas) | Disponibilidad (%) |
| Equipos de Excavacion | 12 | 20,592.00 | 12,979.20 | 7,612.80 | 63.03% |
| Minicargadores | 8 | 13,513.50 | 10,356.30 | 3,157.20 | 76.64% |
| Rodillos Compactadores | 8 | 333.00 | 176.00 | 157.00 | 52.85% |
| Compresores | 4 | 2,310.00 | 1,537.10 | 772.90 | 66.54% |
| Concrete Mixer | 1 | 264.00 | 220.00 | 44.00 | 83.33% |
| TOTAL | 33 | 37,012.50 | 25,268.60 | 11,743.90 | 68.27% |

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en el cuadro, al analizar la data correspondiente a 01 año podemos afirmar que la disponibilidad comparada al análisis de data de 06 meses es similar a la hallada en el análisis preliminar en la que se obtuvo una disponibilidad general de 67.61%.

Aun así, se tiene Disponibilidad total de 68.27% lo cual está muy por debajo

del promedio aceptable el cual debe ser mayor al 90%.

El punto más alto es alcanzado por los Minicargadores con 76.64% y los Rodillos compactadores con la Disponibilidad Actual más baja con un valor de 52.85%.

Los Equipos de excavación son los más importantes, debido a que de ellos depende la ejecución de la primera partida contractual en la mayoría de Obras de Movimiento de Tierras y Excavación.

Su reemplazo por una parada se ve reflejado en tiempo y muchas veces altos costos de alquiler de maquinaria si los tiempos de reparación de las maquinas propias son prolongados. Vemos que su valor de disponibilidad en los últimos 12 meses es de 63.03% el cual con la presente propuesta se podría incrementar sustancialmente.

Los datos anteriormente presentados fueron obtenidos directamente de la empresa, y evaluados por tipo de Equipos, comenzaremos detallando la data de los Equipos de excavación los cuales son presentados a continuación.

La empresa trabaja con diferentes marcas en sus equipos de excavación, dentro de las cuales tenemos JCB, TEREX, CAT y JHON DEERE.

Cuadro Disponibilidad de Equipos de Excavación (marzo 2017 – febrero 2018)

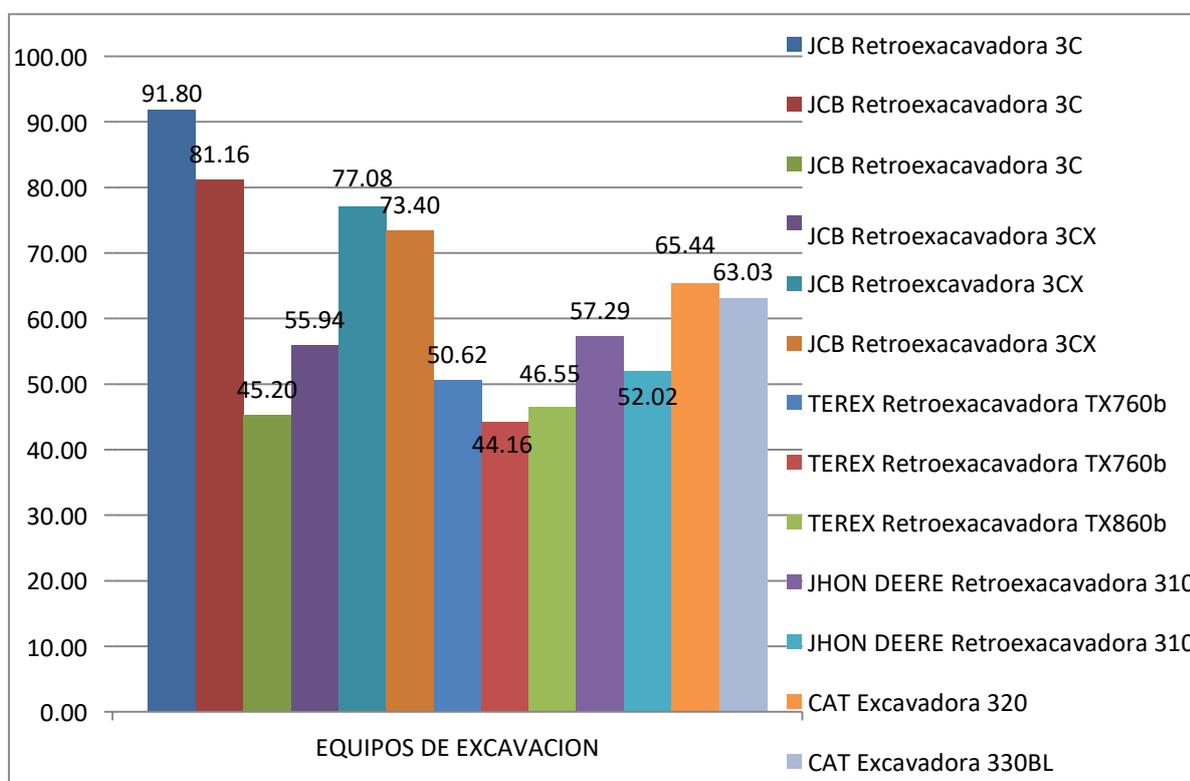
| MARCA | EQUIPOS | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | Disponibilidad (%) |
|------------|-----------------|--------|------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | T. parada | |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 1,930.5 | 1,772.2 | 158.3 | 91.80 |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 1,930.5 | 1,566.7 | 363.8 | 81.16 |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2010 | 1,287.0 | 581.8 | 705.2 | 45.20 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2009 | 1,287.0 | 720.0 | 567.0 | 55.94 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 1,930.5 | 1,488.0 | 442.5 | 77.08 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 1,930.5 | 1,417.0 | 513.5 | 73.40 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2007 | 1,930.5 | 977.3 | 953.2 | 50.62 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2009 | 1,930.5 | 852.5 | 1,078.0 | 44.16 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX860b | 2009 | 1,287.0 | 599.0 | 688.0 | 46.55 |
| JHON DEERE | Retroexcavadora | 310 | 2001 | 1,287.0 | 737.3 | 549.7 | 57.29 |
| CAT | Excavadora | 320 | 2002 | 1,930.5 | 1,004.2 | 926.3 | 52.02 |
| CAT | Excavadora | 330BL | 2005 | 1,930.5 | 1,263.4 | 667.1 | 65.44 |
| | | | | 20,592.00 | 12,979.20 | 7,612.80 | 63.03 |

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado del análisis de disponibilidad de los Equipos de excavación que hemos agrupado se tiene un total de 63.03% la cual es una cifra alarmante, ya que los equipos de excavación representan una gran cuota en la mayor cantidad de obras, la gestión de su disponibilidad podría reducir costos de una manera positiva en todo tipo de ejecución de obras.

En el cuadro de disponibilidad de Equipos de Excavación se observa que los Equipos con menor antigüedad son los que presentan mayor disponibilidad, esto se debe a que presentan menos fallas por ser relativamente nuevos, conforme van pasando los años y las horas de uso, las paradas correctivas disminuyen cada vez más la disponibilidad de los mismos.

Grafica Disponibilidad de Equipos de Excavación (marzo 2017 – febrero 2018)



Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en la Grafica los equipos con mayor disponibilidad son los que la empresa adquirió últimamente, o los equipos más nuevos. Teniendo como punto máximo a una Retroexcavadora JCB con 91.80% de disponibilidad y la menor disponibilidad se encuentra representada por una retroexcavadora TEREX TX760b con 44.16%.

Siguiendo con el análisis del estudio se presenta a continuación la data

correspondiente a los Minicargadores, los cuales son indispensables en todo tipo de obra, ya que su versatilidad permite traslado y manejo de materiales en espacios reducidos.

En cuanto a marcas de Equipos Minicargadores, MANFER S.R.L. trabaja con las siguientes Marcas: JCB, BOBCAT y CATERPILLAR.

Cuadro Disponibilidad de Minicargadores (marzo 2017 – febrero 2018)

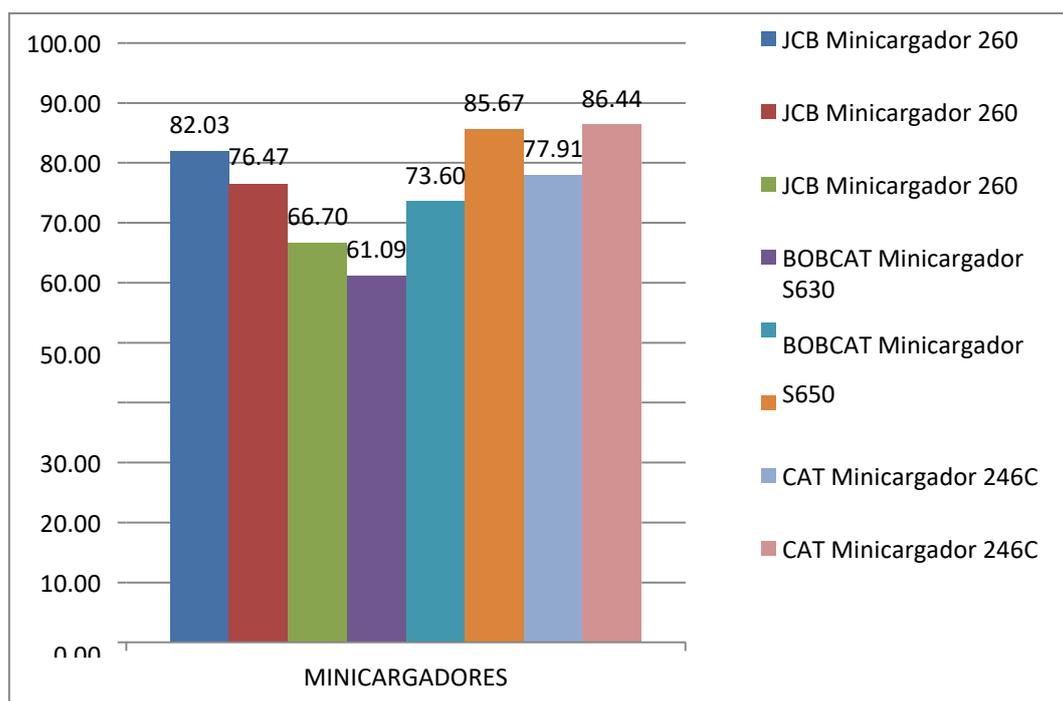
| MARCA | EQUIPO | MODELO | ANO | REGISTRO | | | Disponibilidad (%) |
|--------|--------------|--------|------|------------------|------------------|-----------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | T. parada | |
| JCB | Minicargador | 260 | 2013 | 1,930.5 | 1,583.6 | 346.9 | 82.03 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2011 | 1,930.5 | 1,476.3 | 454.2 | 76.47 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2012 | 1,930.5 | 1,287.6 | 642.9 | 66.70 |
| BOBCAT | Minicargador | S630 | 2009 | 1,287.0 | 786.3 | 500.8 | 61.09 |
| BOBCAT | Minicargador | S650 | 2008 | 1,287.0 | 947.2 | 339.8 | 73.60 |
| JCB | Minicargador | 225 | 2011 | 1,287.0 | 1,102.6 | 184.4 | 85.67 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2014 | 1,930.5 | 1,504.1 | 426.5 | 77.91 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2013 | 1,930.5 | 1,668.7 | 261.8 | 86.44 |
| | | | | 13,513.50 | 10,356.30 | 3,157.20 | 76.64 |

Fuente: Elaboración Propia

Al analizar la data de disponibilidad de los 08 Mini-cargadores que tiene la empresa, arroja una disponibilidad total de 76.64%, si bien es cierto es la cifra más alta en cuanto a la agrupación de Equipos, siguen muy por debajo de la Disponibilidad deseada.

A modo de facilitar el análisis de Disponibilidad de los Mini- cargadores, se presenta una gráfica de barras en la cual podemos observar la disponibilidad individual de los 08 Equipos mencionados.

Grafica Disponibilidad de Mini-cargadores (marzo 2017 – febrero 2018)



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar la mayor disponibilidad en los Mini- cargadores, está representada por un CAT 246C con un valor de 86.44% y la disponibilidad menor proviene de un BOBCAT 61.09%.

Luego presentamos el análisis de data histórica concerniente a los Rodillos Compactadores, estos Equipos se utilizan como su nombre lo dice para la compactación de suelos, terrenos, tapado de zanjas, etc.

Los Rodillos Compactadores utilizados en la empresa son de las siguientes marcas: DYNAPAC y CATERPILLAR.

Cuadro Disponibilidad de Rodillos Compactadores (marzo 2017 – febrero 2018)

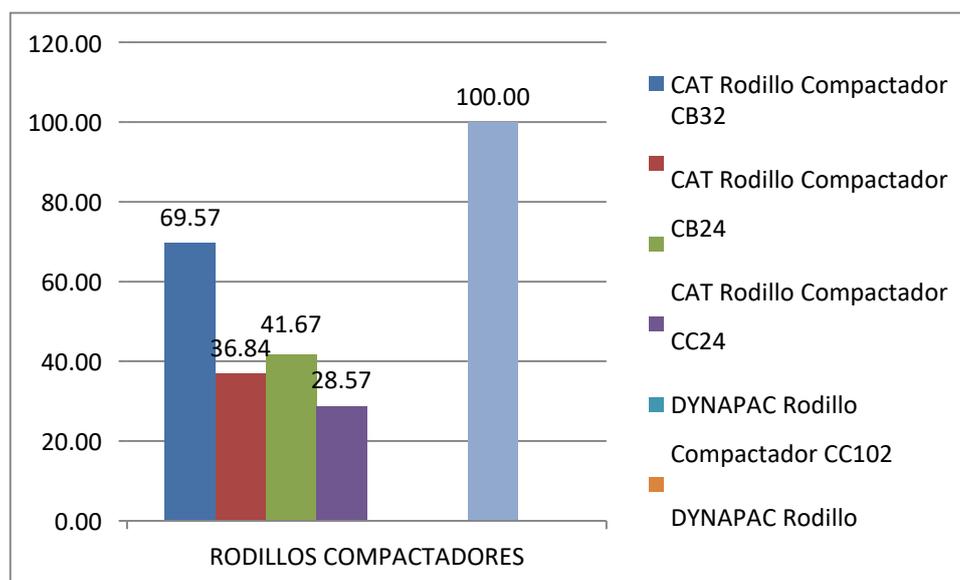
| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | Disponibilidad (%) |
|-------|---------------------|--------|------|----------|---------|-----------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | T. parada | |
| CAT | Rodillo Compactador | CB32 | 2011 | 115 | 80 | 35 | 69.57 |
| CAT | Rodillo Compactador | CB24 | 2011 | 95 | 35 | 60 | 36.84 |
| CAT | Rodillo Compactador | CC24 | 2011 | 72 | 30 | 42 | 41.67 |

| | | | | | | | |
|---------|---------------------|-------|------|------------|------------|------------|--------------|
| DYNAPAC | Rodillo Compactador | CC102 | 2007 | 28 | 8 | 20 | 28.57 |
| DYNAPAC | Rodillo Compactador | CC102 | 2007 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| DYNAPAC | Rodillo Compactador | CC900 | 2005 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| DYNAPAC | Rodillo Compactador | CC122 | 2002 | 23 | 23 | 0 | 100.00 |
| DYNAPAC | Rodillo Compactador | CC900 | 2001 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | 333 | 176 | 157 | 52.85 |

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro de análisis de disponibilidad de Rodillos Compactadores, arroja una disponibilidad total de los 08 Equipos igual a 52.85%, la cual si se considera alarmante. A pesar de tener 08 Rodillos en el último año se tiene data de utilización de 05, los otros 03 están considerados como Inoperativos debido a su antigüedad o deficiencia.

Grafica 3.7. Disponibilidad de Rodillos Compactadores (marzo 2017 – febrero 2018)



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Grafica Uno de los rodillos presenta disponibilidad de 100% debido al bajo requerimiento de los mismo, el menor dato lo obtuvo un DYNAPAC CC102 con 28.57%. Es importante mencionar

que los Equipos se encuentran en distintas obras o proyectos, motivo por el cual su transporte es limitado. Debido a esto todos los Equipos deben tener una disponibilidad mayor al 90% para ser utilizados en el frente de trabajo que se requiera, sin necesidad de transportarlos de un lado a otro para cubrir el requerimiento de horas-maquina.

A continuación, se detalla el análisis de data histórica referente a las Compresoras Neumáticas, la empresa cuenta con 04 de estas, 02 de marca SULLAIR y 02 ATLAS COPCO.

Estos Equipos funcionan con mangueras de aire, las cuales van conectadas a la compresora de uno de los lados, y del otro extremo funcionan con Martillos Neumáticos, estos se utilizan generalmente para trabajos de demolición o trituración de roca presente en el terreno.

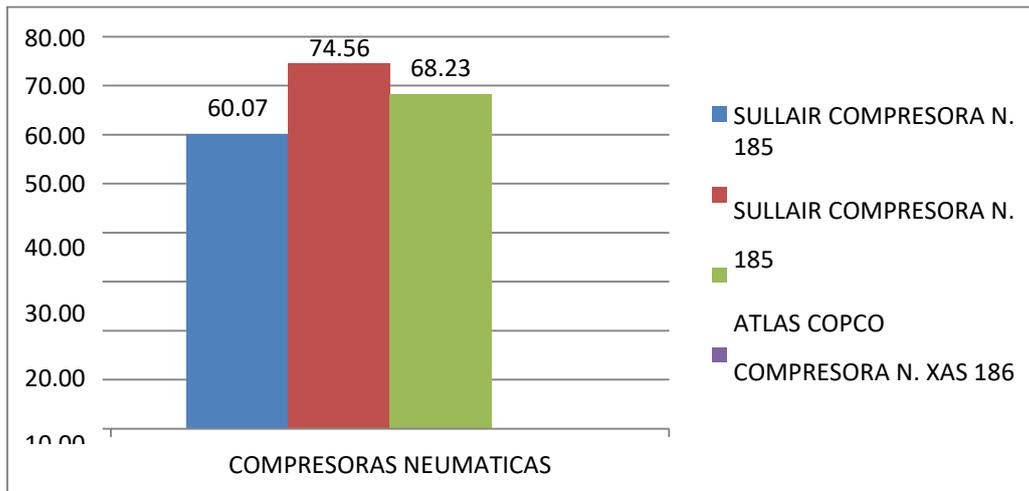
Cuadro Disponibilidad de Compresoras Neumáticas (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | ANO | REGISTRO | | | Disponibilidad (%) |
|-------------|---------------|---------|------|----------|---------|-----------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | T. parada | |
| SULLAIR | COMPRESORA N. | 185 | 2012 | 990 | 594.7 | 395.3 | 60.07 |
| SULLAIR | COMPRESORA N. | 185 | 2009 | 660 | 492.1 | 167.9 | 74.56 |
| ATLAS COPCO | COMPRESORA N. | XAS 186 | 2003 | 660 | 450.3 | 209.7 | 68.23 |
| ATLAS COPCO | COMPRESORA N. | XAS 96 | 2001 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | 2310 | 1537.1 | 772.9 | 66.54 |

Fuente: Elaboración Propia

La disponibilidad total según la data presentada en el cuadro anterior, es de 66.54% considerando los 04 Compresores Neumáticos, uno de ellos no fue utilizado en el periodo de los últimos 12 meses.

Grafica Disponibilidad de Compresoras Neumáticas (marzo 2017 – febrero 2018)



Fuente: Elaboración Propia

Como se puede observar en la Gráfica, la disponibilidad más elevada está representada por la compresora SULLAIR N185 con un valor de 74.56%, y el valor más bajo está representado por el valor de 60.07% por un Equipo de las mismas características.

Finalmente se presenta el cuadro de disponibilidad del Equipo mezclador de Concreto, el cual fue adquirido para reemplazar los altos costos de mano de obra que se utilizan en la preparación de concreto mediante mezcladoras pequeñas, las cuales utilizan abundante mano de obra, y excesivo tiempo por su corta capacidad de volumen.

Cuadro Disponibilidad de Concrete Mixer (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | Disponibilidad (%) |
|-------|----------------|-------------|------|----------|---------|-----------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | T. parada | |
| TEREX | Concrete Mixer | MARINER 35G | 2011 | 264 | 220 | 44 | 83.33 |

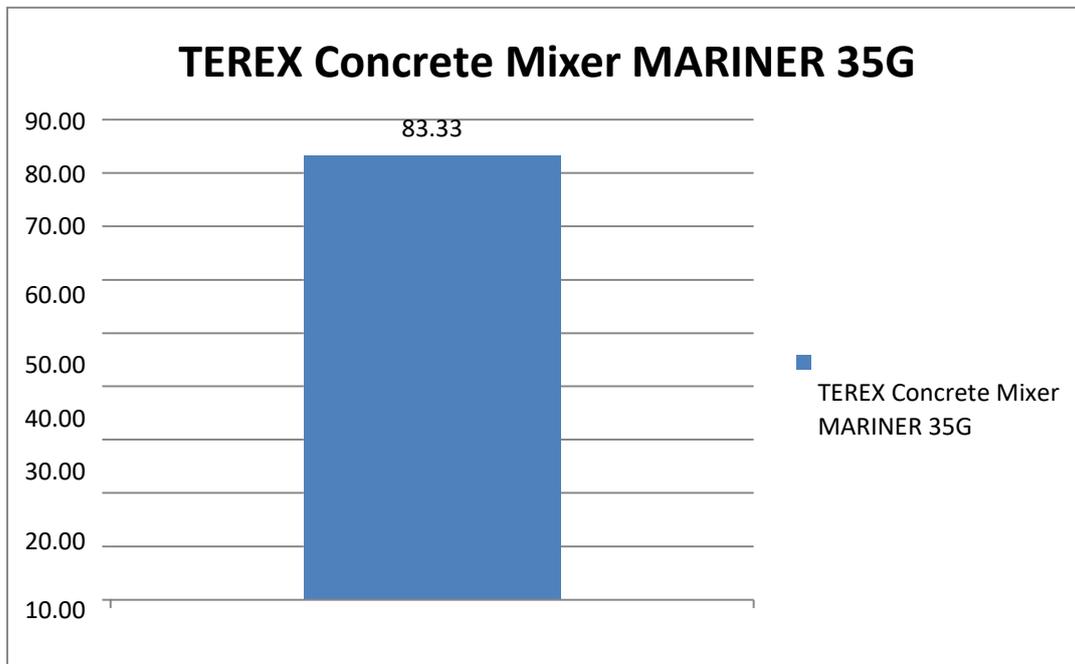
Fuente: Elaboración Propia

El equipo presenta una Disponibilidad en los últimos 12 meses del 83.33% la cual es una cifra cercana al objetivo planteado, y se debe a que debe estar en

constante limpieza, debido a que el concreto suele adherirse a las paredes de la cámara de mezclado.

A continuación, se muestran los datos mencionados en un gráfico de barras.

Grafica 3.9. Disponibilidad de Concrete Mixer (marzo 2017 – febrero 2018)



Fuente: Elaboración Propia

El Concrete Mixer, es operado por una persona, y tiene la función de autoabastecimiento, la cual le permite llenar la cámara de mezclado con agua, cemento y agregados, por sus propios medios.

ANALISIS DE TIEMPO DE PARADA

Nuevamente tomaremos la data histórica de la empresa, la misma que fue proporcionada por cada administrador de obra mediante partes diarios de utilización de cada Equipo.

Es importante mencionar que, en esta parte del Estudio, se consignará como objetivo el llevar a los Equipos al 90% de disponibilidad, asumiendo que el 10% restante corresponde a Tiempos de Mantenimiento Preventivo y Engrases y eventuales paradas para correctivos.

Seiichi Nakajima (1991), define las condiciones ideales de eficacia, teniendo en cuenta el comportamiento óptimo de estos indicadores, partiendo de que, Mínima disponibilidad del equipo debe ser el 90%.

El modelo de mantenimiento de alta disponibilidad es el más exigente y exhaustivo de todos. Se aplica en aquellos equipos que bajo ningún concepto pueden sufrir una avería o un mal funcionamiento. Son equipos a los que se exige, además, unos niveles de disponibilidad altísimos, por encima del 90%. La razón de un nivel tan alto de disponibilidad es en general el alto costo en producción que tiene una avería.

a) GASTOS DE ALQUILER

Mediante la determinación de la diferencia que existe actualmente entre la disponibilidad Real y el 90% esperado, se hallara la cantidad de Horas que el Equipo estuvo parado innecesariamente, estas horas representan un valor en dinero pues se necesitara reemplazar un porcentaje de estas horas perdidas, con el alquiler de un Equipo alternativo para evitar caer en retrasos.

Se dice que solo un porcentaje de estas horas serán reemplazadas con el alquiler de Equipos alternativos, pues el resto influyen directamente en la pérdida de productividad de la mano de obra, pues muchas veces serán destinados a realizar otras tareas, estos costos serán evaluados por separado.

Equipos de Excavación

A continuación, se presenta un cuadro el cual se muestra el Tiempo de Horas Maquina Parada de los Equipos de Excavación.

Cuadro Tiempo H/Maquina Parada en Equipos de Excavación calculado al 90% de disponibilidad Esperada.

(marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPOS | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | | | Disponibilidad (%) |
|--------------|-----------------|--------|------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | H/Maq. Parada | Tiempo OPTIMO 90% | T. Preventivo 10% | |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 1,930.5 | 1,772.2 | 0.0 | 1,772.2 | 158.3 | 91.80 |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 1,930.5 | 1,566.7 | 171.0 | 1,737.7 | 192.8 | 90.0 |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2010 | 1,287.0 | 581.8 | 577.0 | 1,158.8 | 128.2 | 90.0 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2009 | 1,287.0 | 720.0 | 439.0 | 1,159.0 | 128.0 | 90.0 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 1,930.5 | 1,488.0 | 250.0 | 1,738.0 | 192.5 | 90.0 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 1,930.5 | 1,417.0 | 321.0 | 1,738.0 | 192.5 | 90.0 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2007 | 1,930.5 | 977.3 | 761.0 | 1,738.3 | 192.2 | 90.0 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2009 | 1,930.5 | 852.5 | 885.0 | 1,737.5 | 193.0 | 90.0 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX860b | 2009 | 1,287.0 | 599.0 | 560.0 | 1,159.0 | 128.0 | 90.0 |
| JHON DEERE | Retroexcavadora | 310 | 2001 | 1,287.0 | 737.3 | 421.0 | 1,158.3 | 128.7 | 90.0 |
| CAT | Excavadora | 320 | 2002 | 1,930.5 | 1,004.2 | 734.0 | 1,738.2 | 192.3 | 90.0 |
| CAT | Excavadora | 330BL | 2005 | 1,930.5 | 1,263.4 | 474.0 | 1,737.4 | 193.1 | 90.0 |
| TOTAL | | | | 20,592.00 | 12,979.40 | 5,593.00 | 18,572.40 | 2,019.60 | 90.19 |

Fuente: Elaboración Propia

En el primer caso se seguirá utilizando el dato de 91.80% de disponibilidad pues el registro indica que este equipo es utilizado es de los más nuevos, lo cual demuestra que ha llevado no solo una buena operación del Equipo, si no también que se llevó su correcto mantenimiento Preventivo.

El resto de datos marcado con color amarillo representa la cantidad de horas que la maquina estuvo parada en los distintos proyectos en los que Operaron, durante el periodo marzo 2015- febrero 2016.

Una vez obtenidas las horas de Maquina Parada, se procederá a identificar la influencia de este tiempo directamente en los costos de la empresa, representándolos como pérdidas económicas.

Cuadro Costos de alquiler que incurren las H. Maquina Parada en Equipos de Excavación (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPOS | MODELO | AÑO | H/Maq. Parada | Alquiler (45%) de horas paradas | Costos | | | | |
|------------|-----------------|--------|------|---------------|---------------------------------|-----------------------------|--------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | | | | | Costo Alquiler Equipo/ Hora | Gastos de Alquiler | Total Costos Operacion H/Maq (*) | Gastos de operación de Maq. | Costo Real x Alquiler de MAQ |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 0.00 | 0 | S/. 100.00 | 0 | | 0 | S/. - |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2013 | 170.98 | 76.941 | S/. 100.00 | S/. 7,694.10 | S/. 30.07 | S/. 2,313.62 | S/. 5,380.48 |
| JCB | Retroexcavadora | 3C | 2010 | 577.04 | 259.668 | S/. 100.00 | S/. 25,966.80 | S/. 30.07 | S/. 7,808.22 | S/. 18,158.58 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2009 | 439.00 | 197.55 | S/. 100.00 | S/. 19,755.00 | S/. 30.07 | S/. 5,940.33 | S/. 13,814.67 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 250.00 | 112.5 | S/. 100.00 | S/. 11,250.00 | S/. 30.07 | S/. 3,382.88 | S/. 7,867.13 |
| JCB | Retroexcavadora | 3CX | 2011 | 321.04 | 144.468 | S/. 100.00 | S/. 14,446.80 | S/. 30.07 | S/. 4,344.15 | S/. 10,102.65 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2007 | 761.02 | 342.459 | S/. 100.00 | S/. 34,245.90 | S/. 30.07 | S/. 10,297.74 | S/. 23,948.16 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX760b | 2009 | 885.02 | 398.259 | S/. 100.00 | S/. 39,825.90 | S/. 30.07 | S/. 11,975.65 | S/. 27,850.25 |
| TEREX | Retroexcavadora | TX860b | 2009 | 559.96 | 251.982 | S/. 100.00 | S/. 25,198.20 | S/. 30.07 | S/. 7,577.10 | S/. 17,621.10 |
| JHON DEERE | Retroexcavadora | 310 | 2001 | 421.02 | 189.459 | S/. 100.00 | S/. 18,945.90 | S/. 30.07 | S/. 5,697.03 | S/. 13,248.87 |
| CAT | Excavadora | 320 | 2002 | 734.04 | 330.318 | S/. 280.00 | S/. 92,489.04 | S/. 42.51 | S/. 14,042.92 | S/. 78,446.12 |
| CAT | Excavadora | 330BL | 2005 | 474.04 | 213.318 | S/. 320.00 | S/. 68,261.76 | S/. 44.47 | S/. 9,486.96 | S/. 58,774.80 |
| | | | | TOTAL | 2516.922 | | S/. 358,079.40 | | S/. 82,866.59 | S/. 275,212.81 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la tabla las horas Maquina parada se ven reflejadas en Costos de Alquiler Adicionales los cuales según el Focus Group realizado, se alquilan un promedio de 45% de las horas de maquina parada, el resto se cubre con desvío de recursos para producción más eficiente. A este costo se le debe descontar los costos de operación que hubiésemos incurrido al utilizar nuestros equipos para hallar el costo real.

Mini cargadores

Se hace lo mismo en el caso de los Minicargadores, consideraremos un 90% de Disponibilidad para obtener aquel tiempo H/Maquina Parada.

En el siguiente cuadro se podrá observar que debido a que la Disponibilidad Real que tienen los Equipos su tiempo de parada es menor comparándola con los Equipos de Excavación

Cuadro Tiempo H/Maquina Parada en Mini cargadores calculado al 90% de disponibilidad Esperada. (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | | | Disponibilidad (%) |
|--------------|--------------|--------|------|------------------|------------------|-----------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | H/Maq. Parada | Tiempo OPTIMO 90% | Manto Preventivo / H | |
| JCB | Minicargador | 260 | 2013 | 1,930.5 | 1,583.6 | 154.0 | 1,737.6 | 192.9 | 90 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2011 | 1,930.5 | 1,476.3 | 262.0 | 1,738.3 | 192.2 | 90 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2012 | 1,930.5 | 1,287.6 | 450.0 | 1,737.6 | 192.9 | 90 |
| BOBCAT | Minicargador | S630 | 2009 | 1,287.0 | 786.3 | 372.0 | 1,158.3 | 128.8 | 90 |
| BOBCAT | Minicargador | S650 | 2008 | 1,287.0 | 947.2 | 212.0 | 1,159.2 | 127.8 | 90 |
| JCB | Minicargador | 225 | 2011 | 1,287.0 | 1,102.6 | 56.0 | 1,158.6 | 128.4 | 90 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2014 | 1,930.5 | 1,504.1 | 234.0 | 1,738.1 | 192.5 | 90 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2013 | 1,930.5 | 1,668.7 | 69.0 | 1,737.7 | 192.8 | 90 |
| TOTAL | | | | 13,513.50 | 10,356.30 | 1,809.00 | 12,165.30 | 1,348.20 | 90.0 |

Fuente: Elaboración Propia

La columna marcada en amarillo representa el tiempo en que la maquina estuvo parada, fuera del tiempo utilizado para el mantenimiento preventivo. En total son 1809.00 horas que los Minicargadores estuvieron evidentemente en Mantenimientos Correctivos.

El trabajo del Minicargador es comúnmente reemplazado solo por Minicargadores, debido a su versatilidad para el traslado y arrastre de material es muy difícil substituirlo con gente, pues tendrían que utilizar carretillas y varias personas, además del tiempo perdido.

A continuación, presentamos los costos en los que se incurre por tener los mini cargadores parados a causa de constantes mantenimientos Correctivos, a consecuencia de la falta de una buena gestión en el área de mantenimiento y administración de los Equipos en la empresa constructora.

Cuadro Costos que incurren las H. Maquina Parada en Minicargadores (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | H/Maq. Parada | Alquiler (45%) de horas paradas | Costos | | | | |
|--------------|--------------|--------|------|-----------------|---------------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | | | | | Costo Alquiler Equipo/ Hora | Gastos de Alquiler | Total Costos Operacion H/Maq (*) | Gastos de operación de Maq. | Costo Real x Alquiler de MAQ |
| JCB | Minicargador | 260 | 2013 | 154.0 | 69.3 | S/. 63.00 | S/. 4,365.90 | S/. 21.76 | S/. 1,507.97 | S/. 2,857.93 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2011 | 262.0 | 117.9 | S/. 63.00 | S/. 7,427.70 | S/. 21.76 | S/. 5,701.12 | S/. 1,726.58 |
| JCB | Minicargador | 260 | 2012 | 450.0 | 202.5 | S/. 63.00 | S/. 12,757.50 | S/. 21.76 | S/. 9,792.00 | S/. 2,965.50 |
| BOBCAT | Minicargador | S630 | 2009 | 372.0 | 167.4 | S/. 63.00 | S/. 10,546.20 | S/. 21.76 | S/. 8,094.72 | S/. 2,451.48 |
| BOBCAT | Minicargador | S650 | 2008 | 212.0 | 95.4 | S/. 63.00 | S/. 6,010.20 | S/. 21.76 | S/. 4,613.12 | S/. 1,397.08 |
| JCB | Minicargador | 225 | 2011 | 56.0 | 25.2 | S/. 63.00 | S/. 1,587.60 | S/. 21.76 | S/. 1,218.56 | S/. 369.04 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2014 | 234.0 | 105.3 | S/. 63.00 | S/. 6,633.90 | S/. 21.76 | S/. 5,091.84 | S/. 1,542.06 |
| CAT | Minicargador | 246C | 2013 | 69.0 | 31.05 | S/. 63.00 | S/. 1,956.15 | S/. 21.76 | S/. 1,501.44 | S/. 454.71 |
| TOTAL | | | | 1,809.00 | 814.05 | | S/. 51,285.15 | | S/. 37,520.77 | S/. 13,764.38 |

Fuente: Elaboración Propia

Rodillos Compactadores

En el caso de los rodillos compactadores, de igual manera se presenta el cuadro de datos, acercando los tiempos a un 90% de disponibilidad, para de la misma manera obtener la cantidad de horas que nos hacen incurrir en costos extras a los que se deberían presentar.

La utilización de los rodillos en la compactación de terrenos es crítica, ya que es muy difícil en muchos casos su reemplazo con mano de obra, e incluso en las obras de mayor envergadura como el tapado de zanjas en obras de saneamiento, las planchas compactadoras y las maquinas apisonadoras no cumplen la misma función.

Se presenta entonces el cuadro del cual se obtendrá el Tiempo de Hora Maquina Parada referente a los Rodillos Compactadores.

Cuadro Tiempo H/Maquina Parada en Rodillos Compactadores calculado al 90% de disponibilidad Esperada.

(marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | | | Disponibilidad (%) |
|---------|------------|--------|------|------------|------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | H/Maq. Parada | Tiempo OPTIMO 90% | Manto Preventivo / H | |
| CAT | Rodillo C. | CB32 | 2011 | 115 | 80 | 23.5 | 103.5 | 11.5 | 90.00 |
| CAT | Rodillo C. | CB24 | 2011 | 95 | 35 | 50.5 | 85.5 | 9.5 | 90.00 |
| CAT | Rodillo C. | CC24 | 2011 | 72 | 30 | 34.8 | 64.8 | 7.2 | 90.00 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC102 | 2007 | 28 | 8 | 17.2 | 25.2 | 2.8 | 90.00 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC102 | 2007 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC900 | 2005 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC122 | 2002 | 23 | 23 | 0 | 23 | 0 | 100.00 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC900 | 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | 333 | 176 | 126 | 302 | 31 | 90.69 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro, la empresa tiene más rodillos de los que requiere, a pesar de ello debido a la inoperatividad de 03 de ellos la disponibilidad se ve afectada. Se ve obligada a tener que reemplazar en el periodo de estudio 126 horas de Rodillo compactador.

A continuación, se presentan los costos en los que incurren las Horas Maquina Parada que presentan los rodillos compactadores.

Cuadro Costos que incurren las H. Maquina Parada en Rodillos Compactadores (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | H/Maq. Parada | Alquiler (100%) de horas paradas | Costos | | | | |
|--------------|------------|--------|------|---------------|----------------------------------|-----------------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| | | | | | | Costo Alquiler Equipo/ Hora | Gastos de Alquiler x Total de Horas de Maq. Parada | Total Costos Operacion H/Maq (*) | Gastos de operación de Maq. | Costo Real x Alquiler de MAQ |
| CAT | Rodillo C. | CB32 | 2011 | 23.5 | 23.5 | 45 | S/. 1,057.50 | S/. 16.38 | S/. 384.93 | S/. 672.57 |
| CAT | Rodillo C. | CB24 | 2011 | 50.5 | 50.5 | 45 | S/. 2,272.50 | S/. 16.38 | S/. 827.19 | S/. 1,445.31 |
| CAT | Rodillo C. | CC24 | 2011 | 34.8 | 34.8 | 45 | S/. 1,566.00 | S/. 16.38 | S/. 570.02 | S/. 995.98 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC102 | 2007 | 17.2 | 17.2 | 45 | S/. 774.00 | S/. 16.38 | S/. 281.74 | S/. 492.26 |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC102 | 2007 | 0 | 0 | 0 | S/. - | S/. 16.38 | S/. - | S/. - |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC900 | 2005 | 0 | 0 | 0 | S/. - | S/. 16.38 | S/. - | S/. - |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC122 | 2002 | 0 | 0 | 0 | S/. - | S/. 16.38 | S/. - | S/. - |
| DYNAPAC | Rodillo C. | CC900 | 2001 | 0 | 0 | 0 | S/. - | S/. 16.38 | S/. - | S/. - |
| TOTAL | | | | 126 | 126 | | S/. 5,670.00 | | S/. 2,063.88 | S/. 3,606.12 |

Fuente: Elaboración Propia

El cuadro anterior presenta los costos de alquiler que se incurren por tener los rodillos parados. En este caso por tratarse de temas de compactación se considerará el 100% de las horas paradas para la sustitución por alquiler. Ya que la compactación debe realizarse de todas maneras para culminar el trabajo.

Los compresores Neumáticos como ya se expuso al inicio del estudio se utilizan para la perforación y trituración de superficies rocosas y semi-rocosas, las cuales no pueden ser atacadas continuamente por las máquinas de Excavación. Además de ello los compresores neumáticos cuentan con largas mangueras que permiten acceder con los martillos en sitios diversos.

A continuación, se presenta el cuadro de cálculo de Tiempo de Maquina Compresora Parada, por mantenimientos correctivos el cual está calculado con una disponibilidad óptima del 90%.

Cuadro Tiempo H/Maquina Parada en Compresores Neumáticos calculado al 90% de disponibilidad Esperada.

(marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | | | Disponibilidad (%) |
|-------------|--------------|---------|------|-------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | H/Maq. Parada | Tiempo OPTIMO 90% | Manto Preventivo / H | |
| SULLAIR | Compresor N. | 185 | 2012 | 990 | 594.7 | 296.5 | 891.2 | 98.8 | 90.0 |
| SULLAIR | Compresor N. | 185 | 2009 | 660 | 492.1 | 102 | 594.1 | 65.9 | 90.0 |
| ATLAS COPCO | Compresor N. | XAS 186 | 2003 | 660 | 450.3 | 144 | 594.3 | 65.7 | 90.0 |
| ATLAS COPCO | Compresor N. | XAS 96 | 2001 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.00 |
| | | | | 2310 | 1537.1 | 542.5 | 2079.6 | 230.4 | 90.0 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en el cuadro anterior, la utilización de solo 03 de las 04 compresoras arroja un Tiempo de Maquina Parada de 542.5 horas de compresora, lo cual nos obliga en algunos casos alquilar otro compresor para el funcionamiento de los martillos neumáticos, la cual tiene un costo de 48 soles hora.

Además, en muchos casos también por premuras de tiempo, oficina técnica se ve en la obligación de designar mano de obra al corte de zona rocosa para instalación de estructuras o sistemas de agua, desagüe, eléctricos, etc.

A continuación, se presentan los costos en los que incurre la empresa por la mala gestión en el mantenimiento de los Compresores Neumáticos.

Cuadro Costos que incurren las H. Maquina Parada en Compresores Neumáticos (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | MODEL O | AÑO | H/Maq. Parada | Alquiler (100%) h paradas | Costos | | | | | |
|--------------|---------|------|---------------|---------------------------|--------------------|--|----------------------------------|-----------------------------|----------------------|--|
| | | | | | Costo Equipo/ Hora | Gastos de Alquiler x Total de Horas de Maq. Parada | Total Costos Operación H/Maq (*) | Gastos de operación de Maq. | Costo Equipo/ Hora | |
| SULLAIR | 185 | 2012 | 296.5 | 296.5 | 48 | S/. 14,232.00 | S/. 16.38 | S/. 4,856.67 | S/. 14,232.00 | |
| SULLAIR | 185 | 2009 | 102 | 102 | 48 | S/. 4,896.00 | S/. 16.38 | S/. 1,670.76 | S/. 4,896.00 | |
| ATLAS COPCO | XAS 186 | 2003 | 144 | 144 | 48 | S/. 6,912.00 | S/. 16.38 | S/. 2,358.72 | S/. 6,912.00 | |
| ATLAS COPCO | XAS 96 | 2001 | 0 | 0 | 0 | S/. - | S/. 16.38 | S/. - | S/. - | |
| TOTAL | | | 542.5 | 542.50 | | S/. 26,040.00 | | S/. 8,886.15 | S/. 26,040.00 | |

Fuente: Elaboración Propia

Aproximadamente en el periodo de estudio (marzo 2017 – febrero 2018), se ha incurrido en un gasto de S/. 26,040.00 soles en Costo de Alquiler de Compresores para suplir la falta de equipos por paradas no programadas. Como se observa en el cuadro anterior las horas de alquiler de compresores neumáticos también serán al 100% ya que estos trabajos no se pueden postergar.

Mixer

En el caso del Mixer o Mezcladora de Concreto de 3m³ (metros cúbicos), se muestra también que se realizó el cálculo de horas paradas bajo el 90% de disponibilidad.

**Cuadro Tiempo H/Maquina Parada en Mezcladora de Concreto de 3m³ calculado al 90% de disponibilidad Esperada.
(marzo 2017 – febrero 2018)**

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | REGISTRO | | | | | Disponibilidad (%) |
|-------|----------------|------------|------|----------|---------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------|
| | | | | T. Prog | T. Real | H/Maq. Parada | Tiempo OPTIMO 90% | Manto Preventivo / H | |
| TEREX | Concrete Mixer | MARINER 55 | 2011 | 264 | 220 | 17.6 | 237.6 | 26.4 | 90.00 |

Fuente: Elaboración Propia

Como se muestra en el cuadro 3.15 la cantidad de horas que el concrete Mixer estuvo parado fue tan solo de 17.6 esto se debe a que al inicio del estudio presento una disponibilidad de más de 83% lo cual está más próximo al 90% que la disponibilidad general del resto de los Equipos.

A continuación, se presenta un pequeño estudio de costos en los que se incurre al sustituir la mezcladora de concreto de 3m³ y su operador, por un pequeño trompo a motor de 0.5m³ y 4 personas (01 Operario del trompo y 03 peones para abastecerlo).

Cuadro Costos que incurren las H. Maquina Parada en Mezcladora de Concreto de 3m³ (marzo 2017 – febrero 2018)

| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | CAPACIDAD DE | OPERADOR | PEON | Tiempo | | | | | | |
|----------|---------------|-------------|------|-----------------|----------------|-------------------|------------------|-----------------|--------------------------|-------------------|----------------------------------|-----------------------------|--|
| TEREX | Concrete Mi | MARINER 35G | 2011 | 3 | 1 | 0 | 0,16 hrs | | | | | | |
| EDIPESA | Mezcladora | - | 2010 | 0.5 | 1 | 3 | 0.083 hrs | | | | | | |
| MARCA | EQUIPO | MODELO | AÑO | horas a evaluar | CAPACIDAD HORA | Cubos perdidos | H hombre | combustible / h | Costo Mantto x 250 horas | Costo Mantto/Hora | Total Costos Operacion H/Maq (*) | Costo Real x utiizar trompo | |
| TEREX | Concrete Mi | MARINER 35G | 2011 | 17.6 | 18 | 316.8 | S/. 7.50 | S/. 12.74 | S/. 380.00 | S/. 1.52 | S/. 21.76 | S/. 382.98 | |
| EDIPESA | Mezcladora | - | 2010 | 52.8 | 6 | 316.8 | S/. 23.57 | S/. 8.50 | S/. 200.00 | S/. 0.80 | S/. 32.87 | S/. 1,735.40 | |
| | | | | | | | | | | | | S/. 1,352.43 | |
| | jornal | hora | | | | Mezcladora | costo H/H | | | | | | |
| Peon | 43.3 | 5.41 | | | | 3 peones | 16.24 | | | | | | |
| Oficial | 48.5 | 6.06 | | | | 1 operario | 7.33 | | | | | | |
| Operario | 58.6 | 7.33 | | | | | 23.57 | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

Colocar la cantidad de concreto que produce el Concrete Mixer en 17.6 horas y sacar los costos de producción de la misma cantidad de 17,6 que haría el trompo. Nos da un gasto adicional de S/.1352.43 lo cual no representa un costo elevado para el periodo de un año, pues recordemos que la disponibilidad del Concrete Mixer es una de las más elevadas, dentro los 83.33%.

Cronograma de Implementación de la Propuesta de Plan Mantenimiento Preventivo

| Propuestas | AÑO 0 | AÑO 1 | | | | | | | | | | | | AÑO 2 | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| Contratación de Planner de Mantto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Planes de Mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementación de OT | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alistar Cartera de Proveedores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementar Metodología de Gestión de mantenimiento | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Implementar Metodología de Gestión logística para el Mantto | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación de Operadores | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación de Supervisores / jefes | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Seguimiento y control | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Elaboración Propia

B. BPM

Esta propuesta de mejora da solución a la siguiente causa raíz:

- No existen procedimientos estandarizados para el mantenimiento (Cr4).

La propuesta de implementar procedimientos estandarizados para actividades de mantenimiento, conlleva a la implementación y aplicación de Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) del mantenimiento preventivo. A continuación, se detalla el procedimiento o Check List (algunos casos) para las operaciones de mantenimiento a la maquinaria y/o equipos de la MINA TAHOE RESOURCES LA ARENA.

Objetivos

- Garantizar el mantenimiento de los equipos o maquinarias para su correcta utilización.
- Evitar que las estructuras, maquinarias y equipos puedan ser causa de contaminación.
- Evitar la interrupción o alteración del proceso productivo.

Alcance

Todos los equipos, maquinarias y estructuras que interviene en los procesos. Además de estar integrados en el plan de mantenimiento y de ser utilizados de forma correcta siguiendo las instalaciones de la planta

Sectores Afectados

Producción, Depósito, Mantenimiento Mina, Mantenimiento Planta, Baños, Vestuarios y toda otra área que forme parte de la planta.

Responsabilidades

Supervisor y operarios de mantenimiento.

Desarrollo

Los tipos de mantenimiento que se llevan a cabo son:

- **Mantenimiento correctivo:** se realiza la intervención cuando se produce un desperfecto en el funcionamiento de los equipos o daño en la estructura edilicia.
- **Mantenimiento preventivo:** se realiza de forma periódica, reemplazando piezas, componentes o comprobando parámetros para evitar desperfectos durante el funcionamiento o deterioro de la estructura edilicia.
- Se elabora de acuerdo a los equipos, y a las maquinarias cuyo deterioro puede afectar la seguridad de los mismos, un plan de mantenimiento preventivo, donde se listan todos los equipos, maquinarias y equipos, el área de uso, su principal desperfecto, la frecuencia de mantenimiento preventivo, el responsable y supervisor.
- Así mismo confecciona un cronograma anual de mantenimiento preventivo donde se indica el área, que se mantendrá, nombre, actividad, fecha de último mantenimiento y en qué momento se realiza del año.
- Los equipos implantados en el área de producción están rotulados e identificados.
- Todos los equipos, maquinarias y estructuras además de cumplir con las tareas de mantenimiento preventivo, cumplen con el procedimiento de buenas prácticas de manufactura para proteger los alimentos de cualquier contaminación.
- Todas las acciones de mantenimiento son registradas en la planilla correspondiente.
- La revisión de la funcionalidad y el estado de los equipos, utensilios y estructuras es responsabilidad del supervisor de producción, quien solicita cuando sea necesario a la sección de mantenimiento los servicios pertinentes para mantener dicha funcionalidad y buen estado.
- De existir algún desperfecto o mal estado en los equipos, utensilios o estructuras el encargado del área notifica al supervisor, el cual lo registra en la planilla de trabajos de mantenimiento en la fila de mantenimiento correctivo

y/o preventivo, y de ser necesaria alguna reparación lo realiza la sección de mantenimiento.

- Cada vez que el personal de mantenimiento visite la planta para el arreglo de algún equipo, esta se documenta en los registros de trabajos de mantenimiento.
- Las tareas de mantenimiento son realizadas fuera del horario de producción.

Documentación y Registros

- Manuales de Fabricantes (si existen).
- Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Cronograma Anual de Mantenimiento Preventivo.
- Registro de Trabajos de Mantenimiento.

Anexos

Anexo 1

| NOMBRE DE LA EMPRESA | | Manual de Buenas Prácticas de Manufactura PLAN ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | | | Versión: Fecha: Hoja 1 de... | | |
|-----------------------------|--------------|---|--|--|---|-------------------|--|
| | | | | | | | |
| Area | ¿Que? | Nombre | Principal Desperfecto a controlar | Frecuencia Mantenimiento Preventivo | Responsable | Supervisor | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

Anexo 2

| | | |
|----------------------|---|---|
| NOMBRE DE LA EMPRESA | Manual de Buenas Prácticas de Manufactura CRONOGRAMA ANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO | Versión: Fecha: Hoja 1 de... |
|----------------------|---|---|

AÑO:

| Area | Que | Nombre | Actividad* | Fecha Ultimo mantenimiento | ENE | FEB | MAR | ABR | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV | DIC |
|------|-----|--------|------------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Lubricar, Verificar Correcto Control de Temperatura, Revisar Correcto Funcionamiento de los Elementos (Quemadores, Compresores, Etc.), Verificación del Sistema de Medición y Control (Balanzas, Basculas, Termómetros, Etc.); Pintar, Reparar, Recambio

Observaciones:

Anexo 3

| NOMBRE DE LA EMPRESA | | Manual de Buenas Prácticas de Manufactura REGISTRO DE TRABAJOS DE MANTENIMIENTO | | | | Versión: Fecha: Hoja 1 de... | |
|----------------------------------|--------|--|------------|-----------|-------|------------------------------------|------------|
| Equipos, maquinarias, estructura | | Mantenimiento | | Actividad | Fecha | Responsable | Supervisor |
| Área | Nombre | Preventivo | Correctivo | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| OBSERVACIONES | | | | | | | |

C. Mantenimiento Productivo Total (TPM)

Esta propuesta de mejora da solución a las siguientes causas raíces:

- Falta de Mantenimiento Productivo Total (Cr5).
- No hay repuestos por los equipos críticos (Cr8)
- No existe una gestión por indicadores de KPI(Cr10).

La implementación de TPM es un proceso largo y que se puede lograr en intervalos de tiempo, para el desarrollo del TPM, la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA debe ajustar sus propios requerimientos. Por tal motivo, la propuesta que presentamos está en mejorar los procedimientos de asignación de funciones y el flujo de mantenimiento y calibración.

Para el presente estudio, se ha seleccionado como parámetro principal referido al Nivel de Evaluación por el logro en TPM, el cual es más flexible y menos riguroso en relación a los otros pilares

Parámetros TPM según el KAIZEN.

Resultado del análisis del Checklist B, según el nivel de evaluación TPM realizado por el KAIZEN, se obtuvieron los siguientes parámetros:

| PILAR 1 | |
|---|----------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Énfasis en organización del trabajo a través de equipos | 40 |
| Utilización de técnicas, metodologías, filosofías para propuestas de solución | 30 |
| Registro de las soluciones o mejoras con una visión clara | 30 |
| Total | 100 |
| PILAR 2 | |
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Implementación de cultura de compromiso en los usuarios | 40 |
| Establecimiento formal de procedimientos de atención a equipos o maquinas por parte del usuario | 30 |

| | |
|---|-----------------|
| Supervisión, evaluación y retroalimentación de las inspecciones o tratamientos a aplicar en los equipos o maquinarias | 30 |
| Total | 100 |
| PILAR 3 | |
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Visión sistemática de la planeación de las actividades de mantenimiento | 40 |
| Definición de objetivos y metas claras para el mantenimiento | 40 |
| Planificación clara de lo que se pretende realizar | 20 |
| Total | 100 |
| PILAR 4 | |
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Desarrollar capacidades y acrecentar habilidades en el personal de mantenimiento | 40 |
| Conservación del conocimiento para resolución de problemas | 40 |
| Velar por crear habilidad para trabajar y cooperar en equipo con áreas relacionadas | 20 |
| Total | 100 |
| PILAR 5 | |
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Búsqueda recurrente de equipos, maquinaria y herramientas de alta fiabilidad para evitar retrasos durante las actividades claves del área. | 30 |
| Maximización continua de la disponibilidad del equipo, maquinaria y herramientas reduciendo los tiempos de parada por falta de las mismas. | 40 |
| Poseer una buena base de información sobre el uso, funcionamiento, vida útil y fallas más comunes del equipo, maquinaria y herramientas | 30 |
| Total | 100 |
| PILAR 6 | |
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) |
| Planeación de los procesos claves basado en la visión de la calidad | 30 |
| Mejora continua de la calidad involucrando a todo el personal de la organización | 40 |
| Mantenimiento de los más altos estándares de calidad | 10 |
| Medición de la percepción del cliente interno y externo del servicio prestado | 20 |
| Total | 100 |

| PILAR 7 | |
|---|------------|
| REQUERIMIENTO ESENCIALES | PESO |
| Reducción constante de los retrasos que se presentan en las áreas que soportan las operaciones de mantenimiento de la empresa | 40 |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de comunicación entre áreas que se interrelacionan. | 30 |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de los procesos entre áreas que se interrelacionan. | 30 |
| Total | 100 |
| PILAR 8 | |
| REQUERIMIENTO ESENCIALES | PESO |
| Garantizar un ambiente de trabajo confortable y ergonómico | 20 |
| Establecimiento de medidas que contribuyan a la reducción de accidentes, donde la seguridad sea el eje central de satisfacción. | 40 |
| Garantizar un ambiente en el cual no se produzca la fatiga, sino que genere una contribución en la mejora de la productividad. | 40 |
| Total | 100 |

Para poder evaluar a los procesos de mantenimiento preventivo, repuestos por equipos críticos y gestión por indicadores KPI, que fueron seleccionadas en la muestra, y sujetos de evaluación por medio de visitas técnicas enfocadas a la ejecución de los instrumentos de medición pilar por pilar, estos en relación al grado de cumplimiento basado en los requerimientos de cada uno de los pilares que conforman el TPM. Según la lista original (checklist B) propuesta por la metodología KAIZEN, mencionada anteriormente, cada categoría esta ponderada con el 100% total, sin embargo para el presente estudio, se repartió la ponderación de la categoría Mantenimiento Autónomo, ya que según el libro Conceptos y reglas de Lean Manufacturing, el pilar Mantenimiento autónomo es el elemento básico para la implementación del TPM, y la ponderación de Evaluación y Resultados del TPM se asignó a la de Mantenimiento Planeado, retomando la importancia señalada de que el mantenimiento planeado es un factor esencial para poner en marcha el mantenimiento autónomo ya que lo que se busca con el mantenimiento planeado es la disminución del mantenimiento correctivo.

Además de lo anterior se procedió a identificar los criterios que permitieran reasignar una ponderación adecuada, para cada pilar, y que permita basándonos en lo siguiente, evaluar adecuadamente cada pilar del TPM:

1. Costo: Es el monto en que deberá incurrirse para lograr la mejora del pilar.
2. Viabilidad: posibilidad de diseñarlo a través de las técnicas de ingeniería industrial.
3. Implantación: facilidad de poner en marcha la mejora del pilar.
4. Eficiencia: se refiere a que la mejora del pilar permita utilizar todos los recursos existentes en forma óptima.
5. Adaptabilidad: Se refiere a que la mejora del pilar se ajuste a cualquier cambio situacional en el entorno.
6. Tiempo: Se refiere a que la mejora del pilar resuelva los problemas en el menor tiempo posible.
7. Facilidad para medir sus resultados: Se refiere a que la variable de solución permita medir sus resultados, que se puedan establecer indicadores u otro tipo de mecanismo.

Para poder realizar la reasignación de los pesos de cada pilar se hará uso de la matriz de Relación, la importancia relativa de cada criterio será determinada según la relevancia para la problemática que se está analizando. La escala utilizada para asignarle a cada uno de los criterios será de 1 a 5, en donde se le dará el menor puntaje al criterio de menor importancia, teniendo como límite 1, un segundo nivel de puntaje que será considerado intermedio y cuyo valor será de 3, y el puntaje mayor al criterio con mayor importancia, teniendo como límite 5. Además, introduciremos, tres niveles en los que se clasificara cada criterio de acuerdo al puntaje obtenido, dichos niveles son:

- Muy favorable (MF)
- Favorable (F)
- Desfavorable (D)

A continuación, se presenta en un cuadro resumen los diferentes criterios con sus respectivos puntajes:

| ASIGNACIÓN DE PUNTAJE A CRITERIOS DE EVALUACION | | | | |
|--|-------------------------------|------------------------------|----------|----------|
| | | Niveles de predicción | | |
| N de Criterio | Criterio | MF | F | D |
| 1 | Costo | 5 | 3 | 1 |
| 2 | Viabilidad | 5 | 3 | 1 |
| 3 | Implantación | 5 | 3 | 1 |
| 4 | Eficiencia | 5 | 3 | 1 |
| 5 | Adaptabilidad | 5 | 3 | 1 |
| 6 | Tiempo | 5 | 3 | 1 |
| 7 | Facilidad de medir resultados | 5 | 3 | 1 |

De lo anterior y analizando cada pilar para reasignar la ponderación adecuada, se obtuvo la siguiente matriz de relación:

Matriz de Relación de Criterios para ponderar pilares del TPM

| EVALUACION DE CRITERIOS PARA CADA PILAR DEL TPM | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|-----------|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|---|---|----|--|--|-------|
| Pilar | Criterios | | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | 6 | | | 7 | | | TOTAL |
| | MF | F | D | MF | F | D | MF | F | D | MF | F | D | MF | F | D | MF | F | D | MF | F | D | | | | |
| Mejora Enfocada | | 3 | | | 3 | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | 3 | | 13 | | | |
| Mantenimiento Autónomo | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | | 3 | | 5 | | | 33 | | | |
| Mantenimiento Planeado | | 3 | | | 3 | | 5 | | | 5 | | | 5 | | | | 3 | | | 3 | | 27 | | | |
| Formación y Capacitación | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | 3 | | | | 1 | | | 1 | | 3 | | 11 | | | |
| Control Inicial | | | 1 | | | 1 | | 3 | | | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | 1 | 9 | | | |
| Mantenimiento de Calidad | | 3 | | | 3 | | 3 | | | 3 | | | 3 | | | | | 1 | | 3 | | 19 | | | |
| Mantenimiento en Áreas de Apoyo | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | 3 | | | 3 | | | | 1 | | 3 | | 13 | | | |
| Higiene Seguridad y Medio Ambiente | | | 1 | 5 | | | | | 1 | | 3 | | | 5 | | | | 1 | 5 | | | 21 | | | |

Puede observarse que a partir de este análisis los pilares que obtienen mayor puntaje son:

- Mantenimiento Autónomo (33 puntos)
- Mantenimiento Planeado (27 puntos)

Por lo que a partir de este resultado las ponderaciones de cada pilar se promediarán según los siguientes pesos asignadas a cada pilar, de la siguiente forma:

1. Mejora focalizada (10%)
2. Mantenimiento autónomo (20%)
3. Mantenimiento planeado (20%)
4. Mantenimiento de calidad (10%)
5. Control inicial (10%)
6. Formación y capacitación (10%)
7. TPM en departamentos de apoyo (10%)
8. Seguridad e higiene (10%)

Se puede evidenciar que sumando los porcentajes asignados presentados anteriormente suman el 100%, lo cual representa un nivel de TPM implementado exitosamente.

VALORACIÓN DEL RESULTADO DEL ESTUDIO

Para evaluar cada pilar se realizará la siguiente metodología.

1. Los resultados obtenidos de cada uno de los instrumentos realizados se agrupan con su respectivo porcentaje, de acuerdo a los requerimientos esenciales de los pilares según los parámetros del KAIZEM, que se presentaron anteriormente.
2. Se multiplica cada uno de esos porcentajes agrupados por requerimientos por cada uno de los pesos que se asignan en cada pilar según el KAIZEM.
3. Según el resultado obtenido se compara según en las siguientes categorías.

Menos de 40 por ciento: El sistema actual de mantenimiento con respecto al modelo TPM no se cumple, se cumple en aspectos parciales o tiene una fidelidad muy baja con las actividades realmente realizadas, y deben tomarse medidas correctoras urgentes y globales para implantar un sistema de calidad eficaz.

Entre 40 y 60 por ciento: El sistema actual de mantenimiento respecto al TPM, se cumple, pero con deficiencias en cuanto a documentación o a la continuidad de su cumplimiento, o tiene una fidelidad deficiente con las actividades realmente realizadas. Se deberán de solucionar las deficiencias urgentemente, para que el sistema sea más eficaz.

Entre 60 y 85 por ciento: El sistema actual de mantenimiento respecto al TPM se cumple, pero con leves deficiencias en cuanto a documentación o a la continuidad y sistemática de su cumplimiento, o respecto a la fidelidad con las actividades realmente realizadas. Se deberán solucionar las deficiencias a corto plazo, para que el sistema no deje de ser eficaz.

Más de 85 por ciento: La institución se gestiona de acuerdo al sistema TPM.

Análisis de la Información

A continuación, se presenta los resultados obtenidos, producto de la aplicación de la metodología antes presentada. El análisis de los resultados se clasifica según esquema presentado en la tabla

PILAR 1: MEJORA FOCALIZADA

| Pilar 1 | | |
|---|------------|--------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Énfasis en organización del trabajo a través de equipos | 40 | 0.00 |
| Utilización de técnicas, metodologías, filosofías para propuestas de solución | 30 | 3.80 |
| Registro de las soluciones o mejoras con una visión y utilización clara | 30 | 30.00 |
| Total | 100 | 33.80 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|---|--|
| PILAR 1: MEJORA FOCALIZADA | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Énfasis en organización del trabajo a través de equipos | No cuentan con un enfoque definido orientado al trabajo en equipo para la solución de problemas, ninguna institución presento evidencia de la formación de equipos para la mejora o el análisis. |
| Utilización de técnicas, metodologías, filosofías para propuestas de solución | Solo el 63% de los talleres de mantenimiento hacen uso de alguna técnica para el análisis de los problemas, específicamente "lluvia de ideas" |
| Registro de las soluciones o mejoras con una visión y utilización clara | El 100% de los talleres de mantenimiento, tienen registrados los trabajos o servicios realizados a las unidades que revisan. |

PILAR 2. MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL

| PILAR 2 | | |
|---|------------|-------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Implementación de cultura de compromiso en los usuarios | 40 | 10.8 |
| Establecimiento formal de procedimientos de atención a equipos o maquinas por parte del usuario | 30 | 19.2 |
| Supervisión, evaluación y retroalimentación de las inspecciones o tratamientos a aplicar en los equipos o maquinarias | 30 | 10.8 |
| Total | 100 | 40.8 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|---|---|
| PILAR 2: MANTENIMIENTO AUTÓNOMO | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Implementación de cultura de compromiso en los usuarios | El 27% de los talleres conocen la existencia de una política de calidad relacionada a la actividad que se realiza. (no implica que se practique) |
| Establecimiento formal de procedimientos de atención a equipos o maquinas por parte del usuario | El 64 % de los talleres tienen establecidos formalmente procedimientos de atención periódica por parte de los usuarios para evitar su deterioro |
| Supervisión, evaluación y retroalimentación de las inspecciones o tratamientos a aplicar en los equipos o maquinarias | Solo el 36% de los talleres, han establecido dentro de los puestos, funciones de supervisión y evaluación de los procedimientos de inspección documentados y su cumplimiento. |

PILAR 3. MANTENIMIENTO PLANIFICADO

| PILAR 3 | | |
|---|------------|-------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Visión sistemática de la planeación de las actividades de mantenimiento | 40 | 24.4 |
| Definición de objetivos y metas claras para el mantenimiento | 40 | 10.9 |
| Planificación clara de lo que se pretende realizar | 20 | 0 |
| Total | 100 | 35.3 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|---|---|
| PILAR 3: MANTENIMIENTO PLANIFICADO | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Visión sistemática de la planeación de las actividades de mantenimiento | El 61 % de los talleres, han establecido una visión sistemática (inconsciente) básicas del mantenimiento ya que cuentan con historiales de fallas más comunes, información técnica de los equipos utilizados, estados iniciales y otros |
| Definición de objetivos y metas claras para el mantenimiento | Solo el 28 %, ha avanzado en obtener colaboración de los usuarios directos del vehículo que colaboran con alguna operación básica de mantenimiento |
| Planificación clara de lo que se pretende realizar | Ningún taller tiene establecido formalmente rutinas de mantenimiento clasificadas según diagnostico que eficiente el proceso de mantenimiento |

PILAR 4. FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN

| PILAR 4 | | |
|---|-----------------|--------------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Desarrollar capacidades y acrecentar habilidades en el personal de mantenimiento | 40 | 21.8 |
| Conservación del conocimiento para resolución de problemas | 40 | 7.2 |
| Velar por crear habilidad para trabajar y cooperar en equipo con áreas relacionadas | 20 | 7.3 |
| Total | 100 | 36.3 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|---|--|
| PILAR 4: FORMACIÓN Y CAPACITACIÓN | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Desarrollar capacidades y acrecentar habilidades en el personal de mantenimiento | El 55% del personal de talleres, tienen el apoyo de las instituciones en que sean capacitados en el rubro automotriz con el objetivo de desarrollarles más habilidades |
| Conservación del conocimiento para resolución de problemas | El 18 % le apuesta a una capacitación continua en el rubro automotriz del personal, aunque la frecuencia es baja 1 vez anualmente |
| Velar por crear habilidad para trabajar y cooperar en equipo con áreas relacionadas | El 36 % coordina capacitaciones en el área de relaciones interpersonales entre áreas. |

PILAR 5. CONTROL INICIAL

| PILAR 5 | | |
|--|------------|-------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Búsqueda recurrente de equipos, maquinaria y herramientas de alta fiabilidad para evitar retrasos durante las actividades claves del área. | 30 | 0 |
| Maximización continua de la disponibilidad del equipo, maquinaria y herramientas reduciendo los tiempos de parada por falta de las mismas. | 40 | 40 |
| Poseer una buena base de información sobre el uso, funcionamiento, vida útil y fallas más comunes del equipo, maquinaria y herramientas | 30 | 18.2 |
| Total | 100 | 58.2 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|--|--|
| PILAR 5: CONTROL INICIAL | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Búsqueda recurrente de equipos, maquinaria y herramientas de alta fiabilidad para evitar retrasos durante las actividades claves del área. | Los talleres institucionales no cuentan con una política de retiro y remplazo sobre la flota vehicular. |
| Maximización continua de la disponibilidad del equipo, maquinaria y herramientas reduciendo los tiempos de parada por falta de las mismas. | El 100% de los talleres institucionales, cuentan con un detalle de inventario de la maquinaria, equipo y herramienta que posee, con información técnica valiosa para la fluidez del trabajo. |
| Poseer una buena base de información sobre el uso, funcionamiento, vida útil y fallas más comunes del equipo, maquinaria y herramientas | En el 60% de los talleres, se han establecido formalmente formatos de control y almacenamiento de información en forma digital concerniente a los equipos y maquinaria del taller, lo que la hace fácil su uso en el momento solicitado. |

PILAR 6. MEJORA DE LA CALIDAD

| PILAR 6 | | |
|--|------------|-------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO (%) | % ALCANZADO |
| Planeación de los procesos claves basado en la visión de la calidad | 30 | 0 |
| Mejora continua de la calidad involucrando a todo el personal de la organización | 40 | 0 |
| Mantenimiento de los más altos estándares de calidad | 10 | 0 |
| Medición de la percepción del cliente interno y externo del servicio prestado | 20 | 16.3 |
| Total | 100 | 16.3 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|--|--|
| PILAR 6: MEJORA DE LA CALIDAD | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Planeación de los procesos claves basado en la visión de la calidad | No se tiene establecido por parte de la dirección de la institución una visión basada en la calidad. |
| Mejora continua de la calidad involucrando a todo el personal de la organización | No se tiene implementado en el personal el concepto de mejora continua a las actividades realizadas. |
| Mantenimiento de los más altos estándares de calidad | No se conoce la existencia de indicadores de gestión sobre la actividad de mantenimiento. |
| Medición de la percepción del cliente interno y externo del servicio prestado | El 82% de los talleres reconoce la importancia del establecimiento de relaciones estrechas con las áreas de apoyo y las catalogan como buenas. |

PILAR 7. MANTENIMIENTO EN LAS ÁREAS DE APOYO

| PILAR 7 | | |
|---|-------------|--------------------|
| REQUERIMIENTO ESENCIALES | PESO | % ALCANZADO |
| Reducción constante de los retrasos que se presentan en las áreas que soportan las operaciones de mantenimiento de la empresa | 40 | 0 |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de comunicación entre áreas que se interrelacionan. | 30 | 0 |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de los procesos entre áreas que se interrelacionan | 30 | 25.3 |
| Total | 100 | 25.3 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|---|---|
| PILAR 7 MANTENIMIENTO EN LAS ÁREAS DE APOYO | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Reducción constante de los retrasos que se presentan en las áreas que soportan las operaciones de mantenimiento de la empresa | Se tiene la percepción generalizada por parte de los talleres, que la relación con las áreas de apoyo es buena sin embargo señalan que estas casi siempre son un cuello de botella para el taller, por lo tanto, no existe líneas de acción que indiquen una reducción constante de retrasos generados por las áreas. |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de comunicación entre áreas que se interrelacionan. | No existe la evidencia de instrumentos de comunicación entre áreas, actas de reunión, minutas u otras. No existen líneas de acción en reuniones entre áreas para la mejora de la comunicación y flujos de procesos. |
| Enfoque en garantizar el flujo continuo de los procesos entre áreas que se interrelacionan | El 84% tiene formatos formales establecidos en que se evidencia el avance de los procesos en los que se interrelacionan las áreas taller- áreas de apoyo. |

PILAR 8. HIGIENE Y SEGURIDAD

| PILAR 8 | | |
|--|--------|-------------|
| REQUERIMIENTOS ESENCIALES | PESO % | % ALCANZADO |
| Garantizar un ambiente de trabajo confortable y ergonómico | 20 | 10.2 |
| Establecimiento de medidas que contribuyan a la reducción de accidentes, donde la seguridad sea el eje central de satisfacción | 40 | 33.7 |
| Garantizar un ambiente en el cual no se produzca la fatiga, sino que genere una contribución en la mejora de la productividad. | 40 | 22.8 |
| Total | 100 | 66.7 |

| ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS | |
|--|---|
| PILAR 8: HIGIENE Y SEGURIDAD | |
| Requerimiento Esencial | Resultado |
| Garantizar un ambiente de trabajo confortable y ergonómico | El 51% de los talleres cumplen con los requisitos señalados en la ley de prevención de riesgos, garantizando un ambiente confortable y ergonómico |
| Establecimiento de medidas que contribuyan a la reducción de accidentes, donde la seguridad sea el eje central de satisfacción | El 85% de los talleres cumplen con los requisitos señalados por la ley de prevención de riesgos garantizando un ambiente en que se busque la reducción de los mismos |
| Garantizar un ambiente en el cual no se produzca la fatiga, sino que genere una contribución en la mejora de la productividad. | El 100% está comprometido en implementar las medidas recomendadas en la ley de prevención de riesgos, ya que cuentan con un programa de gestión de seguridad e higiene establecida. |

| PROGRAMA GENERAL DE IMPLANTACIÓN TPM | | | | |
|--|---|---|---|---|
| ETAPA/ PILAR | Objetivo | Acción a tomar | Resultado esperado | Responsables |
| Decisión de la Dirección | Compromiso del Despliegue TPM | Desarrollo de la Dirección Por Políticas | Conformación del Comité TPM | Director Intendente Piloto TPM |
| Información y Formación | Dar a conocer el desarrollo del Despliegue TPM | Desarrollo del Programa de las 5`S | Concientización de los trabajadores | Intendente Piloto TPM Asistente TPM |
| Implantación de la Estructura de Pilotaje | Identificar funciones y misiones involucradas e indirectos | Identificación de la Estructura Organización del Despliegue TPM Conocimiento del Manual de Puestos del Despliegue TPM | Establecimiento de la organización del Pilotaje TPM | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Diagnóstico Inicial (zona TPM, actores, deficiencias, retos) | Determinación cuantitativa y cualitativa de la Problemática | Entrevistas a trabajadores directos e indirectos Elaboración de ficha descriptiva Zona TPM | Selección de la Zona TPM y determinación de Retos TPM | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Elaboración de un Programa TPM | Establecimiento del tiempo de ejecución del Despliegue TPM | Desarrollo de la planeación de los pilares TPM | Cronograma de realización actividades TPM | Director Intendente Piloto TPM |
| Lanzamiento | | Desarrollo de la Guía Metodológica de Implantación TPM | | Director Intendente Piloto TPM Asistente TPM Operarios Áreas de Apoyo |
| Mejoras enfocadas | Solución de problemas respecto al Pilar 1 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación | Registro de fallas Desarrollo del SIF | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |

| | | | | |
|---|---|---|--|---|
| | | del Pilar 1 | | |
| Desarrollo del Mantenimiento Autónomo | Solución de problemas respecto al Pilar 2 | Desarrollo de Guía Metodológica a de Implantación del Pilar 2 | Desarrollo y estandarización de rutinas de mantenimiento | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Desarrollo o del Mantenimiento Planeado | Solución de problemas respecto al Pilar 3 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 3 | Desarrollo de rutinas de mantenimiento preventivo e indicadores | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Formación y Capacitación | Solución de problemas respecto al Pilar 4 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 3 | Desarrollo del programa de entrenamiento | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Mantenimiento de Calidad | Solución de problemas respecto al Pilar 6 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 6 | Desarrollo de la documentación de procesos y estándares de calidad | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Higiene Seguridad y Medio Ambiente | Solución de problemas respecto al Pilar 8 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 8 | Identificación de riesgos | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| Control Inicial | Solución de problemas respecto al Pilar 5 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 5 | Desarrollo de fichas técnicas de los equipos y políticas de retiro y reemplazo | Piloto TPM Asistente TPM Operarios |
| TPM en Áreas de Apoyo | Solución de problemas respecto al Pilar 7 | Desarrollo de Guía Metodológica de Implantación del Pilar 7 | Acciones de mejora de áreas de apoyo | Piloto TPM Asistente TPM Operarios Áreas de Apoyo |
| Fijación Nuevos Objetivos | Desarrollo del ciclo de Mejora continua | Desarrollo de la Guía Metodológica de Implantación TPM | | Director Intendente Piloto TPM Asistente TPM |

Producción.

- Tasa de utilización del equipo.

| Calificación | Característica |
|--------------|-----------------|
| 4 | > 80 % |
| 2 | Entre 50 y 80 % |
| 1 | < 50 % |

- Equipo Auxiliar: valor que indica que posibilidades existen de recuperar la producción con otro equipo.

| Calificación | Característica |
|--------------|---|
| 5 | Sin posibilidad de reemplazo. Única existencia |
| 4 | Equipos de la misma clase en el proceso productivo |
| 1 | Equipo con duplicado |

- Influencia del equipo en el proceso de producción.

| Calificación | Característica |
|--------------|--|
| 5 | Paro del proceso de producción |
| 4 | Influencia importante |
| 2 | Influencia relativa |
| 1 | No interviene en el proceso principal |

Calidad.

Influencia del equipo en la calidad final del producto.

| Calificación | Característica |
|--------------|----------------|
| 5 | Decisiva |
| 4 | Importante |
| 2 | Sensible |
| 1 | Nula |

Mantenimiento.

Costo mensual de mantenimiento.

| Calificación | Característica |
|--------------|----------------|
| 4 | > US \$ 500 |
| 2 | US \$ 100-500 |
| 1 | < US \$ 100 |

Número de horas de paradas por averías en el mes.

| Calificación | Característica |
|--------------|-------------------|
| 4 | Mayor 3 horas |
| 2 | Entre 1 a 3 horas |
| 1 | Menor 1 hora |

Grado de especialización del equipo.

| Calificación | Característica |
|--------------|------------------|
| 4 | Especialista |
| 2 | Normal |
| 1 | Sin especialidad |

Seguridad.

Influencia que tiene el equipo con respecto a la seguridad industrial y medio ambiente.

| Calificación | Característica |
|--------------|----------------------------|
| 5 | Riesgo mortal |
| 4 | Riesgo para la instalación |
| 2 | Influencia relativa |
| 1 | Sin influencia |

Con la suma de todas las puntuaciones se establecen tres grupos de criticidad:

- I. Índice de criticidad entre 25 y 35: Equipos críticos para los cuales se les implementará el programa de mantenimiento preventivo.

- II. Índice de criticidad entre 16 y 24: Equipos de importancia media, que en un determinado momento pueden llegar a ser críticos. A estos equipos se le llevará la documentación necesaria para hacerles control sobre las actividades de mantenimiento.

- III. Índice de criticidad menor a 15: Equipos secundarios en el proceso que pueden ser sometidos a un programa de mantenimiento correctivo.

Mediante el análisis de la matriz de criticidad, al respecto de los equipos y maquinarias de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA S.A.; se pretende llegar a una eficacia en el mantenimiento, es decir en reducir el tiempo de encontrar materiales y el mantenimiento adecuado de acuerdo a las funciones asignadas al personal, en un 40%.

| | Required for OEE | Required for OEE | Required for OEE | Required for OEE | Calculated | Required for OEE | Calculated | Calculated | Calculated | Calculated |
|--|--------------------------|------------------|------------------------|----------------------|----------------|------------------|--------------|-------------|------------|------------|
| | Scheduled Operating Time | Down Time | Theoretical Cycle Time | Total Units Produced | Operating Time | Qty of Defects | Availability | Performance | Quality | OEE |
| | Minutes | Minutes | Minutes | Quantity | Minutes | Quantity | % | % | % | % |
| OEE calculations - Sample as seen on tab "OEE and TPR formulas | 850 | 210 | 0.124 | 480 | 60 | 25 | 75.3% | 99.2% | 94.8% | 70.8% |

De acuerdo a la disponibilidad de equipos en la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA S.A., es de 75.3%, teniendo en cuenta la tasa de calidad, el cual es obtenido del total de productos obtenidos por el total de planificación, el cual arroja un % de 99.2 y el cumplimiento del programa de producción, done según el Plan de Mantenimiento Preventivo arroja un total de 94.8% de capacidad de planta efectiva; obteniendo así una eficiencia operativa (OEE) de un 70.8%, es decir se plantea un Programa de Mantenimiento con deficiencias leves.

CAPÍTULO 5
EVALUACIÓN ECONÓMICA
Y FINANCIERA

5.1. Inversión para la Propuesta

En el presente capítulo se muestra la inversión que se va a realizar para las propuestas de mejora; la cual se basa en el control inadecuado de materiales e insumos, altos costos por compra de materiales e insumos, falta de seguimiento a proveedores, inadecuada distribución de almacenes, falta de métodos de aprovisionamiento y mermas. A continuación, se detalla la inversión para cada propuesta:

- **Plan de Mantenimiento Preventivo:** Es el elemento en un modelo de gestión de activos que define los programas de mantenimiento a los activos (actividades periódicas preventivas, predictivas y detectivas), con los objetivos de mejorar la efectividad de estos, con tareas necesarias y oportunas, y de definir las frecuencias, las variables de control, el presupuesto de recursos y los procedimientos para cada actividad.
- **BPM:** La propuesta se basa en establecer y definir las buenas prácticas de manufactura para las operaciones de mantenimiento en las instalaciones de la Mina.
- **Mantenimiento Productivo Total (TPM):** La propuesta se basa en el planteamiento de un Programa de Mantenimiento Preventivo en base a la identificación y mejoras en las actividades de mantenimiento, teniendo en cuenta las eficiencias operativas y el tiempo de horas en encontrar materiales y asignación de funciones.

Para llevar a cabo la realización de las propuestas de mejora se necesita una inversión de S/. 46 900.00.

Tabla N° 08: Inversión total de la propuesta de mejora

| INVERSIÓN | SOLES |
|---|----------------------|
| Plan de Mantenimiento Preventivo | S/. 12,500.00 |
| BPM | S/. 18,000.00 |
| TPM | S/. 16,400.00 |
| TOTAL | S/. 46,900.00 |

Fuente: Elaboración propia

Cabe mencionar que la empresa decidió que financiaría el 50% (S/. 23 450.00) de la inversión a una tasa de 14% anual por el periodo de un año, generándose el siguiente cronograma de pagos:

Tabla N°09: Cronograma de pagos de préstamo

| PERIODO | DEUDA | INTERES | AMORTIZACION | CUOTA | SALDO |
|----------------|--------------|----------------|---------------------|--------------|--------------|
| 0 | 23,450.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 23,450.00 |
| 1 | 23,450.00 | 257.46 | 1,838.96 | S/. 2,096.41 | 21,611.04 |
| 2 | 21,611.04 | 237.27 | 1,859.15 | 2,096.41 | 19,751.90 |
| 3 | 19,751.90 | 216.86 | 1,879.56 | 2,096.41 | 17,872.34 |
| 4 | 17,872.34 | 196.22 | 1,900.19 | 2,096.41 | 15,972.15 |
| 5 | 15,972.15 | 175.36 | 1,921.06 | 2,096.41 | 14,051.09 |
| 6 | 14,051.09 | 154.27 | 1,942.15 | 2,096.41 | 12,108.94 |
| 7 | 12,108.94 | 132.94 | 1,963.47 | 2,096.41 | 10,145.47 |
| 8 | 10,145.47 | 111.39 | 1,985.03 | 2,096.41 | 8,160.45 |
| 9 | 8,160.45 | 89.59 | 2,006.82 | 2,096.41 | 6,153.63 |
| 10 | 6,153.63 | 67.56 | 2,028.85 | 2,096.41 | 4,124.77 |
| 11 | 4,124.77 | 45.29 | 2,051.13 | 2,096.41 | 2,073.65 |
| 12 | 2,073.65 | 22.77 | 2,073.65 | 2,096.41 | 0.00 |

Fuente: Elaboración propia

5.2. Beneficios de la Propuesta

A continuación, se detalla los beneficios que se obtuvieron al aplicar las mejoras respectivas, demostrándose el beneficio antes y; después de dichas implementaciones:

| INVERSIÓN ACTUAL | SOLES |
|-------------------------------------|----------------------|
| Sin Mantenimiento Preventivo | S/. 8,870.00 |
| Sin Implementación de BPM | S/. 14,850.00 |
| Sin Implementación de TPM | S/. 2,950.00 |
| TOTAL | S/. 26,670.00 |

| | |
|----------------------------|-----------------------|
| INGRESOS ACTUALES | S/. 542,868.39 |
| RENTABILIDAD ACTUAL | S/. 12.75 |

| INVERSIÓN CON PROPUESTA DE MEJORA | SOLES |
|--|----------------------|
| Mantenimiento Preventivo | S/. 12,500.00 |
| BPM | S/. 18,000.00 |
| TPM | S/. 4,650.00 |
| TOTAL | S/. 35,150.00 |

| | |
|--|-----------------------|
| INGRESOS CON PROPUESTAS DE MEJORA | S/. 961,278.00 |
|--|-----------------------|

| | |
|--|------------------|
| RENTABILIDAD CON PROPUESTAS DE MEJORA | S/. 17.65 |
|--|------------------|

Se puede observar que la rentabilidad aumentó con la aplicación de las propuestas de mejora, en un 40%

5.3. Evaluación Económica

5.3.1. Ingresos:

| INGRESOS | Enero | Febrero | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio | Agosto | Septiembre | Octubre | Noviembre | Diciembre | Total |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| AUMENTO DE PRODUCCIÓN MANUFACTURA POR MANTENIMIENTO | S/. 56,440 | S/. 52,900 | S/. 48,650 | S/. 45,984 | S/. 44,981 | S/. 46,872 | S/. 47,986 | S/. 42,570 | S/. 48,877 | S/. 52,359 | S/. 42,633 | S/. 61,420 | S/. 591,672 |
| REDUCCIÓN DE COSTO SIN CONTROLAR TIEMPOS Y PRODUCCIÓN DE MANTENIMIENTO | S/. 28,351 | S/. 340,206 |
| REDUCCIÓN DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO | S/. 2,450 | S/. 29,400 |
| TOTAL | S/. 87,241 | S/. 83,701 | S/. 79,451 | S/. 76,785 | S/. 75,782 | S/. 77,673 | S/. 78,787 | S/. 73,371 | S/. 79,678 | S/. 83,160 | S/. 73,434 | S/. 92,221 | S/. 961,278 |

Fuente: Elaboración Propia

5.3.2. Estado de Resultados:

| Mensual | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos | | S/. 87,241 | S/. 83,701 | S/. 79,451 | S/. 76,785 | S/. 75,782 | S/. 77,673 | S/. 78,787 | S/. 73,371 | S/. 79,678 | S/. 83,160 | S/. 73,434 | S/. 92,221 |
| Costos operativos | | S/. 61,068 | S/. 58,590 | S/. 55,615 | S/. 53,749 | S/. 53,047 | S/. 54,371 | S/. 55,151 | S/. 51,359 | S/. 55,774 | S/. 58,212 | S/. 51,403 | S/. 64,554 |
| Intereses | | S/. 257 | S/. 237 | S/. 217 | S/. 196 | S/. 175 | S/. 154 | S/. 133 | S/. 111 | S/. 90 | S/. 68 | S/. 45 | S/. 23 |
| Depreciación | | S/. 76 |
| Utilidad bruta | | S/. 25,839 | S/. 24,797 | S/. 23,543 | S/. 22,764 | S/. 22,484 | S/. 23,072 | S/. 23,427 | S/. 21,824 | S/. 23,738 | S/. 24,805 | S/. 21,909 | S/. 27,568 |
| GAV | | S/. 6,107 | S/. 5,859 | S/. 5,562 | S/. 5,375 | S/. 5,305 | S/. 5,437 | S/. 5,515 | S/. 5,136 | S/. 5,577 | S/. 5,821 | S/. 5,140 | S/. 6,455 |
| Utilidad antes de impuestos | | S/. 19,732 | S/. 18,938 | S/. 17,981 | S/. 17,389 | S/. 17,179 | S/. 17,635 | S/. 17,912 | S/. 16,688 | S/. 18,161 | S/. 18,984 | S/. 16,769 | S/. 21,112 |
| Impuestos | | S/. 5,525 | S/. 5,303 | S/. 5,035 | S/. 4,869 | S/. 4,810 | S/. 4,938 | S/. 5,015 | S/. 4,673 | S/. 5,085 | S/. 5,315 | S/. 4,695 | S/. 5,911 |
| Utilidad después de impuestos | | S/. 14,207 | S/. 13,636 | S/. 12,946 | S/. 12,520 | S/. 12,369 | S/. 12,697 | S/. 12,897 | S/. 12,016 | S/. 13,076 | S/. 13,668 | S/. 12,074 | S/. 15,201 |

Fuente: Elaboración Propia

5.3.3. Flujo Económico

Se procederá a evaluar el costo-beneficio de implantar las propuestas de mejora planteadas en el capítulo 4. Para lo cual se emplearán ratios financieras como el VAN y el TIR para que nos ayuden a calcular la viabilidad de las propuestas descritas.

Para financiar el proyecto se trabajará con una tasa de interés del 14 %, préstamo que nos permitirá financiar el proyecto. La tasa mensual con la cual se trabajará es de 1.353%.

Como se puede observar después de haber realizado el financiamiento del proyecto obtenemos un VAN positivo, eso nos muestra que el proyecto es viable; así como, la tasa interna de retorno que también es positiva, demostrando que el proyecto de la inversión si es conveniente.

A continuación, se detalla la indicado líneas arriba:

Flujo de caja:

| Meses | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|-------------------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Utilidad después de impuestos | | S/. 14,207 | S/. 13,636 | S/. 12,946 | S/. 12,520 | S/. 12,369 | S/. 12,697 | S/. 12,897 | S/. 12,016 | S/. 13,076 | S/. 13,668 | S/. 12,074 | S/. 15,201 |
| mas depreciación | | S/. 76 |
| Inversión | -S/. 46,900 | | | | | | | | | | | | |
| Préstamo | S/. 23,450 | | | | | | | | | | | | |
| amortización | | S/. 1,839 | S/. 1,859 | S/. 1,880 | S/. 1,900 | S/. 1,921 | S/. 1,942 | S/. 1,963 | S/. 1,985 | S/. 2,007 | S/. 2,029 | S/. 2,051 | S/. 2,074 |
| flujo neto de efectivo | -S/. 23,450 | S/. 12,444 | S/. 11,852 | S/. 11,142 | S/. 10,695 | S/. 10,523 | S/. 10,830 | S/. 11,009 | S/. 10,106 | S/. 11,144 | S/. 11,715 | S/. 10,098 | S/. 13,203 |

Fuente: Elaboración Propia

5.3.4. Cálculo del VAN/TIR/ROI:

| Meses | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---------------------|--------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Flujo neto Efectivo | -S/. 23,450 | S/. 12,444 | S/. 11,852 | S/. 11,142 | S/. 10,695 | S/. 10,523 | S/. 10,830 | S/. 11,009 | S/. 10,106 | S/. 11,144 | S/. 11,715 | S/. 10,098 | S/. 13,203 |

| Meses | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|------------------|---|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Ingresos totales | | S/. 87,241 | S/. 83,701 | S/. 79,451 | S/. 76,785 | S/. 75,782 | S/. 77,673 | S/. 78,787 | S/. 73,371 | S/. 79,678 | S/. 83,160 | S/. 73,434 | S/. 92,221 |
| Egresos totales | | S/. 72,958 | S/. 69,752 | S/. 66,212 | S/. 63,993 | S/. 63,162 | S/. 64,746 | S/. 65,681 | S/. 61,168 | S/. 66,437 | S/. 69,348 | S/. 61,239 | S/. 76,921 |

| | | |
|---------------------|--------------------|--------------|
| VAN ingresos | S/. 358,452 | SOLES |
| VAN egresos | S/. 298,983 | SOLES |
| PRI | 2 | MESES |

| | |
|------------|-------------------|
| VAN | S/. 26,927 |
| TIR | 49.1% |
| B/C | 1.20 |
| ROI | 1949.63 |

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO 6

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados

6.1.1. Después de la realización de las propuestas de mejora en la gestión de mantenimiento de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, debido a que se logró reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8%. El VAN (valor actual neto) de la implementación de este proyecto es de S/. 26927.00 lo que indica que es un proyecto Rentable para la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA.



6.1.2. La tasa interna de retorno (TIR) obtenida fue de 49.1 %, esta es la tasa a la cual retornará la inversión de este proyecto y que es mucho mayor al costo de oportunidad (cok) de la empresa el cual es de 20%; por lo que el proyecto según este indicador es Rentable.

6.1.3. El indicador de costo beneficio tenemos un 1.20, lo que nos indica que por cada S/. 1.00 invertido en este proyecto, la empresa ganará S/. 0.20.

6.2. Discusión

6.2.1 Luego de la aplicación de las propuestas de mejora: Plan de Mantenimiento Preventivo, TPM y BPM; ayuda a mejorar la gestión de mantenimiento de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA; debido a que se logró reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de

procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8%

6.2.2 El VAN del presente trabajo fue S/. 26,907, el cual se obtuvo por reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8%. Esto generó ingresos anuales de S/. 961,278 y se obtuvo un flujo neto de efectivo mensual promedio de S/. 11,114 a una tasa de 1.50% mensual.



6.2.3 Para la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, la tasa base para determinar que un proyecto es viable es de 20% anual, para determinar el TIR de la propuesta de mejora se hizo evaluación dentro de un periodo de 1 año, teniendo una inversión de S/. 51,550 soles y un flujo de efectivo mensual promedio de S/. 12,996 obteniéndose como resultado un TIR de 43.5%, con lo cual nos indica que el proyecto es rentable, además toda la inversión se recupera en un periodo de 2 meses.

6.2.4 Se obtuvo Ingresos anuales de S/. 984,259 obtenidos por el aumento del 25% en las ventas, la reducción de la MO de producción por la implementación del TPM. Además, se obtuvo egresos anuales S/. 801,604 propios de los costos de operación; al dividir estos 2 valores nos da como resultado 1.2 (costo beneficio).

CAPÍTULO 7
CONCLUSIONES Y
RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

- 7.1.1** Se realizó el diagnóstico del estado actual de la gestión en el Área de Mantenimiento de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA, encontrando que los principales problemas que aumentan los costos operativos son: falta de mantenimiento preventivo, no existen procedimientos estandarizados para el mantenimiento, falta de mantenimiento productivo total, no hay repuestos por equipos críticos y no existe una gestión por indicadores KPI.
- 7.1.2** Se elaboró las propuestas para reducir los costos operativos de la MINERA TAHOE RESOURCES LA ARENA; para ello se evaluó y aplicó herramientas de Ingeniería Industrial para solucionar los problemas identificados. Las herramientas usadas fueron: Plan de Mantenimiento Preventivo, TPM y BPM. Asimismo, se logró reducir los costos operativos por medio de la propuesta de Implementación del TPM, BPM y Plan de Mantenimiento Preventivo, debido a que se logró reducir las paradas de planta en un 5%, un aumento de procedimientos estandarizados mediante la implementación de BPM al 72% y un Mantenimiento Productivo Total de la maquinaria, repuesto por equipos críticos y gestión por indicadores KPI a 70.8% y una rentabilidad del último año de S/ 15,687.60. Todas estas propuestas generaron ingresos por un total de S/.984.259.00.
- 7.1.3** Se hizo la evaluación económica / financiera de la propuesta de mejora en un periodo de 12 meses, dando como resultado que el proyecto es RENTABLE. Cabe mencionar que se tuvo un financiamiento del 50 % de la inversión a una tasa de 14% anual por el periodo de un año.
- VAN: S/. 26,927
 - TIR : 49.1%
 - B/C : 1.2

7.2 Recomendaciones

- 7.2.1.** Se recomienda realizar un diagnóstico semestral a las operaciones de la planta de mantenimiento para asegurar la gestión de mantenimiento de la unidad minera.
- 7.2.2.** Se recomienda aplicar todas las propuestas de mejora aplicadas en este trabajo, para asegurar que la gestión en el Área de Mantenimiento mejore. Asimismo, hacer seguimiento al plan de producción para asegurar su cumplimiento a través de indicadores de gestión de mantenimiento que les permita determinar cuándo hacer ajustes dentro de su proceso.
- 7.2.3.** Se recomienda realizar una evaluación económica financiera con una frecuencia anual, a fin de realizar y verificar la efectividad de las herramientas de mejora propuestas.

CAPÍTULO 8

ANEXOS

REFERENCIAS.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Tuarez Medranda C. (2013). ***Diseño de un Sistema de Mejora Continua en una Embotelladora y Comercializadora de bebidas gaseosas de la ciudad de Guayaquil por medio de la Aplicación del TPM (Mantenimiento Productivo Total)***. (Tesis de Maestría). Escuela Superior Politécnica de Mallorca, España.

López Arias E. (2009). ***El Mantenimiento Productivo Total TPM y la Importancia del Recurso Humano para su exitosa implementación*** (Tesis de Maestría). Pontificia Universidad Javeriana, Colombia

Galvón Romero D. (2012). ***Análisis de la Implementación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) mediante el Modelo de Opciones Reales”*** (Tesis de Maestría). Universidad Nacional Autónoma de México.

Tiburcio Rodríguez V. (2002). ***MRP II Aplicado al Mantenimiento Productivo Total*** Tesis de Maestría). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú.

Vargas Gamboa P. (2015). ***Propuesta de implementación de un mantenimiento productivo total (TPM) para la reducción de costos e incrementar la producción de una planta galletera de la región***. Universidad Privada del Norte, Perú.

TEXTOS

Jacobs, F. Robert & Aquilano, Nicholas J. (2009). *Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros*. México.

Nahmias S. (2007) *Análisis de la producción y de las operaciones*. Mc Graw Hill Interamericana, 5 Edición.