

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



“MEJORA DEL PROCESO DE MINADO PARA  
INCREMENTAR LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DIARIA  
EN UNA COMPAÑÍA DE SERVICIOS GENERALES EN LA  
CIUDAD DE LIMA, AÑO 2019”

Trabajo de suficiencia profesional para optar el título  
profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Dilmer Delgado Llanos

Asesor:

Ing. Mg. Aldo G. Rivadeneyra Cuya

Lima - Perú

2021

## **DEDICATORIA**

A mis padres, por haber sido mí apoyo y mi guía a lo largo de mi vida. A las personas que me apoyaron en esta etapa de mi vida, aportando a mí desarrollo profesional y como ser humano.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por su amor y protección, por guiarme y cuidar mis pasos.  
De igual manera agradecer a la Universidad Privada del Norte, que me abrió sus puertas  
brindándome conocimientos en el ámbito de la ingeniería industrial.

## Tabla de contenidos

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	7
ÍNDICE DE FIGURAS.....	8
INDICE DE ECUACIONES.....	9
RESUMEN EJECUTIVO.....	10
EXECUTIVE SUMMARY.....	11
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Antecedentes de la empresa.....	13
1.1.1. Misión.....	14
1.1.2. Visión.....	14
1.1.3. Estructura Organizacional.....	15
1.1.4. Competidores.....	16
1.1.5. Clientes.....	16
1.1.6. Ubicación de la Minera.....	16
1.1.7. Maquinarias que prestamos servicios.....	17
1.2. Determinación del problema.....	20
1.2.1. Problema Principal.....	21
1.3. Justificación.....	21
1.4. Objetivo.....	22
1.4.1. Objetivo General.....	22
1.4.1. Objetivo específico.....	22
1.5. Limitaciones.....	22
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	23
2.1. Antecedentes de la investigación.....	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	23
2.2. Bases teóricas.....	25
2.2.1 Eficiencia Productiva.....	25
2.2.2 Gestión de Calidad Total.....	25
2.2.3. Mejora de proceso.....	26
2.2.4. Capacidad de producción.....	26
2.2.5. Mantenimiento productivo total (tpm).....	27
2.2.6. Metas fundamentales del TPM.....	29

2.2.7. Programa de un mantenimiento productivo total .....	30
2.2.8. Mejora de la eficiencia de los equipos .....	30
2.2.9. Mantenimiento.....	31
2.10. Pilares del TPM.....	31
2.11. Confiabilidad.....	33
2.12. Disponibilidades.....	33
2.13. Planificación minera.....	34
2.14. Ciclo de Minado.....	34
2.15. Importancia de un Ciclo de Minado .....	34
2.16. Arranque de Material y Carguío.....	35
2.17. Diagrama de Gantt.....	35
2.18. Diagrama de Ishikawa.....	35
<b>CAPÍTULO III. DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA .....</b>	<b>37</b>
3.1. Cantidad de Máquinas que posee la Compañía ALARKA.....	37
3.2. Datos de recolección para alcanzar los 3000m <sup>3</sup> /día.....	38
3.2.1. Producción diaria de acuerdo a la ley 27651 .....	38
3.2.2. Determinación de la Densidad de Material Aurífero.....	38
3.2.3. Resumen de Recolección de Datos del Campo .....	39
3.3. Propuesta de Optimización del Ciclo Minado.....	40
3.3.1. Personas Involucradas.....	40
3.4. Determinación de muestra de las máquinas en estudio.....	40
3.4.1. Horas Útiles de las máquinas en estudio.....	41
3.4.2. Horas de Mantenimiento de las máquinas.....	41
3.4.3. Número de Fallas y Paradas por Máquina correspondientes a 2018.....	41
3.5. Análisis de Indicadores de Gestión.....	42
<b>CAPÍTULO IV. RESULTADOS .....</b>	<b>43</b>
4.1. Desarrollo del Primer Objetivo .....	43
4.1.1. Evaluar Disponibilidad de máquinas para la capacidad de producción en la compañía Alarka año 2019 .....	43
4.2. Desarrollo del Segundo Objetivo .....	43
4.2.1. Determinación de la confiabilidad.....	43
4.3. Desarrollo del Tercer Objetivo.....	44
4.4. Matriz de priorización .....	45
4.5. Diagrama de Pareto .....	47
4.6. Propuesta de Mejora.....	52
4.6.1. Etapa 1. Declaración de introducción del TPM.....	52

4.6.2. Etapa2. Implementación del programa de mantenimiento preventivo .....	56
4.7. Análisis de Criticidad de los Equipos.....	59
4.7.1. Cálculo De MTBS .....	60
4.7.2. Cálculo de confiabilidad.....	60
4.7.3. Disponibilidad Mecánica 2019.....	60
4.7.4. Cuadro comparativo antes y después del análisis.....	61
4.7.5. Cuadro Comparativo Disponibilidad Y Confiabilidad 2018 Y 2019 .....	62
4.7.6. Cuadro comparativo de capacidad de producción diario después de la mejora del proceso. ....	63
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	64
RECOMENDACIONES .....	66
REFERENCIAS .....	67
ANEXOS.....	69
ANEXO 1. Taller antes de la propuesta de mejora .....	69
ANEXO 2. Taller luego de la implementación de la propuesta .....	69
ANEXO 3. Capacitaciones.....	70

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1. Datos producción antes de la mejora .....	20
Tabla N° 2. Cantidad de Máquinas que posee la Compañía ALARKA.....	38
Tabla N° 3. Descripción de la recolección de datos 2018.....	39
Tabla N° 4. Descripción de equipos, marcas y modelos 2018 .....	39
Tabla N° 5. Equipos analizados para el área de mantenimiento 2018 .....	40
Tabla N° 6. Cuadro de determinación de Horas Útiles de 33 máquinas según muestra 2018 .....	41
Tabla N° 7. Cuadro de horas de mantenimiento 2018.....	41
Tabla N° 8. Cuadro del número de fallas de 33 máquinas correspondientes al 2019 .....	42
Tabla N° 9. Cuadro de indicadores MTBS y MTTR 2018.....	42
Tabla N° 10. Disponibilidad mecánica.....	43
Tabla N° 11. Confiabilidad mecánica .....	43
Tabla N° 12. Matriz de priorización.....	45
Tabla N° 13. Pareto .....	47
Tabla N° 14. Etapas de la propuesta.....	52
Tabla N° 15. Ficha de mantenimiento autónomo.....	54
Tabla N° 16. Programación de mantenimiento por fechas año 2019 .....	57
Tabla N° 17. Disponibilidad Mecánica .....	60
Tabla N° 18. MTBS y MTTR del 2018.....	61
Tabla N° 19. MTBS y MTTR del 2019.....	61
Tabla N° 20. Disponibilidad 2018 y 2019.....	62
Tabla N° 21. Confiabilidad 2018 y 2019 .....	62
Tabla N° 22. Cuadro de capacidad de producción comparativo 2018 y 2019. ....	63

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1. Personal de la empresa ALARKA E.I.R.L.....	13
Figura N° 2. Organigrama.....	15
Figura N° 3. Ubicación mina.....	17
Figura N° 4. Excavadora CAT 336 DL (2015).....	18
Figura N° 5. Volquete Volvo F 12 (2016).....	18
Figura N° 6. Cargador Frontal CAT 950 (2016).....	19
Figura N° 7. Tractor Oruga cat d6 (2017).....	19
Figura N° 8. Pilares del mantenimiento productivo total (TPM).....	33
Figura N° 9. Diagrama Ishikawa.....	44
Figura N° 10. Diagrama de Pareto.....	48
Figura N° 11. Diagrama de Gantt de implementación.....	58
Figura N° 12. Incremento de Capacidad de Producción.....	63



## **INDICE DE ECUACIONES**

Ecuación N° 1. Eficiencia Productiva .....	25
Ecuación N° 2. Calculo de MTBS .....	60
Ecuación N° 3. Calculo de confiabilidad.....	60

## **RESUMEN EJECUTIVO**

El proyecto realizado se propuso como principal objetivo determinar la capacidad de producción diaria a 3000 m<sup>3</sup>/día en la compañía Servicios Generales a través de la metodología del mantenimiento productivo total, mejorando los indicadores de disponibilidad y confiabilidad para mejorar la capacidad de producción.

Realizando el levantamiento de información mediante la recolección de datos en el 2018 se llegó obtener 87% de disponibilidad con la implementación metodología del mantenimiento productivo total. En el año 2019 se llegó incrementar al 99%, incrementando positivamente un 12%, de igual manera se realizó levantamiento de información de confiabilidad obteniendo un 32% en el 2018, el cual incremento al 95%. Aumentando positivamente un 63%.

Con la implementación de la metodología de TPM se mejora el proceso de minado, también se implementó las 5s, mantenimiento preventivo y autónomo, lo cual género que la empresa tenga menor número de fallas en el año, generando una disponibilidad y confiabilidad de las máquinas para la capacidad de producción diaria.

**Palabra clave: Mantenimiento Productivo Total, Confiabilidad y Disponibilidad**

## **EXECUTIVE SUMMARY**

The main objective of the project carried out was to determine the daily production capacity at 3000 m<sup>3</sup> / day in the company General Services. Through the methodology of total productive maintenance, improving the availability and reliability indicators to improve production capacity.

Carrying out the information gathering through data collection in 2018, 87% availability was obtained with the implementation of the total productive maintenance methodology. In 2019, it increased to 99%, increasing positively by 12%, in the same way, reliability information was collected, obtaining 32% in 2018, which increased to 95%. Increasing positively by 63%.

With the implementation of the TPM methodology, the mining process is improved, the 5s, preventive and autonomous maintenance were also implemented, which means that the company has fewer failures in the year, generating availability and reliability of the machines for daily production capacity.

**Keyword: Total Productive Maintenance, Reliability and Availability**

## **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

En estos últimos años, la empresa buscan la mejora continua para poder reducir tiempos de operación y incrementar capacidad de producción de las mismas, el planteamiento del método. Mantenimiento Productivo Total (TPM) es fundamental para no permanecer obsoleto en estos tiempos.

En nuestro país actualmente hablar de Mantenimiento Productivo Total (TPM) es algo nuevo aun, ya que, no todas las empresas tienen esta herramienta implementada en sus sistemas operativos y administrativos. Tenemos como país la una gran oportunidad para empezar a tomarlo como una base fundamental para cualquier empresa.

Según Hernández, Escobar, Larios, & Noriega. (2015) "el TPM es una herramienta usada en la mayoría de los procesos productivos de las industrias, la cual, está enfocada en la mayor disponibilidad de la maquinaria en el tiempo justo para iniciar su trabajo dentro de las industrias. La concepción de TPM antiguamente era desvinculada de los sistemas administrativos y manufactureros de las empresas. Pero, en un mundo globalizado el TPM constituye la combinación de tareas técnicas y administrativas indispensables para sostener a la maquinaria y equipos para el correcto funcionamiento de las empresas."

Se desarrollo este proyecto para mejorar el proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales con la implementación de la metodología TPM, haciendo un diagnóstico y con la recolección de datos nos ayudara a determinar la disponibilidad y la confiabilidad de las máquinas.

## 1.1. Antecedentes de la empresa

En el año 2012, Servicios Generales inicia sus actividades como una empresa de servicios generales los propietarios son inversionistas Peruanos, ubicado en su Sede principal: Av. Argentina 4453 – Callao, contando dentro de su cartera de cliente a la minera LA ZANJA. Servicios Generales considera como su principal pilar de la empresa al factor humano ya que posee un personal altamente y capaz competitivo. Estamos comprometidos con responsabilidad de garantizar la seguridad y el funcionamiento de nuestros equipos.

Contamos en nuestro parque de maquinarias de última generación cada día nos superamos para tener mejor soporte técnico y resolver los posibles inconvenientes, que permitan la mejora de recursos en diversos ámbitos de la mina al aportar un único punto de contacto que le brinde todos los equipos, operadores, servicios de soporte y mantenimiento necesarios para laborar en la faena minera, optimizar sus recursos, disminuir sus costos y ejecutar el proyecto con mayor eficiencia.

Figura N° 1.  
*Personal de la compañía Servicios Generales*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

### **1.1.1. Misión**

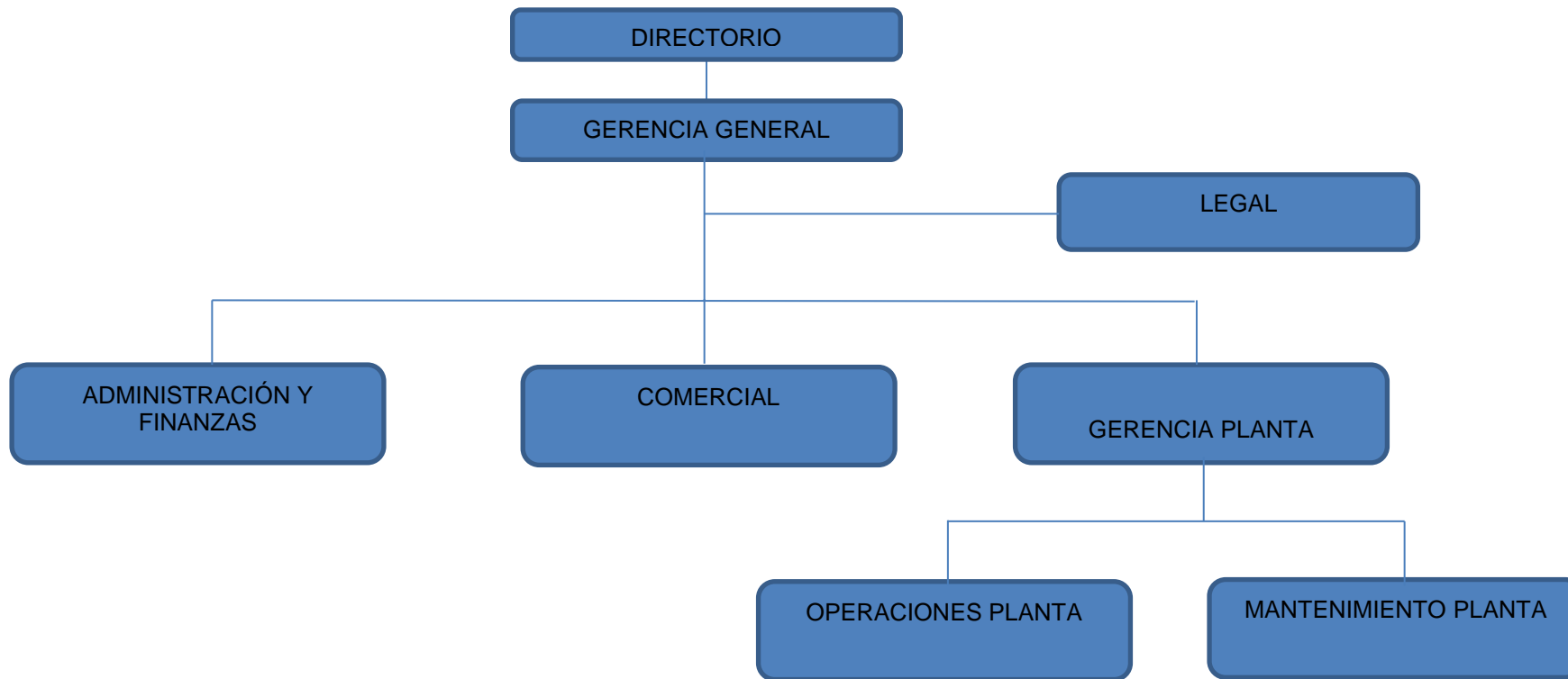
Mantenimiento para lograr la satisfacción plena de nuestros clientes. Mejorando permanentemente la calidad de servicios ofrecidos.

### **1.1.2. Visión.**

Ser una empresa líder en el mercado eficaz e innovadora, con los más altos estándares de seguridad, en armonía con el medio ambiente.

### 1.1.3. Estructura Organizacional

Figura N° 2.  
*Organigrama*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

#### **1.1.4. Competidores.**

Los principales competidores mencionamos los siguientes:

- Edipesa.
- Maquinarias
- Pirhua.
- Cosapi

#### **1.1.5. Clientes**

Entre nuestros clientes tenemos.

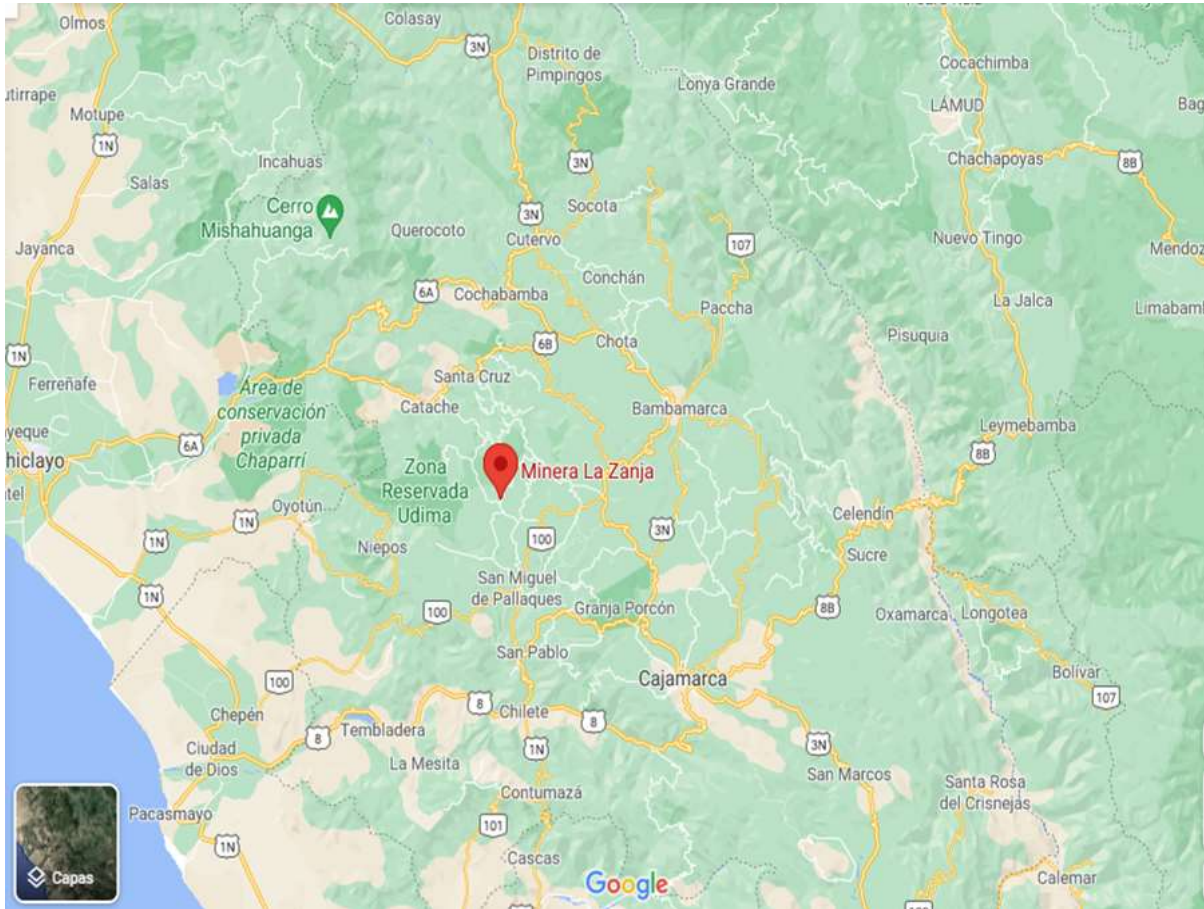
- Minera la Zanja.
- Termochilca (Generadora eléctrica)
- Kallpa Generación.
- Compañía minera el brocal.

#### **1.1.6. Ubicación de la Minera**

La zanja está ubicada en la provincia de santa cruz, en la provincia de chota departamento de Cajamarca, aproximadamente 107 kilómetros al noroeste de la ciudad de Cajamarca a una altura de 3,500 m.s.n.m.



Figura N° 3.  
*Ubicación mina*



Fuente: Google maps

### 1.1.7. Maquinarias que prestamos servicios

Contamos en nuestro parque de maquinarias de última generación.

Figura N° 4.  
*Excavadora CAT 336 DL (2015)*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

Figura N° 5.  
*Volquete Volvo F 12 (2016)*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.



Figura N° 6.  
*Cargador Frontal CAT 950 (2016)*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

Figura N° 7.  
*Tractor Oruga cat d6 (2017)*



Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

## 1.2. Determinación del problema

La deficiencia de producción en el ciclo de minado en la Compañía Servicios Generales, trae factores negativos aumentando costos en producción y como consecuencia tener una baja utilidad en el campo de producción, este problema aqueja bastante en la empresa ya desde varios años dejando una baja calidad salarial a los trabajadores, ausencia de controles de seguridad y otros. Servicios Generales cuenta con maquinaria pesada los cuales son destinados a los diferentes proyectos que tiene la empresa en diferentes partes del país, dichos equipos al salir a obra presentan deficiencias o fallas mecánicas, tales como, fuga de aceite Hidráulica, falla eléctrica, falla de arranque en altura, ajuste de pernos, mantenimiento desfasado, servicio a tercera falla con las reparaciones sub contratadas Existe incumplimiento en los procedimientos de reparación por falta de herramientas e instrumentos para el diagnóstico de fallas en la evaluación para que el técnico de evaluación realice su diagnóstico con asertividad en la evaluación del equipo.

El trabajo está enfocado, en la Compañía Servicios Generales, que tiene una capacidad producción diaria de 1980 m<sup>3</sup>/día de material aurífero y, con una obtención de oro (Au) diario de 178.2 gramos por día. Con un proyecto de minado deficiente debido a la mala disposición de equipos. Esta investigación tiene como objetivo Mejorar el proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria a 3000 m<sup>3</sup>/día con la misma cantidad de equipos que cuenta la compañía Servicios Generales. Contando con 2 excavadoras modelo 330 DL con capacidad de cuchara de 2.3 m<sup>3</sup>, 3 cargadores frontales, 9 volquetes volvo con capacidad de carga de 15m<sup>3</sup>, 1tractor Oruga CAT-D6.

Tabla N° 1. *Datos producción antes de la mejora*

Descripción	Producción real
Material aurífero arrancado	1980 m <sup>3</sup> /día
Producción diaria en gramos Au/día	178.2
Producción mensual gramos Au/mes	4276.8
<b>Producción anual kilogramos Au/año</b>	51.32

Fuente: Elaboración Propia

### **1.2.1. Problema Principal.**

¿Cómo mejorar el proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales año 2019?

### **1.3. Justificación.**

Se está utilizando el método inductivo a través de la recopilación de la información, de esta manera vamos a justificar el proyecto para que esta sea importante de ser implementado en la empresa. El presente trabajo de suficiencia profesional nos ha propiciado elaborar un reforzamiento en el proceso del mantenimiento de equipos de maquinaria pesada, previniendo los inconvenientes que puedan surgir en una máquina y lograr su reparación en el momento justo u oportuno, logrando que el servicio mejore considerablemente. La compañía tiene una capacidad de producción diaria de 1980 m<sup>3</sup>/día de material aurífero, contando con una planta de procesamiento de mineral amplia con una fuerza de 18 motobombas. Además, con una cantidad de 2 excavadoras modelo 330DL con capacidad de cuchara de 2.3 m<sup>3</sup>, 3 cargadores frontales con 9 volquetes volvo con capacidad de carga de 15 m<sup>3</sup>, 1 tractor Oruga CAT-D6., estos equipos no trabajan las horas exactas debido a las fallas que presentan las máquinas y una mala distribución de equipos en el ciclo de minado. El ciclo de minado inicia con el trabajo de las excavadoras que tiene la función de arranque del material aurífero fluvio-glaciario de acuerdo al plan de minado y al diseño del pit, teniendo en cuenta las condiciones geométricas como la estabilidad del talud y por la versatilidad y flexibilidad de las excavadoras se logra una explotación selectiva.

La excavadora una vez ejecutado el arranque del material aurífero fluvio-glaciario (preparación de material), debe realizar un adecuado carguío en el menor tiempo posible y ser acarreado del tajo al chute con volquetes, con una carga 15 m<sup>3</sup>. El Chute tiene una inclinación que permite que el material lavado descienda hacia una zaranda colocada en la parte inferior del chute, la zaranda divide el material en gruesos y finos, los gruesos son trasladados hacia una cancha de relaves por medio de los cargadores frontales y los volquetes, el material restante es llevada hacia las pozas de desarenado. La utilidad de este trabajo de investigación servirá como instrumento para realizar nuevas mejoras o profundizar las ya existentes.

## **1.4. Objetivo**

### **1.4.1. Objetivo General.**

Mejora del proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria en la Compañía Servicios Generales año 2019.

#### **1.4.1. Objetivo específico.**

O.E. N° 1: Evaluar disponibilidad de maquinarias para la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales Año 2019

O.E. N°2: Determinar cuál es la Confiabilidad para mejorar la capacidad de producción del proceso de minado en la compañía Servicios Generales Año 2019

O.E. N°:3 Determinar cuál es la Disponibilidad y Confiabilidad de maquinarias para mejorar la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales año 2019.

## **1.5. Limitaciones**

Limitación N°1: No hay mucha información Bibliográfica sobre Implementar la metodología TPM para aumentar la producción en el mantenimiento correctivo de maquinaria pesada.

Limitación N°2: La empresa tiene protocolos de privacidad muy altos la cual dificulta la recopilación de la información.

## CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes de la investigación.

Como antecedente de la presente investigación tenemos tres tesis:

#### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Barrientos, V. (2014), en su estudio Análisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguío y transporte en minería a cielo abierto, tiene como objetivo encontrar el escenario que disminuya en mayor medida las detenciones operacionales correspondientes a cambios de turno y colaciones, y, en consecuencia, aumente la productividad del sistema de carguío y transporte hasta la planta de chancado. Donde determina el tiempo de ciclo total posee una alta correlación negativa con una estimación de productividad para cada ciclo, el resultado es esperado y sigue la lógica de la teoría, dado que la estimación de productividad se realiza sobre la división entre el tamaño de tolva y el tiempo que tomó en realizar el ciclo.

González, H. (2017) En el estudio titulado Selección y asignación óptima de equipos de carguío para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto, se plantea desarrollar un plan de asignación de equipos de carguío y cumplir con un plan de producción; en el cual construye un modelo de optimización con el que busca un mejor resultado; concluyendo así que el ahorro de tiempo y recursos son los principales factores para un buen desarrollo durante las operaciones y la producción.

#### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Quispe A. (2013) en su tesis titulada "Plan de Minado Subterráneo Aplicado en la Corporación Minera Ananea S.A." para optar el título profesional de Ingeniero de Minas de la Universidad Nacional de Ingeniería. En trabajo de investigación tuvo como objetivo principal de poder conducir las operaciones mineras de tipo artesanal empírico de la empresa, hacia un modelo de operación de minería de mediana escala, con la constante generación de utilidades por la explotación y tratamiento de minerales auríferos, con aplicación de un sistema de gerencia moderno, aplicando controles de costos

recomendables, dando un grato entorno laboral para las personas que laboran en la empresa, empleando tecnología de bajo costo operativo, pudiendo así lograr una excelente relación costo-beneficio que permita aumentar la producción de mineral y que se puedan explotar leyes bajas de los filones auríferos de la mina, haciéndola sustentable económicamente. Para obtener la información se recopilaron fuentes primarias, a raíz de estas fuentes es que se toman los conceptos básicos para así poder conocer los procedimientos que se realizan dentro de la producción de una empresa minera, en la población que se utilizó a las personas vinculadas al sector minero, asesores y especialistas en tecnología-economía minera. Concluyendo que se logró modificar las operaciones mineras de la empresa logrando así exitosas tasas de rentabilidad, producto del buen planeamiento consiguiendo manejar los costos y aplicando tecnología de bajo costo en la explotación de minerales auríferos de vetas 7 o filones angostos de baja ley, llegando a producir un promedio de 240 tn de mineral aurífero mensual con una ley de corte de 0.43 Oz-Au/ton.

Castillo, F. (2016), en su estudio de Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L. Él se propone hacer una optimización en la producción de carguío y acarreo en mina, iniciando la recopilación de información de los tiempos de los ciclos de carguío y acarreo de la mina a través de reportes e informes, los que contrasta antes y después de aplicar el Sistema Jigsaw – Leica. Indica finalmente que las diferencias acumuladas a largos periodos de tiempo improductivos implican altos costos que consecuentemente justifican la inversión de un plan de mejoramiento continuo a fin de llevar a una mejor producción.



## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1 Eficiencia Productiva.

De acuerdo a Aravena, Jofré, & Villareal (2010), indican que la eficiencia productiva es el manejo correcto de los recursos disponibles. Puede explicarse por medio de la siguiente ecuación:

Ecuación N° 1. *Eficiencia Productiva*

$$E = \frac{P}{R}$$

Fuente: Aravena, Jofré, & Villareal (2010),

Dónde:

$P$  = Productos resultantes

$R$  = Recursos utilizados

El éxito de los objetivos con la mínima cantidad de medios o recursos. De manera que, en terminología microeconómica, la eficiencia productiva se define como la obtención de la mayor productividad mediante los mínimos costos disponibles, teniendo en cuenta los precios de producción y tecnología disponible.

### 2.2.2 Gestión de Calidad Total.

Para Cuatreasas (2017) es básicamente una filosofía empresarial que se funda en la satisfacción del cliente, denominada como GCT.

#### 2.1.2.1 *Calidad.*

Cuatreasas (2017), Refiere, es posible que algunos productos o servicios se vean rodeados de una calidad, la calidad raramente es el producto. La producción que sale es estrictamente una función de las materias primas que entran.

### **2.2.3. Mejora de proceso**

Carrasco (2011), "Es la totalidad que cumple un objetivo completo y que agrega valor para el cliente. Esta unidad es un sistema de creación de riquezas que inicia y termina en un determinado periodo de tiempo. El periodo de tiempo es hoy el punto crítico de trabajo para incrementar la productividad".

#### **Características y beneficios principales**

- Normalmente el cambio es pequeño
- Se busca perfecciona los detalles del proceso existente, para mejorar en aspectos bien estudiados de costo, eficiencia, resultados, tiempo, calidad de atención, etc.
- Se habla de cliente interno y su satisfacción.
- Comienza algún nivel de cuestionamiento de por qué se hace de esa manera y mejor aún, para que se hace.
- Desde encomienzo del proyecto se discuten nuevas actividades, tareas y procedimientos relacionados con el proceso.
- Se tiende crear equipos de trabajo con las mismas personas que realizan o dirigen un proceso.

### **2.2.4. Capacidad de producción**

Según Carrasco (2011), "Será la máxima cantidad de bienes o servicios que puede producirse, fabricarse o bien será la cantidad máxima de productos o servicios que una empresa puede recibir o almacenar en condiciones normales y en una unidad productiva. Todo ello medido bajo un periodo de tiempo determinado y expresado en periodos de tiempo como horas máquina, horas hombre, etc."

### **Características**

- Aumento de la población mundial.
- Mejorar los niveles de vida y la limitada disponibilidad de ciertos recursos materiales.
- Mejora el rendimiento de la mano de obra de la producción.
- Mejora de métodos que permitan cortar los tiempos de fabricación sin mayores esfuerzos para los operarios.

### **Beneficios**

- Tener capacidad de producción real en planta.
- Estar preparado ante cualquier imprevisto de producción en planta, paradas de máquina, bajada de personal, cambios de fechas.
- Vincular los procesos productivos entre sí, evitando los tiempos de espera.
- Optimizar la capacidad de producción cumpliendo con las entregas en los tiempos establecidos, eliminando las penalizaciones.
- Evita pérdida de tiempo y dinero.
- Mejora las habilidades y los esfuerzos de los trabajadores.

#### **2.2.5. Mantenimiento productivo total (TPM)**

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, El mantenimiento productivo total (TPM), es definido a menudo como "Mantenimiento productivo realizado por todos los empleados", se basa en el principio de que la mejora de equipos debe implicar a toda la organización, desde los operadores de la cadena hasta la alta dirección.

Martínez (2016), en la tesis doctoral "Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM) aplicación en una empresa industrial", afirma que el éxito en la implantación del TPM se determina por los beneficios

tangibles e intangibles que se pueden obtener con su desarrollo. Los beneficios tangibles apuntan principalmente a la mejora de los siguientes factores (PQCDSM):

P: Productividad (OEE, ratio producción por hora/equipo, fiabilidad, MTBF, MTTR, re trabajos).

Q: Calidad (defectos, reclamaciones, tasa de rechazo, costes de calidad, coste de reproceso).

C: Coste (coste de energía, coste de chatarra, coste de mantenimiento, coste de producción, inventarios, recambios, etapas proceso).

D: Suministro (atrasos, inventario final y en proceso, plazos de entrega, piezas obsoletas, rotación de inventario).

S: Seguridad y medioambiente (causas potenciales de accidente, fuentes de contaminación, accidentes, incidentes, detección de causas potenciales de accidente, paradas por accidente).

M: Moral (número de sugerencias de mejora, entrenamiento, absentismo).

TPM enumera 6 grandes pérdidas causantes de la pérdida de efectividad de los equipos que se distribuyen de la forma siguiente:

### **Tiempo de Paradas.**

- Fallos del equipo (averías).
- Cambios de útiles y ajustes (cambio de moldes en máquinas de inyección).

### **Pérdida de Velocidad.**

- Tiempos en vacío y paradas menores (operación anormal de sensores, bloqueo de piezas). Reducción de la velocidad (discrepancia entre la velocidad de diseño y la actual del equipo).

### **Defectos.**

- Defectos de proceso (debido a desechos y defectos que tienen que ser reparados).
- Reducción del rendimiento (desde el arranque de la máquina hasta la producción estable).

## **2.2.6. Metas fundamentales del TPM**

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, El TPM tiene dos metas fundamentales: averías cero y defectos cero. Cuando las averías y los defectos se eliminan, mejora el índice operativo del equipo, se reducen los costos, se pueden minimizar los inventarios y, como consecuencia, aumenta la productividad de la mano de obra.

La palabra "total" en "mantenimiento productivo total" tiene tres significados relacionados con tres importantes características del TPM:

*Eficacia total:* la búsqueda de eficacia económica o rentabilidad. Se acentúa en el mantenimiento predictivo y productivo.

*MP total:* la prevención del mantenimiento y mejorar la facilidad del mantenimiento y el mantenimiento preventivo. Significa establecer un plan de mantenimiento para toda la vida útil del equipo e incluye la prevención del mantenimiento.

*Participación total:* el mantenimiento autónomo por la actividad de operadores o pequeños grupos en cada departamento y a cada nivel.

## **2.2.7. Programa de un mantenimiento productivo total**

### **2.2.7.1. Primero**

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, La elevada contribución al costo del ciclo de vida de las actividades operacionales y de mantenimiento que se reducen a través de programas participativos diseñados para aumentar la efectividad del equipo. Estos programas incluyen:

- Actividades de grupo para eliminar las seis pérdidas mayores relacionadas con el equipo.
- Restablecimiento de las condiciones operativas óptimas del equipo y eliminación del deterioro acelerado.
- La implicación de los operarios en las actividades de mantenimiento diario autónomo para mantener las condiciones básicas del equipo (inspección diaria, limpieza, lubricación y apretado de pernos).
- Mejoras de la mantenibilidad del equipo existente.
- Incremento de la eficiencia y efectividad en costos del trabajo de mantenimiento a través de una mejor gestión y programación.

### **2.2.7.2. Segundo**

En los programas de prevención del mantenimiento del TPM se trata el impacto en el costo del ciclo de vida de las decisiones en las fases tempranas de planificación y diseño.

## **2.2.8. Mejora de la eficiencia de los equipos**

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Los proyectos modelo ayudan a demostrar el potencial del TPM durante las fases iniciales de su desarrollo. Se forman varios equipos de proyecto, consistentes en personal de ingeniería y mantenimiento, así como supervisores de la cadena de producción. Se seleccionan los equipos que sufren pérdidas crónicas, preferentemente los que pueden mejorarse considerablemente en un

período de tres meses de investigación y análisis concienzudos. Cada equipo de proyecto centra su actividad de mejora en una de las seis grandes pérdidas.

Cuando se logran resultados positivos, el proyecto puede extenderse a otros equipos similares, con miembros de equipos de proyecto buscando nuevas actividades de mejora a realizar.

### **2.2.9. Mantenimiento**

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Todas las acciones necesarias para que un ítem sea restaurado o conservado asegurando su permanencia en funcionamiento regular de acuerdo con una condición especificada y cumplir el servicio requerido.

### **2.10. Pilares del TPM.**

Son actividades de soporte, cuyo propósito es tener designar un sistema de producción ordenado, se ejecutan por medio de una metodología poderosa y eficaz. Los pilares del TPM, son considerados por el JIPM como: Mejoras enfocadas, Mantenimiento autónomo, Mantenimiento planificado, Control previo, Formación y Seguridad y medio ambiente los cuales se definirán a continuación según indica (Santos, 2019).

Mejoras enfocadas: Se encarga de reconocer completamente las necesidades y problema que surgen en los diferentes departamentos de una empresa, con el fin de prevenir las pérdidas de los recursos disponibles para crear sistemas, procedimientos, etc., y mecanismos más eficientes.

#### ***2.10.1. Mantenimiento correctivo***

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Conjunto de acciones tendientes a solucionar o corregir un ítem con falla o avería, con el fin de restituir su disponibilidad.

#### ***2.10.2. Mantenimiento preventivo***

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Todas las actividades sistemáticamente predefinidas y repetitivas de mantenimiento responsables por la continuidad del servicio de un ítem, englobando, inspecciones, ajustes, conservación y

eliminación de defectos, cuyo destino final es evitar o reducir fallas en los equipos, mejorar la confiabilidad de los equipos y la calidad de producción. (Saavedra Gamó, 2009)

### ***2.10.3. Mantenimiento predictivo o previsorio***

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Servicios debido al desgaste de una o más piezas o componentes de equipos prioritarios a través de la medición, el análisis de síntomas y tendencias de parámetros físicos, empleando varias tecnologías que determinan la condición del equipo o de los componentes, o estimación hecha por evaluación estadística, extrapolarlo el comportamiento de esas piezas o componentes con el objeto de determinar el punto exacto de cambio o reparación, antes que se produzca la falla.

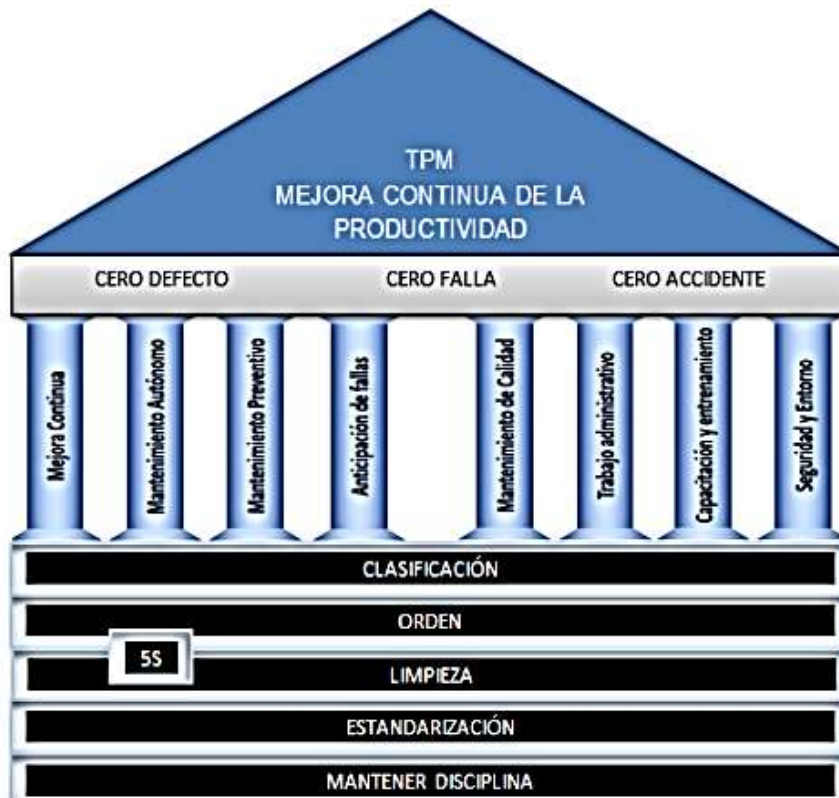
### ***2.10.4. Mantenimiento sistemático***

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Servicios de Mantenimiento Preventivo, donde cada equipo para después de un período de funcionamiento, para que sean hechas mediciones, ajustes y, si es necesario, cambio de piezas, en función de un programa preestablecido a partir de experiencia operativa, recomendaciones de los fabricantes o referencias externas.



Figura N° 8.  
 Pilares del mantenimiento productivo total (TPM)

### PILARES DEL MANTENIMIENTO PRODUCTIVO TOTAL (TPM)



Fuente: Elaboración Propia

#### 2.11. Confiabilidad

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Aptitud de un sistema de cumplir una función requerida, en condiciones dadas, durante un intervalo de tiempo determinado. Expresado en otros términos diremos que es la probabilidad que un equipo funcione el máximo posible sin fallar operando bajo condiciones estándar de trabajo, o sea es la probabilidad de no falla de un equipo. (Saavedra Gamó, 2009)

#### 2.12. Disponibilidades

SENATI (Gestión de Mantenimiento) 1640-2001, Aptitud de un sistema de estar en un estado de cumplir una función requerida, en condiciones dadas, en un instante dado o durante un intervalo de tiempo determinado, suponiendo que esté asegurada la provisión de los medios externos necesarios.

### **2.13. Planificación minera**

Según Newman, et al. (2010) citado en Tapia (2015), la minería es el proceso de extracción de minerales concentrados su principal finalidad es obtener beneficio para una determinada empresa minera y a las restricciones físicas, geológicas y medioambientales que el yacimiento presente. Este proceso se divide en distintas etapas:

- **Prospección:** Consiste en la observación visual por el geólogo que se encarga de buscar indicios que lo llevan a descubrir un nuevo depósito mineral.
- **Exploración:** los geólogos evalúan el valor del depósito a través de la perforación y el análisis de testigos.
- **Desarrollo:** donde se establecen y crean accesos previos al material que será minado, para el subterráneo, o a la remoción del material estéril que se encuentra sobre el mineral, para el caso de minas a cielo abierto.
- **Explotación:** se extrae el mineral llevándolo para procesado a los depósitos.
- **Recuperación:** se busca recuperar en lo posible el área donde se desarrolló la actividad minera.

### **2.14. Ciclo de Minado**

Según Newman, et al. (2010) citado en Tapia (2015), Las etapas del tajo se diseñan dentro del último del tajo del pit, para la facilitación de la diagramación del plan de mina. En estas etapas se iniciará el material rentable, Dado que algunos puntos dentro del pit último serán más importantes que otros.

### **2.15. Importancia de un Ciclo de Minado**

Según Newman, et al. (2010) citado en Tapia (2015), Es fundamental la importancia del ciclo minado y es por ello que se hace el planeamiento en diferentes horizontes para el uso del material mediante los procesos unitarios, que son el comienzo de material con la excavadora, carguío y transporte en volquetes y las etapas de recuperación en planta.

## 2.16. Arranque de Material y Carguío

### 2.16.1. Tipos de Carga

La carga tradicionalmente se divide en:

- **Carga manual:** Según Newman, et al. (2010) citado en Tapia (2015), Realizada por la fuerza del hombre. Es de bajo rendimiento, inferior a los máximos de 1,5 a 2,25 t/h por persona, por cual se desechó completamente en la actualidad. Sin embargo, aún se llevan a cabo para operación auxiliar o de limpieza de galerías, sobre vagones o sobre transportador blindado.
- **Carga mecánica:** Según Newman, et al. (2010) citado en Tapia (2015), Se realiza mediante un equipo mecánico cuyos principales elementos y mecanismos de carga son: Cuchara cargadora, los que pueden ser de descarga o rotación céntrica, cuchara sobre vías, orugas o ruedas, con una cuchara de capacidad entre 100 y 400 de longitud; y de descarga o rotación adyacente, a diferencia de las de descarga central tienen: mayor capacidad, mayor celeridad, mayor rendimiento y estas son operadas por motores de combustión interna; sin embargo el propio sistema de descarga es la diferencia más notable.

### 2.17. Diagrama de Gantt.

Fernández (2006) indica que: Henry Gantt asistente del experto en administración científica Frederick Taylor, Concibió en los primeros años del siglo XX el diagrama de Gantt. La idea del diagrama es sencilla, se trata en lo esencial de una gráfica de barras con el tiempo en el eje horizontal y las actividades que hay que programar en el eje vertical.

Las barras representan la producción, tanto la planeada como la real con el paso del tiempo. En un Diagrama de Gantt se ilustran cuando hay que hacer una tarea y se compara este dato con el avance real.

### 2.18. Diagrama de Ishikawa.

Según Sotelo, et al. (2005), el resultado del proceso puede atraerse a una multitud de factores, y es posible de encontrar relaciones de causa-efecto de esos factores, podemos

determinar la estructura de relación múltiple de causa-efecto observándola sistemáticamente, es decir, solucionar problemas complicados sin tener en cuenta esta estructura, la cual consta de una cadena de causas y efectos, y el método para expresar esto es de forma sencilla y fácil es un diagrama de causa-efecto.

Actualmente el diagrama de causa efecto se usa no solamente para observar las características de la calidad de los productos sino también de otros campos, y ha sido ampliamente aplicado en todo el mundo. En muchas ocasiones cuando se presenta un problema, se confunde su resolución con la eliminación de los efectos que produce y esta práctica suele traer malas consecuencias.

### **Ejemplo de Diagrama de Causa-Efecto**

Para estudiar un problema deben de estudiarse y eliminarse (en caso de Ishikawa la causa era vibración, aunque también debería haberse investigado el origen de las mismas). La idea está clara, para solucionar un problema se debe atacar las causas, no los efectos, pero descubrir el entramado de posibles causas que hay de tras de un efecto no es fácil, para hacerlo es conveniente seguir una determinada metodología.

### **CAPÍTULO III.**

#### **DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA**

A lo largo de mis 10 años de experiencia profesional, siendo técnico mecánico egresado de SENATI, he trabajado en varias empresas en la mecánica de producción desarrollando mis habilidades y competencias, en los últimos años he venido realizando trabajos de mantenimiento, en el año 2018 llegue a elaborar en la compañía Servicios Generales en el puesto de operador y mantenimiento de máquinas pesadas.

La empresa cuenta con muchos proyectos, en la cual me encuentro realizando labores de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo de las maquinarias pesadas. En varios casos encontré que las maquinas llegaban con fallas mecánicas sin haber realizado ni una hora de trabajo, es donde tome la decisión de hacer un diagnóstico a la maquinaria, porque viene con problemas desde el área de mantenimiento de la compañía Servicios Generales.

Con el transcurrir de los días logré identificar algunos desperfectos mecánicos en la máquina, uno de ellos era que no existe repuesto y suministros en orden, los cuales no se encuentran clasificados y algunos no están en condiciones óptimas.

Finalmente realicé mi análisis y propuse la implementación de la metodología TPM para mejorar la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas pesadas para mejorar la producción diaria de acarreo y carguío.

#### **3.1. Cantidad de Máquinas que posee la Compañía Servicios Generales.**

La compañía Servicios Generales posee una cantidad considerable de máquinas y de acuerdo a las marcas y modelos, en la siguiente tabla se muestra la cantidad de equipos que posee empresa.

Tabla N° 2.  
Cantidad de Máquinas que posee la Compañía Servicios Generales

Equipo	Marca	Modelo	Capacidad	Operativos
Excavadoras (x2)	CAT	336dl	2.3 m <sup>3</sup>	2
Volquetes (x9)	VOLVO	F 12	15 m <sup>3</sup>	9
Cargador frontal (x3)	VOLVO	150d	3 m <sup>3</sup>	3
Motobomba (x18)	Chino	Perkins	35 hp	18
Tractor Oruga (x1)	CAT	D6	4.3 m <sup>3</sup>	1

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

### 3.2. Datos de recolección para alcanzar los 3000m<sup>3</sup>/día

El recojo de datos en la Minera fueron dados por el departamento de operaciones y otras por los análisis de campo como el volumen a extraerse.

#### 3.2.1. Producción diaria de acuerdo a la ley 27651

- La Compañía, viene realizando sus actividades u operaciones con la Calificación de Pequeño Productor Minero. La Ley 27651 Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal en el artículo 91 define: Artículo 91.-Son pequeños productores mineros:
  - Posean por cualquier título hasta dos mil (2,000) hectáreas, entre denuncias, petitorios y concesiones mineras.
  - Posean por cualquier título una capacidad instalada de producción y/o beneficio de 350 toneladas métricas por día, con excepción de materiales de construcción, arenas, gravas auríferas de placer, metales pesados detríticos en que el límite será una capacidad instalada de producción y/o beneficio de hasta tres mil (3000) metros cúbicos por día. (<https://www.sunat.gob.pe/>)

#### 3.2.2. Determinación de la Densidad de Material Aurífero

El tipo de material Aurífero que se trabaja en la cooperativa Minera LA ZANJA, es de tipo Grava Aurífera el oro se presenta en forma diseminado, cuya densidad se obtiene midiendo la masa y la densidad del material obteniendo un valor de 2,25 ton/m<sup>3</sup>, donde dicho dato es extraído del departamento de geología de la minera LA ZANJA

### 3.2.3. Resumen de Recolección de Datos del Campo

En la siguiente tabla se muestra la recolección de todos los datos que intervienen con la producción directa para la Mejora del proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria en la Compañía Servicios Generales.

Tabla N° 3.  
*Descripción de la recolección de datos 2018*

Descripción	Valor
Densidad del material aurífero	2.25 ton/m <sup>3</sup>
Tipo de material	Grava Aurífera
Numero de turnos / día	2
Tipo de trabajo	Arranque y Carguío
Volumen extraído por día	1980 m <sup>3</sup> /día
Volumen a extraerse ley 27761 PPM	3000.00 m <sup>3</sup> /día
<b>Eficiencia de producción</b>	69%

Fuente: *Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.*

Para el proceso de minado se utiliza las siguientes maquinas; 2 excavadoras de 2.3 m<sup>3</sup> capacidad de cuchara, 9 volquetes de 15 m<sup>3</sup> de capacidad de tolva, 3 cargadores frontales de 3 m<sup>3</sup> de capacidad de cuchara, 18 motobombas y un tractor a oruga modelo D6, para ello se propone un plan de mantenimiento y reparación de equipos para tener un trabajo continuo sin fallas mecánicas.

Tabla N° 4.  
*Descripción de equipos, marcas y modelos 2018*

Equipo	Marca	Modelo	capacidad	operativos
Excavadoras (x2)	CAT	336dl	2.3 m <sup>3</sup>	2
Volquetes (x9)	VOLVO	F 12	15 m <sup>3</sup>	9
Cargador frontal (x3)	VOLVO	150d	3 m <sup>3</sup>	3
Motobomba (x18)	Chino	perkins	35 hp	18
Tractor Oruga (x1)	CAT	D6	4.3 m <sup>3</sup>	1

Fuente: *Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.*

### 3.3. Propuesta de Optimización del Ciclo Minado

Una de las propuestas para la optimización del ciclo de minado es realizar el mantenimiento de las máquinas. Para este proyecto se involucró a personas especialistas en la materia mencionados en la siguiente descripción.

#### 3.3.1. Personas Involucradas.

Las personas involucradas para este proyecto de mejora continua, se plantea en orden Jerárquico. Gerente de Procura Equipos y Transporte: Ing. Carlos Rabanal quien, autorizando el desarrollo de la mejora, dando acceso al uso de las herramientas del sistema.

- Superintendente de Taller central GPET: Ing. Jorge Echeverría.
- Gerente de equipos GPET: Ing. Javier Saucedo.
- Jefe de taller central GPET: Ing. Álvaro Ayala.
- Supervisor de taller central: Tec. Enrique Aranda
- Líder de grupo: Tec. Marlon Pérez.
- Mecánico: Tec, Elias Daza, Tec. Fernando Alcázar
- Soldador: Tec. Walter Ilanos
- Evaluador de equipos: Tec. Omar Ochoa

### 3.4. Determinación de muestra de las máquinas en estudio.

ALARKA cuenta con maquinaria pesada de los cuales de manera aleatoria se determinó una muestra para ser analizados, como muestra la siguiente tabla.

Tabla N° 5.  
*Equipos analizados para el área de mantenimiento 2018*

Número	Código	Equipo	Marca	Año	Modelo	Capacidad
1	20003044	Excavadora(x2)	CAT	2018	338DL	2.3 m <sup>3</sup>
2	20007064	Volquete(x9)	VOLVO	2016	338DL	15.00 m <sup>3</sup>
3	20001044	Cargador frontal(x3)	VOLVO	2017	338DL	3.00 m <sup>3</sup>
4	20004045	Moto Bomba(x18)	CHINO	215	338DL	35 hp
5	20005021	Tractor Oruga(x1)	CAT	215	338DL	4.3 m <sup>3</sup>

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.



### 3.4.1. Horas Útiles de las máquinas en estudio.

Se logró determinar 9386 Horas Útiles en las máquinas, así como las Horas totales incluyendo Horas de mantenimiento, Horas de taller y fuera de programación de los equipos.

Tabla N° 6.  
Cuadro de determinación de Horas Útiles de 33 máquinas según muestra 2018.

Código	Descripción	Horas Útiles
20003044	Excavadora (x2)	1360
20007064	Volquete (x9)	1260
20001044	Cargador frontal (x3)	2876
20004045	Tractor oruga (x1)	1280
20005021	Motobomba (x18)	2610

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

### 3.4.2. Horas de Mantenimiento de las máquinas.

Se determina un total un total de 444 horas de mantenimiento en las máquinas evaluadas.

Tabla N° 7.  
Cuadro de horas de mantenimiento 2018

Código	Descripción	Horas Mantenimiento
20003044	Excavadora (x2)	86
20007064	Volquete (x9)	92
20001044	Cargador frontal (x3)	96
20005021	Tractor oruga (x1)	94
20004045	Motobomba (x18)	76

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

### 3.4.3. Número de Fallas y Paradas por Máquina correspondientes a 2018.

Se evaluaron las fallas y paradas por máquina, obteniendo un total de 9 fallas de un total de 33 máquinas evaluados según cuadro analizado.

Tabla N° 8.  
Cuadro del número de fallas de 33 máquinas correspondientes al 2019

Código	Descripción	Numero de fallas
20003044	Excavadora (x2)	2
20007064	Volquete (x9)	1
20001044	Cargador frontal (x3)	1
20005021	Tractor oruga (x1)	2
20004045	Motobomba (x18)	3

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

### 3.5. Análisis de Indicadores de Gestión.

El análisis de indicadores de gestión nos va permitir determinar la disponibilidad mecánica y confiabilidad de esta manera tomar las decisiones adecuadas del proceso en estudio, por ello se evaluará el periodo 2018 de 33 equipos, analizando cuadros de.

- Tiempo medio entre paradas. (MTBS)
- Tiempo Medio para Reparar. (MTTR)

Tabla N° 9.  
Cuadro de indicadores MTBS y MTTR 2018

Código	Descripción	MTBS	MTTR
20003044	Excavadora (X2)	9	13
20007064	Volquete (X9)	6	15
20001044	Cargador frontal (X3)	4	17
20005021	Tractor oruga (X1)	8	11
20004045	Motobomba (X18)	8	16

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS

### 4.1. Desarrollo del Primer Objetivo

#### 4.1.1. Evaluar Disponibilidad de máquinas para la capacidad de producción en la compañía Servicios Generales año 2019

Una vez que se determinó todos los indicadores del área de mantenimiento, se pudo desarrollar el primer objetivo, como se apreciará en la siguiente figura (10) la disponibilidad está en un promedio de 99%.

Tabla N° 10. *Disponibilidad mecánica*

Descripción	Disponibilidad
Excavadora (x2)	0.99
Volquete (x9)	0.98
Cargador frontal (x3)	0.98
Tractor oruga (x1)	0.99
Motobomba (x18)	0.99

Fuente: elaboración propia

### 4.2. Desarrollo del Segundo Objetivo

#### 4.2.1. Determinación de la confiabilidad

Una vez que se determinó todos los indicadores del área de mantenimiento, se pudo desarrollar el segundo objetivo, como se apreciará en la siguiente figura (11) la confiabilidad está en un promedio de 95 %.

Tabla N° 11.  
*Confiabilidad mecánica*

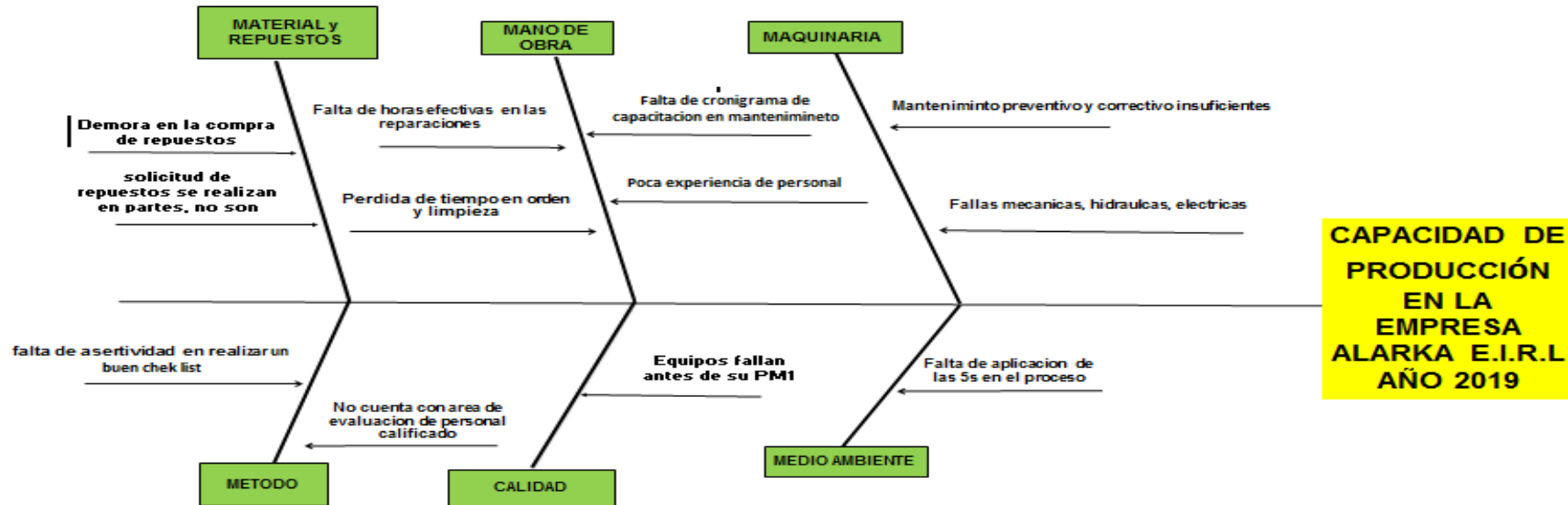
Descripción	Confiabilidad
Excavadora (x2)	0.96
Volquete (x9)	0.95
Cargador frontal (x3)	0.93
Tractor oruga (x1)	0.96
Motobomba (x18)	0.93

Fuente: elaboración propia

### 4.3. Desarrollo del Tercer Objetivo

Determinar cuál es la Disponibilidad y Confiabilidad de maquinarias para mejorar la capacidad de producción diaria en una compañía de Servicios Generales año 2019.

Figura N° 9.  
Diagrama Ishikawa



Fuente: elaboración propia

#### 4.4. Matriz de priorización

Tabla N° 12.

Matriz de priorización

Área	Causas	Mano de obra				Materiales y repuestos		Método		Calidad	Maquinaria		Medio ambiente
	Entradas	c5:falta cronograma de capacitación de mantenimiento	c2:poca experiencia de personal	c3:falta horas efectivas en las reparaciones	c4:Pérdida de tiempo en orden y limpieza	c5: tiempo en la demora de compra de repuestos	c6:solicitud de compras se realiza en partes	c7:falta de asertividad en realizar un buen check list	c8:No cuenta con área de evaluación de personal certificado	c9: Equipos fallan antes de su pm 1	c10: mantenimiento preventivo, correctivo insuficiente	c11:Falla mecánica, hidráulica, eléctrica	c12: Falta de aplicación de las 5s en el proceso
M A N T E N I M I E N T O	Superintendente de taller: Ing. Jorge Echevarría.	2	1	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5
	Gerente de equipo: ing. Javier Saucedo.	3	2	4	5	5	5	4	4	5	4	5	5
	Jefe de taller central: Ing. Álvaro Ayala	5	3	4	4	5	4	5	5	5	5	5	5
	Supervisor de taller central: Ing. Enrique Aranda.	5	4	3	5	5	4	4	4	5	4	4	5
	Líder de grupo: Tec. Marlo Pérez.	4	3	3	4	4	4	4	3		4	3	3
	Mecánico: Tec. Fernando Icazar	4	5	3	5	5	3	4	4	4	4	4	5
	Soldador: Tec. Walter Llanos.	5	4	4	5	5	4	4	3	5	4	3	5
	Pintor: Tec. Johan Quispes.	4	4	4	2	5	2	5	2	5	5	3	5
Evaludador de equipo: Tec.Omar Ochoa.	5	5	1	3	4	3	5	5	5	5	3	5	
<b>Calificación Total</b>	<b>9 personas</b>	<b>37</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>38</b>	<b>43</b>	<b>34</b>	<b>40</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>43</b>

Muy de acuerdo	5
De acuerdo	4
Poco de acuerdo	3
No de acuerdo	2
En desacuerdo	1

Fuente: elaboración propia

Como se aprecia en la figura (12) las deficiencias de una evaluación exhaustiva con el check list de ingreso y salida del equipo, falta de experiencia en reparaciones en diferentes líneas de equipos, no realizar pruebas operacionales, falta de capacitación en el área operativa sobre los procesos de reparaciones, demoras en el área logística sobre la compra de repuestos, falta llevar un buen control de reparaciones, mal seguimiento a las reparaciones por terceros, pérdida de horas efectivas en las reparaciones por realizar horas de limpieza en el taller, falta de automatización en los procesos de reparaciones, no llevan control de las horas hombre en intervención por cada equipo intervenido.

#### 4.5. Diagrama de Pareto

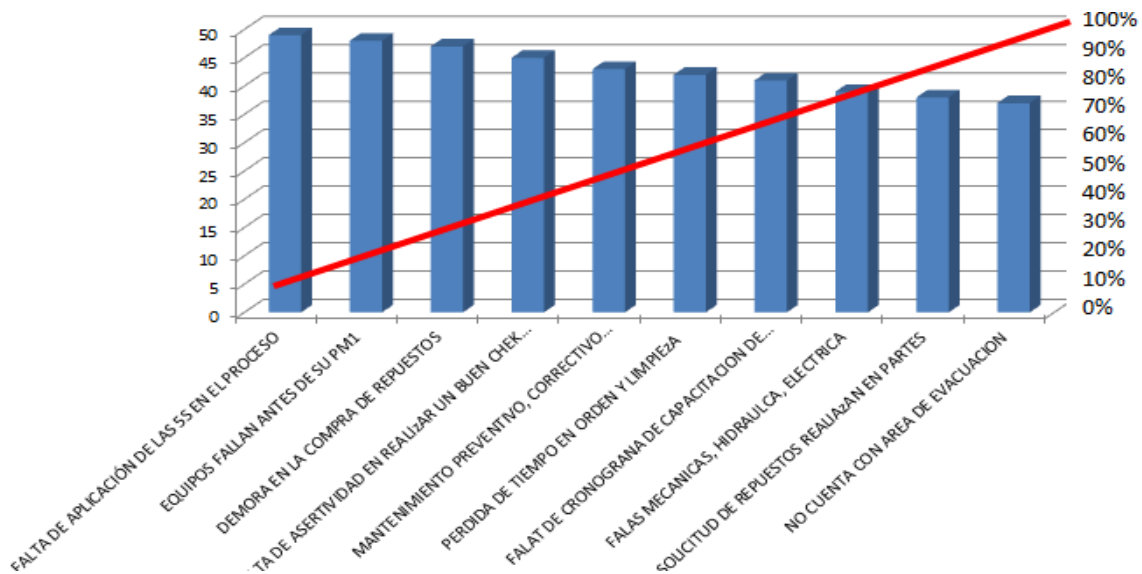
Tabla N° 13.

Pareto

C	DESCRIPCION DE LA CAUSA RAÍZ	FRECUENCIA ABSOLUTA (N)	FRECUENCIA RELATIVO PRIORIZACIÓN	fr*100=% ACUMULADO	FRECUENCIA ACUMULADA	80 - 20
C12	Falta de aplicación de las 5s en el proceso	49	0.11	10%	49	80%
C9	Equipos fallan antes de su pm1	48	0.11	10%	97	80%
C5	Demora en la compra de repuestos	47	0.11	10%	144	80%
C7	Falta de asertividad en realizar un buen chek list de ingreso	45	0.10	10%	189	80%
C10	Mantenimiento preventivo, correctivo insuficiente	43	0.10	9%	232	80%
C4	Pérdida de tiempo en orden y limpieza	42	0.10	9%	274	80%
C3	Falta de horas efectivas en las reparaciones	31	0.10	6%	305	80%
C2	Poca experiencia de personal	31	0.10	6%	305	80%
C1	Falta de cronograma de capacitación de mantenimiento	41	0.10	10%	315	80%
C11	Falas mecánicas, hidráulica, eléctrica	39	0.09	9%	354	80%
C6	Solicitud de repuestos realizan en partes	38	0.09	9%	392	80%
C8	No cuenta con área de evacuación	37	0.09	9%	429	80%
10	<b>TOTAL</b>	491	1.20	106%		

Fuente: elaboración propia

Figura N° 10.  
Diagrama de Pareto



Fuente: elaboración propia

Pareto que se dicen que hay muchos problemas sin importancia frente algunos solo graves, podemos decir que el 80% acumulado es causado por: Luego de la aplicación del diagrama de Pareto en mantenimiento, se utilizó el principio de

- Falta implementar las 5S en el proceso
- Equipos fallan antes de su PM1
- Demora en la compra de repuestos
- Realizar con asertividad el check list de ingreso de los equipos
- Mantenimiento preventivo, correctivo insuficiente
- Pérdida de tiempo en orden y limpieza
- Falta de cronograma de capacitación de mantenimiento
- Fallas mecánicas, hidráulicas, eléctricas
- Solicitud de repuestos, no son asertivos en la solicitud



- No cuentas con área de evaluación de AT2 y personal capacitado

A continuación, las propuestas para solucionar las causas de las elevadas fallas de equipos en su disponibilidad y confiabilidad tomando en cuenta el cuadro de causa raíz.

**a) La falta de aplicación de las 5S en el proceso.**

Se suele decir que la empresa vivía un caos y se considera que la “5S” es la solución en el desorden que se genera, la empresa a menudo pierde muchas horas efectivas en las reparaciones de los equipos, empleando esas horas en el orden y limpieza, eso conlleva a no entregar los equipos a tiempo, el orden y limpieza originada por los técnicos, eventualmente hay observaciones por parte del área de seguridad, muchas veces se pierden repuestos comprados y esos mismos lo votan a la basura confundiendo y genera mal estar a la gerencia y otros repuestos se deterioran con un mal almacenamiento o en lugar sucio y desordenado, la gente muestra empatía, desmotivación, estrés y es más propensa a sufrir un accidente laboral, es donde surge la aplicación de las 5S, para solucionar todos estos problemas, el cual desde un principio trajo muchos problemas, porque el trabajador no le tomaba mucha importancia, se dictó charlas, inspecciones diarias y llamadas de atención constante, logrando que cada día el trabajador se acostumbre a esta filosofía de las 5S y se haga un hábito en mantener limpio y ordenado su área, lo cual repercutió en el tiempo de demora en el mantenimiento de los equipos, disminuirá los índices negativos de seguridad, y se ve el cambio de ser una persona más alegre con actitud de adaptabilidad al cambio para mejorar lo que se venía haciendo en el trabajo, mejorando los tiempos de búsqueda de herramientas y repuestos encontrándolos en su lugar correspondiente de cada uno y no perdiendo tiempos en la búsqueda de los mismos.

**b) Equipos fallan antes de su PM1**

Los equipos fallan antes de su primer mantenimiento debido a las constantes fallas operativas por parte de los técnicos encargados de la evaluación no exhaustiva, esto hace que su confiabilidad y disponibilidad no sea eficiente para la producción del mismo en obra, esto genera retrasos a los avances del proyecto encomendado, muchas veces pagan penalidades, devolución del equipo y esta inminente a que ocurra un accidente que puede dañar a la integridad del operador o dañar patrimonios de la empresa, con la capacitación y la implementación del TPM, con la compra de instrumentos de evaluación mejorara de

manera efectiva y ser asertivo en la evaluación y posteriormente no realizar reproceso ni pérdidas para la empresa y cambiar la imagen perdida por las constantes fallas de diferentes equipos.

**c) Demora en la compra de Repuestos**

La demora de la compra de repuestos se produce porque la empresa solo cuenta con un solo comprador, más aun con la demora de los técnicos que realizan el pedido de repuestos no asertivos, esto hace que se tiene que cotizar hasta tres o cuatro veces con proveedor, muchas veces no cuentan con stock y se tiene importar, esto tarda en llegar hasta 25 días calendarios, esto también impacta en la demora de salida de los equipos y al final, hace que los técnicos corren con las reparaciones y muchas veces se equivocan y fallan cuando llega a obra. Esto mejora con la aplicación del TPM, agilizando en eliminar los tiempos muertos, trabajar de manera efectiva sin reproceso ni fallos.

**d) Falta de asertividad en hacer un buen check list de ingreso de los equipos.**

Falta de diagnóstico para realizar un chek list a los equipos para los procesos en las reparaciones, lo cual retrasando en las fechas de entregas alargando el tiempo de mantenimiento.

**e) Mantenimiento Preventivo, Correctivo Insuficiente**

En la empresa, No se respeta el mantenimiento preventivo, por las actividades que se realizan consiste en la limpieza, lubricación, y cambio de filtros, no son suficientes. Con la implementación de un sistema de gestión de un mantenimiento preventivo no pueda permitir la vida útil del equipo en un alineo de tiempo.

**f) Pérdida de tiempo en orden y limpieza.**

Las pérdidas de tiempos en la empresa son constantes por falta de capacitación al personal involucrado, con la aplicación de las 5s mejoraremos de manera efectiva y hacer más fácil el trabajo diario.

**g) Falta de cronograma de capacitación de mantenimiento.**

En la empresa utilizamos diferentes equipos, el personal no está capacitado para el montaje de los mismos, hay personal que tiene más experiencia que los demás lo que hace que el equipo demora en salir del taller, pero el mantenimiento no está garantizado, pero con TPM se realizará los trabajos en el menor tiempo posible garantizando su funcionamiento en bien estar de la empresa y sus trabajadores.

**h) Fallas mecánicas, Hidráulicas, Eléctricas.**

Estas fallas se dan por diferentes motivos, el clima ambiental, operario realiza mal funcionamiento de los equipos, falta de un seguimiento de inspección, mala realización de calibración, pero con la gestión de mantenimiento preventivo reducirán las fallas considerablemente.

**i) Solicitud de repuestos, no son asertivos.**

La solicitud de repuestos no son asertivos, porque no hay una persona que conozca y verifique las piezas malogradas o desgastadas, no se cuenta con stock en almacén, las cotizaciones son muy elevadas, se utilizan repuestos hechos por el personal mismo mientras lleguen los pedidos, con la implementación cambiara en la evolución y también con la facilitación de manuales, teniendo una ardua comunicación los jefes y supervisores en dichas áreas.

**j) No cuentas con área de evaluación AT2 y personal capacitado.**

No se cuenta con un lavado de equipos para realizar las respectivas inspecciones, para luego realizar el calibrado, no se cuenta con personal de inspección, no hay persona que realice la evolución de los equipos o piezas que se puedan encontrar en mal estado, para luego hacer un listado de los mismos. Con la implementación de la TPM, se mejorara y se capacitara a los técnicos involucrados en el mantenimiento respectivo realizándose pruebas de operación antes de salir a taller para su buen funcionamiento.

#### 4.6. Propuesta de Mejora

Del diagrama de Ishikawa, después de haber realizado la valoración y el cuadro de causa raíz, para comparar la facilidad de implementar soluciones a los problemas encontrados y el impacto que tendrían en la reducción de la deficiencia del mantenimiento correctivo de los equipos de maquinaria pesada en el proceso productivo, se elaboró el siguiente cuadro, donde se muestran en forma ordenada desde lo más fácil de implementar y que tendría mayor impacto hasta el más difícil de solucionar y que tendría poco impacto.

Tabla N° 14.  
Etapas de la propuesta.

CAUSA RAÍZ	INDICADOR	PROPUESTA		
		Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
C12	Falta de aplicación de las 5s en el proceso	X		
C9	Equipos fallan antes de su pm1		X	
C5	demora en la compra de repuestos		X	
C2	Poca experiencia de personal	X		
C3	Falta de horas efectivas en las reparaciones	X		
C7	Falta de asertividad en realizar un buen chek list de ingreso	X		
C10	Mantenimiento preventivo, correctivo insuficiente		X	
C4	pérdida de tiempo en orden y limpieza	X		
C1	Falta de cronograma de capacitación de mantenimiento	X		
C11	Fallas mecánicas, hidráulica, eléctrica		X	
C6	Solicitud de repuestos realizan en partes			X
C8	No cuenta con área de evacuación			X

Fuente: elaboración propia

##### 4.6.1. Etapa 1. Declaración de introducción del TPM

En la elaboración del TPM se hace un anuncio de la decisión de implantar el TPM. La gerencia de dirección debe informar a sus empleados de su decisión de infundir entusiasmo por el proyecto. Esto puede realizarse a través de una presentación formal que introduce el concepto, metas, y beneficios esperados del TPM, y también incluye propuestas personales de la alta dirección a los trabajadores sobre las razones que fundamentan la decisión de implantar el TPM.

Luego es importante la implementación de la "5S", se va hacer como los cimientos de nuestra propuesta, para ello se debe realizar una convocatoria a los líderes del área

involucrada, ellos serán los responsables que dicha implementación funcione en el área de Mantenimiento se reunirá con sus respectivos trabajadores y determinarán las necesidades de la implementación del mantenimiento productivo Total.

**Motivación al Personal:** También es importante tener al personal motivado para que puedan cambiar y rendir de la mejor manera en sus puestos de trabajo y por lo tanto aumentar su productividad en la empresa. Es por esta razón se propone.

- Capacitación constante con las marcas de los proveedores
- Realizar concursos de mejor técnico del mes al igual que los operadores
- Tener más vínculo con los técnicos y ganarse su confianza
- Realizar un reconocimiento a los técnicos de taller y premiar a los resaltantes

**Mantenimiento Autónomo:** está formado 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 componentes, 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 ejecutan siguiendo estándares previamente preparados.

Se realiza un check list de actividades para mejorar el mantenimiento se puede observar en la tabla n° 15.

Tabla N° 15.  
*Ficha de mantenimiento autónomo*

DESCRIPCION DEL MANTENIMIENTO	REVISION	ESTADO
CAMBIO DE RELE TERMICO		
EVALUACION DE MOTOR C4.4		
EVALUACIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO DE AC.		
CAMBIO DE MANGUERAS POR FUGA DE ACEITE EN EL JOYSTICK		
CAMBIO DE ARRANCADOR		
RECARGA DE AIRE ACONDICIONADO - GAS R134		
FABRICACION DE EMPAQUE DE ARRANCADOR		
FALLA EN EL SISTEMA DE ENCENDIDO DEL MINICARGADOR		
ELE/ CAMBIO DE FAROS POSTERIORES		
LLENADO DE ACEITE HIDRAULICO		
CAMBIO DE MANGUERA DE AGUA		
CAMBIO DE RELÉ DEL SISTEMA DE ARRANQUE		
REPARACION DEL SISTEMA ELECTRICO		
CAMBIO DE PERNERÍA, RUEDA PRIMER EJE POSTERIOR.		
RECEPCIÓN DE EQUIPO- CORRECTIVOS		
CAMBIO DE MANGUERAS: COMBUSTIBLE Y OTROS REPUESTOS DE CABINA		
CAMBIO DE COMPRESOR Y CONDENSADOR DE AIRE ACONDICIONADO		
CAMBIO DE DOS MANGUERAS HIDRÁULICAS DEL ESTABILIZADOR.		
RECEPCIÓN DE EQUIPO- INFORME EVALUACIÓN- FALLA SENSOR		
ACONDICIONAMIENTO DE EQUIPO		
OBSERVACIONES		
OBSERVACIONES	FIRMA	
ENCARGADO	FECHA	

Fuente: elaboración propia

Colaboración con los propios operarios: Los operarios tienen que ser entrenados y deben contar con los conocimientos necesarios para dominar el equipo que se le asigna. Como objetivo fundamental del mantenimiento autónomo tenemos lo siguiente.

1. Usar el componente como instrumento para el aprendizaje y adquisición de conocimiento
2. Utilizar nuevas habilidades para el análisis de problemas y creación de un nuevo pensamiento sobre el trabajo
3. Mediante una operación correcta y verificación permanente de acuerdo a los estándares se evite el deterioro del equipo
4. Mejorar el funcionamiento del equipo con la espertiz del operador
5. Mantener las condiciones necesarias para que el equipo funcione sin averías y rendimiento pleno
6. Mejorar la seguridad en el trabajo
7. Lograr un total sentido de responsabilidad del empleado
8. Levantar la moral a los técnicos, conversar contante mente y resolver si tiene dudas

**Mantenimiento Preventivo Programado:** El Mantenimiento programado es el conjunto de actividades programadas, cuyo fin es tener imprevistos, el objetivo es tener cero fallas, cero averías, cero defectos, y eliminarlas los desperdicios. Y cero impactos ambientales. El mantenimiento planificado comprende tres grandes formas de mantenimiento

- Mantenimiento basado en el tiempo
- Mantenimiento basado en las condiciones
- Mantenimiento basado en avería

De la correcta concertación de estas tres formas de mantenimiento se da como resultado el mantenimiento planificado efectivo

#### **4.6.2. Etapa2. Implementación del programa de mantenimiento preventivo**

En esta etapa se elabora el programa de mantenimiento preventivo para los equipos se realiza un inventario o listado de todas las máquinas y equipos a las que se pretender atender con el plan de mantenimiento preventivo. Una vez generado dicho listado se procederá a realizar un análisis de criticidad para determinar en cual o en cuales máquinas se debe priorizar el mantenimiento tanto por el costo como por su criticidad dentro del proceso de producción

**Diseño Programa de Mantenimiento Preventivo:** La elaboración de un programa de mantenimiento preventivo se basa en la necesidad de reducir los costos operativos del mantenimiento de los equipos. Esperamos que la aplicación del mantenimiento preventivo permita acrecentar la productividad del proceso, reduciendo las horas hombre y las horas máquinas necesarias para cumplir con la producción.







#### 4.7. Análisis de Criticidad de los Equipos

Para establecer la criticidad de las máquinas se ha empleado la matriz de criticidad

- El efecto sobre el servicio de mantenimiento que suministra.
- El valor técnico-económico.
- La forma en que afecta una falla.
- La probabilidad de falla.
- La tolerancia de la máquina en el proceso.
- La dependencia logística.
- La sujeción de la mano de obra de mantenimiento.
- La facilidad del mantenimiento.

Después de la Implementación Determinar la Disponibilidad y Confiabilidad en la empresa 2019. Para la obtención de los nuevos indicadores de mantenimiento se tomó de referencia el plan de mantenimiento preventivo y el mantenimiento autónomo lo cual ayudara a mejorar la productividad en la empresa, además como nos dice Pinela (2018) en su investigación con la implementación del TPM se logró mejorar en un 54% las paradas no programadas por fallas, tenerlo de referencia la mejora debería superar o igualar esta referencia. A continuación, apreciaremos en la siguiente tabla.

#### 4.7.1. Cálculo De MTBS

Ecuación N° 2. Calculo de MTBS

$$MTBS = \frac{H_{prog} - H_{ialler}}{\#veces}$$

*Ecuación 1 MTBS*

Fuente: elaboración propia

#### 4.7.2. Cálculo de confiabilidad

Ecuación N° 3. Calculo de confiabilidad

$$R = f(MTBF, MTTR)$$

*Ecuación 2: Formula Confiabilidad.*

Fuente: elaboración propia

#### 4.7.3. Disponibilidad Mecánica 2019.

Tabla N° 17.  
*Disponibilidad Mecánica*

Código	Descripción	Disponibilidad %
20003044	Excavadora (X2)	0.99
20007064	Volquete (X9)	0.98
20001044	Cargador frontal (X3)	0.98
20004021	Tractor oruga (X1)	0.99
20004045	Motobomba (X18)	0.99

Fuente. Elaboración propia

#### 4.7.4. Cuadro comparativo antes y después del análisis.

Se realiza la comparación antes de la implementación de la herramienta, dando como resultado los siguientes indicadores

##### 4.7.4.1. MTBS y MTTR Antes de la implementación

Tabla N° 18.  
MTBS y MTTR del 2018

NÚMERO	CÓDIGO	EQUIPO	MTBS	MTTR
1	20003044	Excavadora (x2)	9	13
2	20007064	Volquete (9)	6	15
3	20001044	Cargador frontal (3)	4	17
4	20005021	Tractor oruga (x1)	8	11
5	20004045	Motobomba (x18)	8	16

Fuente: elaboración propia

##### 4.7.4.2. MTBS Y MTTR Después de la implementación

Tabla N° 19.  
MTBS y MTTR del 2019

NÚMERO	CÓDIGO	EQUIPO	MTBS	MTTR
1	20003044	Excavadora (x2)	78	3
2	20007064	Volquete (x9)	56	3
3	20001044	Cargador frontal (x3)	65	5
4	20005021	Tractor oruga (x1)	85	4
5	20004045	Motobomba (x18)	71	5

Fuente: elaboración propia

#### 4.7.5. Cuadro Comparativo Disponibilidad Y Confiabilidad 2018 Y 2019

Tabla N° 20.  
Disponibilidad 2018 y 2019

NÚMERO	CÓDIGO	EQUIPO	DISPONIBILIDAD 2018	DISPONIBILIDAD 2019	VARIACIÓN
1	20003044	Excavadora (x2)	90%	99%	9%
2	20007064	Volquete (x9)	86%	99%	13%
3	20001044	Cargador frontal (x3)	79%	98%	19%
4	20005021	Tractor oruga (x1)	89%	99%	10%
5	20004045	Motobomba (x18)	89%	99%	10%

Fuente: elaboración propia

Como se puede apreciar en la figura respectivamente la disponibilidad varia respecto al año anterior ya que por más que la maquinaria no esté en uso, se le dará un mantenimiento preventivo, lo cual asegurara que a la hora de su uso no habrá fallas. Es por eso que en algunos valores bajan porcentualmente la disponibilidad, pero, aun así, la disponibilidad sigue siendo alta 99%.

Tabla N° 21. Confiabilidad 2018 y 2019

NÚMERO	CÓDIGO	EQUIPO	CONFIABILIDAD 2018	CONFIABILIDAD 2019	VARIACIÓN
1	20003044	Excavadora (x2)	40%	96%	56%
2	20007064	Volquete (x9)	29%	95%	66%
3	20001044	Cargador frontal (x3)	19%	93%	74%
4	20005021	Tractor oruga (x1)	42%	96%	54%
5	20004045	Motobomba (x18)	33%	93%	60%

Fuente: elaboración propia

En el caso de la confiabilidad al hacerle mantenimiento preventivo se espera como máximo solo una falla por año por cuestiones que no estén bajo el control humano por ello se consideró ese margen de error con lo cual nuestra confiabilidad aumentaría al 95% con la implementación de las 5s y del mantenimiento preventivo.

#### 4.7.6. Cuadro comparativo de capacidad de producción diario después de la mejora del proceso.

Como se muestra en el cuadro de la figura (22), con la implementación de la metodología de la TPM se logró un incremento en la capacidad de producción diaria de 1980 m<sup>3</sup>/día a 2492m<sup>3</sup>/día, logrando un incremento de 512 m<sup>3</sup>/día, el cual fue muy satisfactorio para la compañía Servicios Generales.

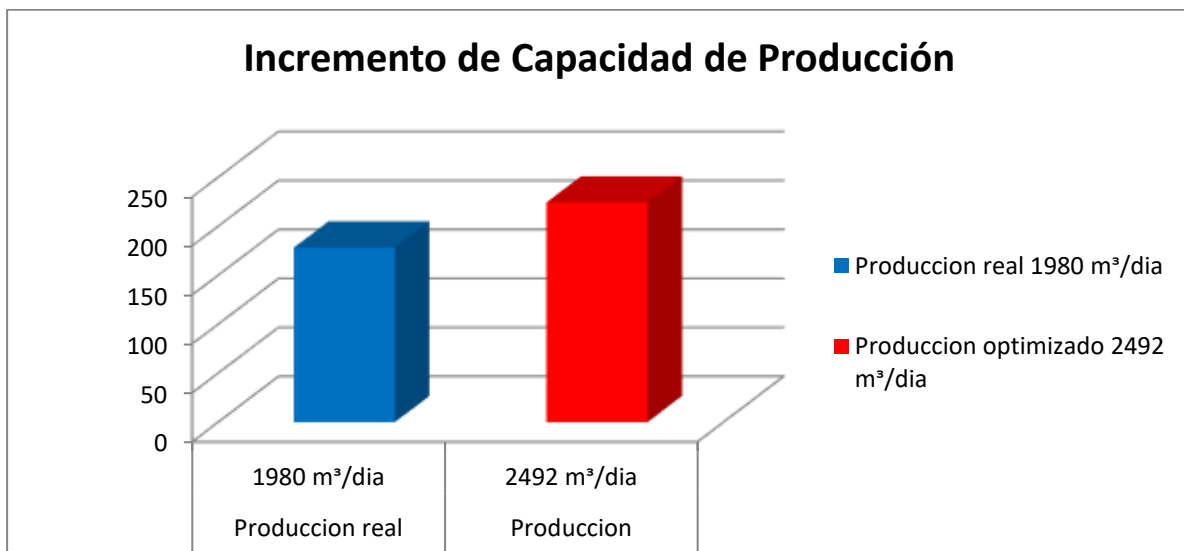
Tabla N° 22. Cuadro de capacidad de producción comparativo 2018 y 2019.

Descripción	Producción 2018	Producción 2019	Incremento
Material aurífero arrancado	1980 m <sup>3</sup> /día	2492 m <sup>3</sup> /día	512 m <sup>3</sup> /día
Producción diaria en gramos Au/día	178.2	224.3	46.1
Producción mensual gramos Au/mes	4276.8	5383.2	1106.4
Producción anual kilogramos Au/año	51.32	64.6	13.28

Fuente: elaboración propia

Figura N° 12.

Incremento de Capacidad de Producción



Fuente: elaboración propia

## CAPÍTULO V. CONCLUSIONES

- Al mejorar el proceso de minado basado en la implementación del TPM se concluye que, la capacidad de producción diaria de material aurífero se incrementó de 1980m<sup>3</sup>/día en el año 2018 a 2492m<sup>3</sup>/día en el año 2019.
- Del primer objetivo específico. Evaluar disponibilidad de maquinarias para la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales Año 2019. Mediante la recolección de datos en el 2018 se llegó obtener 87% de disponibilidad con la implementación metodología del mantenimiento productivo total. En el año 2019 se llegó incrementar al 99%.
- Del segundo objetivo específico. Determinar cuál es la Confiabilidad para mejorar la capacidad de producción del proceso de minado en la compañía Servicios Generales Año 2019. De igual manera se realizó levantamiento de información de confiabilidad obteniendo un 32% en el 2018, el cual incremento al 95%. En el año 2019. Obteniendo un resultado positivo mejorando la producción del proceso de minado.
- Del tercer objetivo específico. Determinar cuál es la Disponibilidad y Confiabilidad de maquinarias para mejorar la capacidad de producción diaria en la compañía Servicios Generales año 2019. Para llegar a determinar y mejorar la disponibilidad y confiabilidad, se llegó a elaborar un diagrama de Ishikawa, con una matriz de priorización, diagrama de Pareto detectando los problemas más importantes, aplicándose 3 etapas para la implementándose la metodología de la TPM, aplicando las 5s en la propuesta de mejora, mantenimiento autónomo empleando una ficha de



registro de mantenimiento para que el trabajador pueda llenar mediante un chek list, y finalmente un de plan de mantenimiento.

## **LECCIONES APRENDIDAS**

En la última década se planificaron y ejecutaron proyectos mineros tanto en Perú como en el exterior dichos emprendimientos estuvieron lejos de conseguir el éxito esperado. Con el desarrollo de mejora del proceso de minado para incrementar la capacidad de producción diaria en una compañía de servicios generales año 2019. Como lecciones aprendidas obtuvimos.

- Uno de los factores relevantes a considerarse desde el inicio del proyecto fue realizar Ishikawa.
- Realizar diagrama de Gantt en la planificación del proyecto ejecutado.
- Implementación de la metodología TPM.
- Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la operatividad de las máquinas.
- Identificación de los problemas más críticos, y mejorando con la herramientas de diagrama de Pareto.

## **RECOMENDACIONES**

1. Tener un mejor monitoreo de las operaciones en despacho de carguío y acarreo.  
Se recomienda una mejor descripción de las fallas funcionales, el modo y efectos de falla, tomando en cuenta el tiempo en el que toma identificar la falla y el tiempo en que el que se demora en repararla
2. Promover la capacitación técnica del personal para un mejor manejo de los equipos en el mantenimiento.
3. Analizar la aplicación de los procedimientos lo que respecta a modo fallas y el cálculo de riesgos prioritarios.

## REFERENCIAS

- Barrientos Gonzales, V. M. (2014). Analisis de factores operacionales en detenciones y productividad de sistema de carguio y transporte en mineria a cielo abierto. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/132148/Analisis-de-factores-operacionales-en-detenciones-de-productividad-de-sistema-de.....pdf?sequence=1>
- Carrasco. (2011). La gestión de procesos, alineación con la estrategia México. Mexico: McGraw Hill.
- Castillo Chávez, F. W. (2016). Optimización de la producción en carguío y acarreo mediante la utilización del sistema Jigsaw – Leica en minera Toquepala S.R.L. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/11035>
- Cuatrecasas, L., & Gonzales Babon, J. (2017). Gestión Integral de la Calidad. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <https://corladancash.com/wp-content/uploads/2018/11/Gestion-Integral-de-la-Calidad-Lluis-Cuatrecasas-y-Jesus-Gonza.pdf>
- Gonzales Riquelme, H. A. (2017). Selección y asignación óptima de equipos de carguio para el cumplimiento de un plan de producción en minería a cielo abierto. Chile. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/146286>
- Hernández, G., Escobar, T., Larios, P., & Noriega, M. (2015). Factores críticos de éxito para el despliegue del mantenimiento productivo total en plantas de la industria maquiladora para la exportación en Ciudad Juárez: una solución factorial. 60(1), 82-106. Recuperado el 21 de Marzo de 2021, de [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14585/1/E-9937\\_AMBULUDI%20PONCE%20TANIA%20CAROLINA.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/14585/1/E-9937_AMBULUDI%20PONCE%20TANIA%20CAROLINA.pdf)

- Martínez, R. M. (2016). Propuesta y validación de un modelo integrador de implantación del Mantenimiento Productivo Total (TPM). España. Recuperado el 21 de Mayo de 2021, de <https://riunet.upv.es/handle/10251/61492>
- Quispe Aguilar, A. (2013). Plan de minado subterráneo aplicado en la Corporación Minera Ananea S.A. Lima, Perú. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de [http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1089/1/chavez\\_va.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/1089/1/chavez_va.pdf)
- Saavedra Gamó, J. (2009). Gestión de Mantenimiento. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <https://xdocs.cz/doc/gestion-del-mantto-senati-4ol29rj3lynm>
- Sotelo-Rosas, O., & Ramírez-Carrera, L. (2005). Del método científico al diagnóstico de problemas de ingeniería en México. Ingeniería, investigación y tecnología, 6(2). Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-77432005000200139&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-77432005000200139&lng=es&tlng=es).
- Universidad Peru. (s.f). Servicios Generales Alarka E.I.R.L. Recuperado el 25 de Mayo de 2021, de <https://www.universidadperu.com/empresas/servicios-generales-alarka.php>

## ANEXOS

### ANEXO 1. Taller antes de la propuesta de mejora

Figura N° 13.  
*Taller antes de la propuesta de mejora*



Fuente: *Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.*

### ANEXO 2. Taller luego de la implementación de la propuesta

Figura N° 14.  
*Taller luego de la implementación de la propuesta*



Fuente: *Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.*

### ANEXO 3. Capacitaciones

Figura N° 15. 5s

Tema	Sesiones	Objetivo	Actividad	Materiales	Responsables
5 S	Sesión 1 Introducción a las 5 s descripción de las 5 s: - separar -ordenar -limpieza -estandarizar -sistematizar	Obtener conocimientos genéricos sobre las 5s dentro de una empresa	Se realizará por cada punto de las 5s la definición, importancia y beneficios	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	jefe de mantenimiento
	Sesión 2: Casos de éxito: Toyota y su método de implementación de las 5s	Lograr que los operarios de la empresa vean la importancia de la implementación de las 5 s	Se proyectará un video de la empresa Toyota donde muestran su sistema con la implementación de las 5 s, luego se realizará una explicación a través de video donde se explicará paso a paso como ayudo las 5s a la empresa Toyota	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	jefe de mantenimiento
	Sesión 3: Requerimientos para la implementación de las 5s y los beneficios dentro de la empresa	Conocer y preservar la integridad de los equipos, instalaciones y el medio ambiente en el que laboran	Se realizará una explicación de las necesidades específicas de la empresa y os nuevos métodos de trabajo para la implementación de las 5 s	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	jefe de mantenimiento

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales

Figura N° 16.  
Mantenimiento autónomo

Tema	Sesiones	Objetivos	Actividades	Materiales	Responsables
Mantenimiento autónomo	Sesión 1 Introducción al mantenimiento autónomo como empresa	Mejorar el funcionamiento del equipo con el aporte creativo del operador	Se presentará los pasos del mantenimiento autónomo -limpieza inicial -eliminación de fuentes -inspección general -inspección autónoma	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento
	Sesión 2 Tipo de mantenimiento a realizar en cada máquina de la empresa	Contribuir al concientizar a los operarios en mantener el equipo en condiciones optimas	Se detallará los tipos de maquinaria en la empresa y se planteará el mantenimiento necesario para cada tipo de máquina, por zona de trabajo	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento
	Sesión 3 Influencia del mantenimiento autónomo en la seguridad del operario	Mejorar la seguridad en el trabajo	Se detalla casos en los que por falta de mantenimiento autónomo existen peligros al momento de trabajar con una máquina	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.

Figura N° 17.  
Mantenimiento preventivo

Tema	Sesiones	Objetivos	Actividades	Materiales	Responsables
Mantenimiento preventivo	Sesión 1 Introducción al mantenimiento preventivo como empresa	Lograr que los operarios reconozcan el mantenimiento preventivo como parte esencial de la empresa	Definición del mantenimiento preventivo, para luego detallar casos de éxito donde el mantenimiento preventivo logro mejoras en sus procesos	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento
	Sesión 2 Beneficios del mantenimiento preventivo	Lograr que los operarios conozcan y sepan evaluar los beneficios brindados por un mantenimiento preventivo	Hablar de cada uno de los beneficios que se generan por el mantenimiento preventivo: -reduce fallas y tiempos muertos -genera ahorros -mejora utilización de recursos -reduce inventarios -incrementa la vida de los equipos	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento
	Sesión 3 Mantenimiento requerido para cada tipo de maquinaria por área	Lograr que el mantenimiento preventivo sea aplicado en las áreas de la empresa	Se especificarán los tipos de máquina y cuánto tiempo se tomará ahora en el mantenimiento de las máquinas por cada área	-disponibilidad de aula -plumones -internet -proyector -computadora -pizarra	Jefe de mantenimiento

Fuente: Información proporcionado por la compañía Servicios Generales.