



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

---

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“IMPLEMENTACIÓN DE OEE PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 730E EN LA MINERA VOLCÁN SHUNGAR S.A.”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autor:**

Víctor César Torres Díaz

**Asesor:**

Ing. Willy Mantilla Correa

Trujillo – Perú

2017

## DEDICATORIA

*A nuestro Padre Celestial por darme la vida y la oportunidad de realizar mis metas.*

*A mis padres:*

*Mi profunda gratitud, por haberme guiado por el camino del bien, por ellos soy alguien en la vida.*

*A mis hijos*

*Billy, Daritza, dedico esta tesis, a ellos dedico todas las bendiciones que de parte de Dios vendrán a nuestras vidas como recompensa de tanta dedicación, tanto esfuerzo y fe en la causa misma.*

## **EPÍGRAFE**

“Con Dios está la sabiduría y el poder; suyo es el consejo y la inteligencia”  
(Job 12:13)

## AGRADECIMIENTO

Le Agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

Le doy gracias a mis padres por apoyarme en todo momento, por los valores que me han inculcado, y por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación en el transcurso de mi vida. Sobre todo por ser un excelente ejemplo de vida a seguir.

Le agradezco la confianza, apoyo y dedicación de tiempo a mis profesores, por haber compartido conmigo sus conocimientos sobre todo su amistad.

## PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado:

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

**“Implementación de OEE para incrementar la Productividad de la Flota de Camiones Komatsu 730E en la Minera Volcan Shungar S.A.”**

La presente tesis ha sido desarrollada durante el año 2016, y espero que el contenido de este estudio sirva de referencia para otros Proyectos o Investigaciones.

---

Bach. Víctor César Torres Díaz

## LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS

---

Asesor: Ing. Willy Roberto Mantilla Correa

---

Jurado 1: Ing. Valery Claros

---

Jurado 2: Ing. Oscar Goicochea

---

Jurado 3: Ing. Elmer Tello De La Cruz

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
EPÍGRAFE .....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
PRESENTACIÓN .....	v
LISTA DE MIEMBROS DE LA EVALUACIÓN DE LA TESIS .....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Realidad problemática .....	1
1.2. Formulación del problema.....	6
1.3. Justificación.....	7
1.4. Limitaciones .....	7
1.5. Objetivos .....	8
1.5.1 <i>Objetivo General</i> .....	8
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i> .....	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO .....	10
2.1. Antecedentes .....	10
2.1. Bases teóricas.....	11
2.2.1. Productividad.....	11
2.2.2. Importancia de la productividad .....	12
2.2.3. Factores internos y externos que afectan la productividad.....	12

2.2.4. Métodos para medir la productividad .....	13
2.2.5. Formula De La Productividad Efectiva Total De Equipos (TEEP) .....	14
2.2.6. Concepto de la OEE.....	15
2.2.7. Objetivo de la OEE .....	15
2.2.8. Cálculo Del OEE .....	15
2.2.9. Clasificación OEE.....	16
2.2.10. Seis Grandes Pérdidas de la OEE .....	17
2.2.11. Resultados del OEE .....	18
2.2.12. Herramienta de las 5'S.....	18
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA .....	24
3.1. Hipótesis .....	24
3.2. Operacionalización de variables .....	24
3.3. Diseño de investigación .....	24
3.4. Unidad de estudio .....	25
3.5. Población .....	25
3.6. Muestra (muestreo o selección).....	26
3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos .....	26
3.8 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	27
CAPÍTULO 4. RESULTADOS .....	28
4.1 Diagnostico la situación actual de la productividad OEE de la flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera en el 2015. ....	28
4.1.1. Estimado de rendimiento de productividad de transporte promedio de un camión Komatsu 730E por día.....	28
4.1.2. Cálculo de la tasa de paros por razones organizativas preventivas o de cambios (POC) 31	
4.1.3. Cálculo de la Tasa de paros por averías (PA) .....	32
4.1.4. Tasa de paro total (PT) .....	32
4.1.5. Productividad en Factor de velocidad (V) de producción (P) expresado en tiempo.....	32
4.1.6. Factor de Disponibilidad del 2015.....	33
4.1.7. Factor de Calidad del 2015 .....	33



4.1.8. OEE del 2015 .....	33
4.2. Diseño del sistema de Gestión del mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E .....	33
4.2.1. Fases del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (OEE).....	33
4.2.2. Las Pérdidas analizadas por el Sistema de Mantenimiento Total - OEE .....	34
4.2.2.1. Pérdidas del tiempo por mantenimiento correctivo por averías.....	34
4.2.2.2. Pérdidas por paradas de mantenimiento preventivo .....	34
4.2.2.3. Pérdidas del factor de la velocidad de productividad.....	35
4.2.3. La 5´S del Mantenimiento .....	35
4.2.3.1. Seiri (Organización).....	35
4.2.3.2. Seiton (Orden) .....	35
4.2.3.3. Seiso (Limpieza).....	35
4.2.3.4. Seiketsu (Estandarización).....	35
4.2.3.5. Shitsuke (Disciplina).....	36
4.2.4. Criticidad de los equipos, herramientas y repuestos .....	36
4.2.5. Disminuir los tiempos de averías .....	37
4.2.6. Mejorar la tasa de mantenimiento preventivo .....	37
4.2.7. Cálculo de la Disponibilidad en función a la tasa de paros.....	37
4.2.8. Costo de mantenimiento .....	38
4.3. Implementación del sistema de mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E .....	38
4.3.1. Fases de la implementación del Sistema de Gestión del Mantenimiento Productivo Total (OEE).....	38
4.3.2. Determinar las pérdidas para el 2015 analizadas por el Sistema de Mantenimiento Total - OEE .....	38
4.3.2.1. Determinar las pérdidas del 2015 del tiempo por mantenimiento correctivo por averías...	39
4.3.2.2. Determinar las pérdidas del 2015 por paradas de mantenimiento preventivo .....	40
4.3.2.3. Determinar las Pérdidas en el 2015 del factor de la velocidad de productividad .....	41

4.3.3. Capacitación y evaluación de las 5´S del Mantenimiento.....	42
4.3.3.1. Seiri (Organización).....	42
4.3.3.2. Seiton (Orden).....	46
4.3.3.3. Seiso (Limpieza).....	48
4.3.3.4. Seiketsu (Estandarización).....	51
4.3.3.5. Shitsuke (Disciplina).....	53
4.3.4. Determinar la Criticidad de los equipos, herramientas y repuestos .....	56
4.3.5. Disminuir los tiempos de averías .....	59
4.3.6. Mejorar la tasa de mantenimiento preventivo .....	60
4.3.7. Cálculo de la Disponibilidad del OEE.....	61
4.3.8. Calculo del rendimiento o velocidad de producción del OEE .....	61
4.3.9. Cálculo de la calidad del OEE del 2015 y 2016.....	62
4.3.10. Cálculo del OEE del 2015 y 2016 .....	63
4.3.11. Costo de mantenimiento .....	63
4.4. Determinar la diferencia de la productividad, desde la perspectiva de los resultados obtenidos. .....	64
4.5. Contrastación de Hipótesis .....	65
4.5.1. Prueba de Hipótesis .....	67
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	69
5.1. Discusión referente al diagnóstico la situación actual de la productividad de la flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera en el 2015.....	69
5.2. Discusión del diseño del sistema de Gestión del mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E.....	69
5.3. Discusión referente la implementación del sistema de gestión de mantenimiento productivo total para la flota de camiones Komatsu 730E.....	69
5.4. Discusión referente a la criticidad .....	70
5.5. Discusión referente a la disminución de los tiempos de avería .....	70
5.6. Discusión referente a la mejora de la tasa de mantenimiento preventivo .....	70

5.7. Discusión referente a la Disponibilidad en función a la tasa de paros .....	71
5.8. Discusión referente a la productividad .....	71
5.9 Discusión referente al costo de mantenimiento. ....	71
5.10. Comparación de los resultados con otras investigaciones .....	71
5.11. Discusión referente a la contrastación de la hipótesis .....	72
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES.....	73
CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES .....	76
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	79
ANEXO 1: TABLA T-STUDENT .....	79
ANEXO 3: Data de tiempo de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 .....	81
ANEXO 4: Data de tiempo de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2016 .....	82
ANEXO 5: ENCUESTA .....	83

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.1. Tiempos y número de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del año 2014, equivale al promedio de los 15 camiones Komatsu 730E .....	2
Tabla N° 1.2. Tiempos y número de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del año 2015, equivale al promedio de los 15 camiones Komatsu 730E .....	4
Tabla N° 1.3. Costo de paradas por mantenimiento correctivo del año 2014 y 2015 .....	6
Tabla N° 3.1 Matriz de operacionalización de variables .....	24
Tabla N° 3.2: Etapas, recopilación y tratamiento de la información, resultados esperados .....	27
Tabla N° 4.1 Promedio de la data para calcular el rendimiento de producción .....	29
Tabla N° 4.2: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 .....	31
Tabla N° 4.3: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015 .....	49
Tabla N° 4.4: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 .....	40
Tabla 4.5. Preguntas de la encuesta aplicada a la primera 'S' del mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	43
Tabla 4.6. Preguntas de la encuesta aplicada a la primera 'S' del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	43
Tabla 4.7. Estadística descriptiva de la primera 'S' ORGANIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento .....	44
Tabla 4.8. Preguntas de la encuesta aplicada a la segunda 'S' ORDEN del mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	46
Tabla 4.9. Preguntas de la encuesta aplicada a la segunda 'S' del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	47
Tabla 4.10. Estadística descriptiva para la segunda 'S' ORDEN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.....	47
Tabla 4.11. Preguntas de la encuesta aplicada a la tercera 'S' LIMPIEZA del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	49
Tabla 4.12. Preguntas de la encuesta aplicada a la tercera 'S' LIMPIEZA del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	49
Tabla 4.13. Estadística descriptiva para la tercera 'S' LIMPIEZA antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento .....	50
Tabla 4.14. Preguntas de la encuesta aplicada a la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores de dicha área. ....	52

Tabla 4.15. Preguntas de la encuesta aplicada a la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento. ....	52
Tabla 4.16. Estadística descriptiva para la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento .....	52
Tabla 4.17. Preguntas de la encuesta aplicada a la quinta 'S' DISCIPLINA del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores de dicha área .....	54
Tabla 4.18 Preguntas de la encuesta aplicada a la quinta 'S' DISCIPLINA del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento .....	55
Tabla 4.19. Estadística descriptiva para la quinta 'S' DISCIPLINA antes y después de la Capacitación en Gestión de Mantenimiento. ....	55
Tabla 4.20: Matriz de consecuencias para el año 2015 .....	58
Tabla 4.21: Matriz de consecuencias para el año 2016: .....	58
Tabla N° 4.22: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015 y 2016 .....	59
Tabla N° 4.23: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 y 2016 .....	60
Tabla N° 4.24: Data de costos de mantenimiento preventivo y correctivo año 2015 y 2016 .....	64
Tabla 4.25. Número de paradas correctivas del 2015 y 2016 .....	66

## ÍNDICE DE FIGURAS

Gráfico 4.1. La media de las preguntas de la 1ra. 'S' Organización en el pretest y postest .....	46
Gráfico 4.2. La media de las preguntas de la 2da. 'S' ORDEN en el pretest y postest .....	49
Gráfico 4.3. La media de las preguntas de la 3ra. 'S' LIMPIEZA en el pretest y postest .....	51
Gráfico 4.4. La media de las preguntas de la 4ta. 'S' ESTANDARIZACIÓN en el pretest y postest .....	54
Gráfico 4.5 La media de las preguntas de la 5ta. 'S' DISCIPLINA en el pretest y postest .....	57

## RESUMEN

El presente trabajo, tuvo como objetivo general determinar el **porcentaje de incremento** de productividad de la flota de camiones Komatsu 730E, de la minera Volcán Shungar S.A. El muestreo fue no probabilístico al jefe de mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y al personal que opera dichos equipos. Estos camiones son un total de 15 unidades. Con la implementación del OEE en el 2016, se demostró que el año en mención posee un incremento significativo de 25.83% del factor OEE, con relación al siguiente detalle:

La disponibilidad del OEE aumentó en 12.24% en el 2016 con relación al 2015. El rendimiento del OEE aumentó en 11.58% en el 2016 con respecto al 2015. La calidad del OEE aumentó en 11.58% en el 2016 con respecto al 2015.

En el primer objetivo específico, se diagnosticó la situación actual de la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la Minera Volcán Shungar S.A; siendo este el resultado de 50.05% en el 2015 y que este a su vez vendría hacer la productividad OEE.

En el segundo objetivo específico, se diseñó 8 fases durante la implementación del OEE, para la flota de camiones Komatsu 730E en el año 2016.

En el tercer objetivo específico se determinó la diferencia de la productividad del OEE desde la perspectiva de los resultados obtenidos en los años 2015 y 2016, fue de 25.83% que es el incremento de mejora del OEE del 2016 con respecto al 2015, resultado del OEE del 2015 fue 50,05% y el OEE del 2016 fue 75.88%.

Se concluyó que se incrementó la productividad del OEE en 25.83 en el año 2016 observándose una mejora significativa en la empresa minera Volcán Shungar S.A.

Palabras claves: Productividad, Mantenimiento, OEE.

## ABSTRACT

This work, had as general objective determine the percentage of increase of productivity of the fleet of trucks Komatsu 730E, the mining company Volcán Shungar S.A. The sampling was not probabilistic Komatsu 730E trucks maintenance Chief and personnel operating such equipment. These trucks are a total of 15 units. With the implementation of the OEE in 2016, showed that the year in question has a significant increase of 25.83% of the OEE factor, in relation to the following detail:

The availability of the OEE increased at 12.24% in 2016 compared to 2015. The OEE performance increased by 11.58% in 2016 with respect to the year 2015. The quality of the OEE increased by 11.58% in 2016 with respect to the year 2015.

In the first specific objective, were diagnosed with the current situation of the productivity of the mining volcano Shungar S.A Komatsu 730E trucks fleet; This being the result of 50.05% in 2015 and that this in turn would make the OEE productivity.

In the second specific objective, designed 8 phases during the implementation of the OEE, to Komatsu 730E trucks fleet in 2016.

The third specific objective determined the difference in the productivity of the OEE from the perspective of the results obtained in the years 2015 and 2016, was 25.83% which is the increase in improvement of the OEE's connection with the 2015 2016, result of the OEE of 2015 was 50,05% and the OEE of 2016 was 75.88%.

Concluded that the productivity of the OEE increased 25.83 in 2016 with a significant improvement from the mining company Volcán Shungar S.A.

Key words: productivity, maintenance, OEE



## CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

A nivel mundial el principio fundamental del crecimiento viene determinado por la competencia entre entes económicos, empresarios o países por obtener mejoras en el mercado lo que obliga continuamente a mejorar la productividad técnica de los procesos de producción, entendiéndose por tal, la reducción de los costes de producción por eficiencias técnicas y disminución de la mano de obra. En los países desarrollados se ha llegado a una situación en que esta mejora constituye la base de la organización de las empresas, así como del conjunto de instituciones económicas, científicas, políticas, etc., afectando al conjunto de la sociedad. La renovación científico técnica permanente, y la mejora continua de los procesos de producción ha pasado en los países desarrollados a formar parte de la cultura industrial. Esta es una cualidad que no tienen o no han tenido otras sociedades, por ejemplo, en las sociedades tradicionales lo habitual era no introducir modificaciones en los procesos productivos repitiéndose éstos durante generaciones, incluso legislándose contra estos cambios, tal era el funcionamiento de los maestros artesanos en la Edad Media. ( Colomo Ugarte, 2010)-

Para (ESCAMILLA LÓPEZ, y otros, 2011) explico que en la industria minera a cielo abierto las actividades de carga y acarreo tanto de mineral como de material estéril, que vienen a ser actividades cotidianas, permanentes y vitales; para el logro de sus objetivos operacionales; son la clave para asegurar la continuidad del proceso de beneficio del mineral y por lo tanto, deben ser desempeñadas por equipos de carga (cargadores) y acarreo (camiones) de gran capacidad, a fin de asegurar una alta eficiencia y productividad. En este sentido, para que un equipo de carga opere eficientemente, requiere que los equipos tengan una alta disponibilidad, confiabilidad, cuenten con las mejores vías de traslado, que los operadores sean capacitados constante mente, sino se tiene controlado lo antes mencionado se convertirá en una dificultad para alcanzar los objetivos de productividad planteados por las empresas.

Al igual que (IBARRA BARRIENTOS, 2009) menciono que en la actualidad el no cumplir con calidad, producción, costos adecuados, tiempo estándares, eficiencia, innovación, nuevos métodos de trabajo, tecnología, y muchos otros conceptos pueden hacer que la empresa pierda credibilidad, reputación y en algunos casos hacen que esta salga del mercado. Ya que todos los conceptos mencionados anteriormente hacen que cada día la productividad sea un punto de cuidado en los planes de corto y largo plazo. El único camino para que pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad, el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos el estudio de tiempos y un sistema de pagos de salarios. La

productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. También es importante considerar el recurso humano como factor que influye.

La empresa Minera Volcán Shungar S.A. tiene entre sus principales actividades para llegar a la extracción del mineral, el acarreo. Para llevar a cabo esta actividad, se requiere de diversos recursos, donde destaca el uso de maquinaria pesada especializada. Para citar una en particular, tenemos la flota de camiones Komatsu 730E, el cual fue el objeto de estudio.

Tabla N° 1.1. Tiempos y número de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del año 2014, equivale al promedio de los 15 camiones Komatsu 730E.

2014 MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	210.8	29	42.0	2
FEBRERO	131.8	20	42.2	6
MARZO	60.3	15	43.8	5
ABRIL	77.7	19	44.4	6
MAYO	55.4	8	54.8	2
JUNIO	112.5	14	30.8	5
JULIO	125.2	22	45.6	14
AGOSTO	106.8	22	44.3	2
SEPTIEMBRE	21.1	14	45.0	12
OCTUBRE	108.3	19	44.2	8
NOVIEMBRE	127.7	28	42.8	5
DICIEMBRE	205.8	31	53.8	5
Total	1343.5	266	533.9	73

Fuente: Departamento de mantenimiento de la minera Volcán Shungar S.A.

La tasa de mantenimiento correctivo o tasa de averías (TA) para el 2014 se determina por la siguiente fórmula:

$$PA (2014) = TA (2014) / TPP$$

Donde:

PA (2014) = Tasa de paros por averías año 2014 equivale al mantenimiento correctivo

TA (2014) =Tiempo de paros por averías del mantenimiento correctivo del año 2014.

TPP = Tiempo de producción programado

PA (2014) =  $1343.5 / 8220 = 0.1634$  o 16.34% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2014 como promedio de un camión Komatsu 730E. Los datos colocados de la variable PA (2014) fueron obtenidos en la empresa Shungar SA en el área de mantenimiento mecánico.

La tasa de paros por mantenimiento correctivo o por averías imprevistas en el 2014 fue 16.34% que es menor a la tasa de paros por mantenimiento correctivo o por averías imprevistas en el del 2015 que fue de 19.23%.

Se observa que el tiempo del mantenimiento correctivo del año 2014 fue de 1343.5 horas acumuladas en dicho año (tabla N° 1.1). mientras que en año 2015 fue 1580.6 horas acumuladas de mantenimiento correctivo (tabla N° 1.2) lo que demuestra que en el 2015 se incrementó el tiempo del mantenimiento correctivo con respecto al 2014 siendo el incremento porcentual de 16.34% en el 2014 a 19.23% en el 2015.

Se observa que el número de paradas de mantenimiento correctivo del año 2014 fue de 266 paradas acumuladas de mantenimiento correctivo por averías imprevistas en dicho año (tabla N° 1.1) mientras que en año 2015 fue 302 paradas acumuladas de mantenimiento correctivo (tabla N° 1.2) lo que demuestra que en el 2015 se incrementó el número de paradas por mantenimiento correctivo con respecto al 2014.

Según el reporte del área de operaciones a finales del 2015, muestra un problema crítico en estos equipos antes mencionados, indicando que se ha cumplido solo con el 75.78% de la producción programada para el año 2015, donde 0.7578 es la tasa de producción del 2015 y se ha calculado con la formula  $TP(2015)=1-PA-PTOC$  donde PA es la tasa de averías del mantenimiento correctivo que fue de 0.1923 en el 2015 y PTOC es la tasa de mantenimiento preventivo que fue de 0.0499 en el 2015, (su cálculo se explica con detalle más adelante dentro de la realidad problemática), entonces TP resultó 0.7578 de restar  $1 - 0.1923 - 0.0499$  y multiplicado por 100% resulta 75.78% que es el porcentaje de productividad del 2015. Cabe recalcar que en la Minera Volcán Shungar S.A, la producción es muy importante, ya que si ésta disminuye, traería como consecuencia el incumplimiento de los objetivos de la empresa minera objeto de estudio, perjudicaría la estabilidad de la Minera Volcán Shungar S.A. Por tal motivo, se diagnosticó una ~~la~~ baja productividad que se está teniendo con la flota de 15 camiones Komatsu 730E, requiriendo el diseño e implementación de un nuevo sistema de gestión de mantenimiento con ~~la~~ OEE, el cual es una metodología del Mantenimiento Productivo Total (incluyendo las 5S), y ayudará a

reducir los tiempos de avería que equivale al mantenimiento correctivo, y los tiempos de mantenimiento preventivo y mejorar la calidad de los mantenimientos. A su vez, debido a la baja productividad detectada en el 2015, se requiere aumentar la productividad de la flota de 15 camiones Komatsu 730E en el 2016, es decir, maximizar su disponibilidad con una disminución de los costos de su mantenimiento.

En la minera Volcán Shungar S.A. al año trabajan en horas de mantenimiento programado preventivo con 45 paradas programadas /año \* 12 horas / paradas, resultando 540 horas de mantenimiento programado preventivo. Cada camión tiene programado trabajar las 24 horas del día salvo parada de mantenimiento programado.

El tiempo de producción programado (TPP) resulta:

$$TPP = (365 \text{ días /año} * 24 \text{ horas /día}) - 540 \text{ horas / año de mantenimiento}$$

$$TPP = 8220 \text{ horas / año de tiempo de producción programado.}$$

Tabla N° 1.2. Tiempos y número de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del año 2015, equivale al promedio de los 15 camiones Komatsu 730E.

2015 MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	248.0	36	35.0	2
FEBRERO	155.1	25	35.1	5
MARZO	70.9	19	36.5	4
ABRIL	91.5	24	37.0	5
MAYO	65.2	10	45.6	2
JUNIO	132.4	18	25.7	4
JULIO	147.3	28	38.0	12
AGOSTO	125.6	28	36.9	2
SEPTIEMBRE	24.9	18	37.5	10
OCTUBRE	127.5	24	36.9	7
NOVIEMBRE	150.3	35	35.6	4
DICIEMBRE	242.1	38	44.8	4
Total	1580.6	302	409.8	58

Fuente: Departamento de Mantenimiento de la minera Volcan Chungar S.A.

: Departamento de mantenimiento de la minera Volcán Shungar S.A.

La tasa de mantenimiento correctivo o tasa de averías (TA) para el 2015 se determina por la siguiente fórmula:

$$PA = TA / TPP$$

Donde:

PA (2015) = Tasa de paros por averías año 2015

TA =Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo.

TPP = Tiempo de producción programado

PA (2015) = 1580.6 / 8220 = 0.1923 o 19.23% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2015 como promedio de un camión Komatsu 730E.

PTOC (2015)=Tasa de mantenimiento preventivo en el 2015

$$PTOC (2015) = TOC / TPP$$

Donde TPP es el tiempo de producción programado en el 2015 que equivale a 8220 horas en el 2015.

TOC (2015) = Tiempo de mantenimiento preventivo del año 2015 que equivale a 409.8 horas de mantenimiento preventivo

$$PTOC (2015) = 409.8 / 8220$$

$$PTOC (2015) = 0.0499 \text{ o } 4.99\%$$

La tasa de producción TP del 2015 fue:

$$TP = 1 - PA - PTOC$$

$$TP = 1 - 0.1923 - 0.0499$$

TP = 0.7578 o 75.78% en el 2015 que equivale a la tasa de producción

Se observa que el número de paradas de mantenimiento preventivo del año 2014 fue de 73 paradas acumuladas de mantenimiento preventivo en dicho año (tabla N° 1). mientras que en año 2015 fue 58 paradas acumuladas de mantenimiento preventivo (tabla N° 2) lo que demuestra que en el 2015 disminuyó el número de paradas por mantenimiento preventivo con respecto al 2014.

**Tabla N° 1.3. Costo de paradas por mantenimiento correctivo del año 2014 y 2015**

Mes	Costo parada TA (S/.) 2015	Costo parada TA (S/.) 2014
ENERO	91,709.9	82,538.9
FEBRERO	54,636.0	49,172.4
MARZO	55,107.4	49,596.6
ABRIL	92,535.0	83,281.5
MAYO	45,594.0	41,034.6
JUNIO	60,846.2	54,761.6
JULIO	86,033.1	77,429.8
AGOSTO	85,523.6	76,971.2
SEPTIEMBRE	59,528.4	53,575.5
OCTUBRE	83,248.9	74,924.0
NOVIEMBRE	118,916.7	107,025.0
DICIEMBRE	147,586.2	132,827.6
Total	981,265.2	883,138.7

Fuente: Departamento de mantenimiento de la minera Volcán Shungar S.A.

Según la tabla N° 1.3 se muestra que el costo por mantenimiento correctivo es mayor en el 2015 con un valor 981,265.2 de con respecto al 2014 que fue de 883,138.7.

El indicador que mide la tasa porcentual de los costos por mantenimiento correctivo (TCMC) del año 2015 en base al año 2014 fue de 11.11% de incremento de los costos de mantenimiento correctivo en el año 2015 en relación al año 2014 y fue calculado mediante la fórmula:

$$TCMC = 1 - (CMC (2015) / CMC (2014)) * 100\%$$

$TCMC (2015) = (1 - (981,265.2 / 883,138.7)) * 100\% = 11.11\%$  Se observa que el número de paradas de mantenimiento correctivo del año 2014 fue de 266 paradas acumuladas de mantenimiento correctivo por averías imprevistas en dicho año (tabla N° 1). mientras que en año 2015 fue 302 paradas acumuladas de mantenimiento correctivo (tabla N° 2) lo que demuestra que en el 2015 se incrementó el número de paradas por mantenimiento correctivo con respecto al 2014.

## 1.2. Formulación del problema

¿En qué medida la implementación de OEE incrementa la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A?

### 1.3. Justificación

Se justifica en lo metodológico, porque el desarrollo de la presente investigación se justifica Metodológicamente al implementar los conocimientos y métodos OEE, requeridos para diseñar e implementar el sistema de Gestión de Mantenimiento para mejorar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la empresa minera Volcan Chungar S.A. en el 2016, en dicho año también se reducirán el número de paradas correctivas por averías, reduciendo la tasa de avería de 19% a 10% debido a la política de la Empresa que indica que la tasa de averías por mantenimiento correctivo no debe superar el 10% dando mayor productividad al aumentar el tiempo de producción de los camiones Komatsu 730E en la minera Volcan Chungar S.A.

El desarrollo de la presente investigación se justifica a nivel práctico al poder demostrar **en el campo real** que se puede mejorar la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la empresa minera Volcán Shungar S.A. en el 2016. La presente investigación **también** se justifica en la práctica, **por la utilidad aplicativa que representaría en** la empresa minera Volcán Shungar S.A., **ya que** permitirá medir los indicadores de productividad **de la flota de camiones** Komatsu 730E, los cuales son dos indicadores de productividad: los costos de paradas preventivas y los costos de paradas correctivas, para encontrar las **causas** más recurrentes que influyen negativamente en la productividad. Esto permitirá implementar mejoras en el mantenimiento preventivo y correctivo en el rendimiento de la flota de camiones Komatsu 730E para cumplir con las metas de producción **estimadas**, y a su vez incrementar las utilidades, rentabilidad y competitividad de la empresa y competitividad de la empresa

### 1.4. Limitaciones

El desarrollo de la presente tesis, se ve afectado por algunas limitaciones como: datos que se requieren de la empresa Volcán Shungar SA, información procesada en forma empírica y no están actualizados; además los operadores de los camiones Komatsu 370E de la empresa se muestran poco colaboradores debido al temor por el control más estricto de sus labores. El acceso es limitado a la información de la gestión de mantenimiento de la empresa Volcán Shungar SA. También existe limitación de la distancia, debido a que la empresa se encuentra en la ciudad de Cerro de Pasco.

Sin embargo, estas limitantes se han superado mediante el diálogo indicando a los operadores que serán beneficiados con mayor disponibilidad de los equipos y su influencia positiva en la productividad, repercutiendo en la rentabilidad lo cual incrementará la repartición de las utilidades en los trabajadores, por lo tanto las limitaciones no han afectado

la elaboración de la presente investigación, el cual se ha elaborado conforme a lo establecido.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1 Objetivo General**

Determinar el porcentaje de incremento de productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A. al implementar OEE en el 2016.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diagnosticar la situación actual de la productividad de las flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera Volcán Shugar S.A. en el 2015.
- Diseñar e implementar OEE para la flota de camiones Komatsu 730E en el año 2016.
- Determinar la diferencia del rendimiento del OEE o productividad, desde la perspectiva de los resultados obtenidos en los años 2015 y 2016.



## CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

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

Antecedentes a nivel internacional

Según Ibarra, (2009), realizó una investigación en el país de México titulada: "AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MÁQUINA CRIMPADORA AUTOMÁTICA KOMAX. GAMMA 333PC EN EL ÁREA DE CORTE" llegando a las siguientes conclusiones:

Una vez iniciado el proyecto se implementaron herramientas de diagnóstico para determinar las posibles causas que estaban generando la problemática dentro del área de corte, dentro de las cuales se utilizó el OEE para realizar el análisis de los datos generados de los reporte de producción, permitiendo el estudio detallado de cada factor que afecta la productividad del área.

El desarrollo del proyecto se dio a una propuesta de mejora mediante formatos que permitieran dar un informe detallado sobre cada causa de la problemática con el propósito de tener identificadas las fallas del sistema que no permitían el logro de los objetivos.

Según Escamilla, Meza & Llamas, 2011, realizó una investigación en el país de México titulada: "ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO DE CARGA EN UNA MINA DE MINERAL DE FIERRO A CIELO ABIERTO" llegando a las siguientes conclusiones:

El presente estudio de productividad fue realizado por personal y alumnos del departamento de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Colima, en una mina de mineral de hierro a cielo

abierto ubicada en el municipio de Aquila, Michoacán a petición de la propia empresa; se orientó hacia el equipo de carga (dos cargadores frontales de llantas Caterpillar 992) utilizados para cargar mineral y material estéril producto del tumbado, con el objetivo de determinar su utilización neta, su productividad, los factores que las afectan y proporcionar alternativas para su mejora. Los resultados obtenidos muestran que el equipo de carga tiene en promedio una utilización neta de 4.27 horas y una productividad de 673 tph (toneladas por hora) por turno de trabajo; que resultan bajas respecto a los indicadores meta de la empresa. Por otra parte, la interrupción que más afecta a este equipo es la falta de camiones para el acarreo, tanto en tiempo como en frecuencia con 1.65 horas y 10 eventos en promedio por turno de trabajo.

Según Casilimas & Poveda, 2012, realizó la investigación en el país de Colombia titulada: "IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A." llegando a las siguientes conclusiones:

En el presente trabajo se muestra la implementación de dicha herramienta en la línea de tubería de la empresa CORPACERO S.A., desde la captura de los datos necesarios para el cálculo del OEE, hasta las recomendaciones y posteriores conclusiones. Para la captura de datos fue necesario que los operarios depositaran en formatos de paros, (los cuales estaban codificados) las causas de los inconvenientes que se presentaban en el proceso y de esta forma poder determinar las causas más recurrentes y de esta forma presentar la propuesta de mejora. Dentro del documento se encuentra a través de gráficos y figuras, los datos obtenidos en el proceso de implementación, donde se presenta las principales causas de las pérdidas presentes en el proceso productivo, como lo son los cambios de montaje, las fallas de las máquinas. Al realizar la implementación se encontraron resultados del OEE variables que van desde el 19.3% hasta el 78.4%, que indican las diferentes tecnologías y métodos utilizados en el proceso, esta apreciación se ratifica con las características de los equipos, ya que se tienen máquinas con más de cincuenta años funcionando

Según Barría, (2012), realizó la investigación en el país de Chile titulada: PROPUESTA DE METODOLOGÍA PARA LA MEDICIÓN DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS EN LÍNEAS DE PROCESOS DE SECCIÓN MANTEQUILLA EN INDUSTRIA LÁCTEA. Llegando a las siguientes conclusiones:

La metodología planteada para medir eficiencia general de equipos no pretende dar solución a todos los problemas de la empresa, pero si ayudará en la industria láctea y a la industria en general a crear un sentimiento de responsabilidad conjunta entre los operarios de las máquinas, los encargados de mantenimiento y a la alta gerencia para trabajar en la mejora continua y optimizar la eficiencia, además minimizará algunas pérdidas y por lo tanto ayudará a reducir costos que han sido producidos por mermas, paradas, trabajos ineficientes, defectos de máquinas etc. Todo ello contribuirá en ganancias para la empresa y para los colaboradores. El mejorar la eficiencia de los equipos, ayudará a la empresa a realizar cambios positivos en sus planes de producción, ya que a medida que el indicador vaya aumentando, se podrá realizar variaciones como por ejemplo el aumento de producción por línea, por turno, por producto, entre otros, lo que favorecerá al aumento de productividad, cumpliendo con los planes estipulados dentro de la sección.

Antecedentes a nivel nacional

Según Lema (2014), realizó una investigación en la ciudad de Lima titulada "Propuesta de mejora del proceso productivo de La línea de productos de papel tisú mediante el empleo de herramientas de manufactura Esbelta", de la Universidad Católica del Perú, llegando a las siguientes conclusiones: se concluyó la necesidad de la incorporación de herramientas de la manufactura esbelta tales como mantenimiento autónomo, 5S's y SMED como propuesta de solución a los actuales problemas de la empresa. La implementación busca reducir los

principales desperdicios identificados en la línea de producción además de elevar la disponibilidad, eficiencia y calidad

Según Ricaldi, (2013), realizó una investigación en la ciudad de lima titulada: "PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS CAMIONES DE UNA EMPRESA DE TRANSPORTES DE CARGA PESADA, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO" llegando a las siguientes conclusiones:

El objetivo de la tesis es minimizar las demoras de los tiempos de transporte de caña de azúcar mediante el desarrollo de una propuesta de Gestión de Mantenimiento que mejore la disponibilidad de los camiones, lo que a su vez, permita realizar mayor número de viajes y, por ende, mejore tanto los ingresos de la empresa de transportes como la percepción que tiene el cliente sobre el servicio brindado. La implementación de una auditoría de mantenimiento para la evaluación de la empresa, los elementos fundamentales en la implementación de sistemas de gestión, los lineamientos del TPM como modelo de gestión, el desarrollo de un banco de datos, entre otros puntos. , pues la principal causa que genera las demoras en los tiempos de transporte se da a raíz de los desperfectos mecánicos que presentan los camiones, por el bajo rendimiento del área de Mantenimiento. Es entonces que a través de una Auditoría de Mantenimiento, se determinó las categorías que presentan menor desempeño dentro del área.

Según Baldeón, (2011), realizo una investigación en la ciudad de lima titulada: "Gestión en las operaciones de transporte y acarreo para el incremento de la productividad en cia. Minera condestable S.A." llegando a las siguientes conclusiones:

Inicialmente se analizaran los factores que afectan positiva y negativamente la productividad de la operación de acarreo y transporte (línea base), los métodos de trabajo, y los sistemas de control (en caso se cuente con los mismos o si sería necesario una implementación), a este análisis acompañaremos una propuesta de solución a la actividad que genera un mayor tiempo improductivo en el proceso, finalmente se propondrá una Guía para la optimización de flota en minas subterráneas con similares características que la mina analizada (Cía. Minera Condestable S.A.). Conociendo el ciclo de las operaciones (acarreo y transporte), se puede calcular la flota o equipos requeridos a mínimo costo unitario y/o máxima producción en la unidad de tiempo, así como en Compañía Minera Condestable, este método puede ser aplicado en otras empresas mineras con similares problemas. "No se puede mejorar lo que no se puede medir", la mejor herramienta para la gestión de la operación es el conocimiento de lo que sucede en el campo de una manera precisa y oportuna para tomar acciones correctivas. Es importante contar con un departamento de productividad, para la mejora de los procesos y procedimientos establecidos; de lo contrario, la operación se hará rutinaria disminuyendo de esta manera su valor a través del tiempo.

## **2.1. Bases teóricas**

### **2.2.1. Productividad**

Según El diccionario de la Real Academia Española, (2012), en el campo de la economía, se entiende por productividad al vínculo que existe entre lo que se ha producido y los medios que se han empleado para conseguirlo (mano de obra, materiales, energía, etc.). La productividad suele estar asociada a la eficiencia y al tiempo: cuanto menos tiempo se invierta en lograr el resultado anhelado, mayor será el carácter productivo del sistema.

Según BUSINESS SOLUTIONS CONSULTING GROUP Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados.

En la fabricación, la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo cuando con una cantidad de recursos (Insumos) en un periodo de tiempo dado obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores. Deben de considerarse factores que influyen.

### **2.2.2. Importancia de la productividad**

Según Rivero, (2010), el único camino para que un negocio pueda crecer y aumentar su rentabilidad (o sus utilidades) es aumentando su productividad. Y el instrumento fundamental que origina una mayor productividad es la utilización de métodos, el estudio de tiempos y un sistema de pago de salarios.

Se debe comprender claramente que todos los aspectos de un negocio o industria como son, ventas, finanzas, producción, ingeniería, costos, mantenimiento y administración, son áreas fértiles para la aplicación de métodos, estudio de tiempos y sistemas adecuados de pago de salarios. En general, dichos métodos son aplicables a cualquier tipo de negocio, ya sea servicios, gobierno etc. Siempre que hombres, materiales e instalaciones se conjugan para lograr un cierto objetivo, la Productividad se puede mejorar mediante la aplicación inteligente de los principios de métodos, estudios de tiempos y sistema de pago de salarios.

### **2.2.3. Factores internos y externos que afectan la productividad**

**Según Bueno, (2015), manifiesta que:**

#### **Factores Internos:**

Terrenos y edificios

Materiales

Energía

Máquinas y equipo

Recurso humano

**Factores Externos:**

Disponibilidad de materiales o materias primas.

Mano de obra calificada

Políticas estatales relativas a tributación y aranceles

Infraestructura existente

**2.2.4. Métodos para medir la productividad**

Según Valdéz, (2006), menciona los siguientes métodos para medir la productividad:

**Método Natural**

Mediante este método la producción se mide en unidades físicas. Es muy sencillo de aplicar pero tiene algunas desventajas las cuales son: que solo se puede aplicar en producciones homogéneas y no permite tener en cuenta la producción en proceso.

A continuación se da un ejemplo de método mencionado anteriormente:

Supóngase que una empresa manufacturera de calculadoras eléctricas produce 10000 calculadoras empleando 50 personas que trabajan 8 horas diarias durante 15 días

$$Productividad = \left( \frac{10000 \text{ calc}}{50 * 8 * 25} \right) = 1 \text{ calc/h} - \text{hr}$$

**Método Natural Condicionado**

Este método consiste en aplicar una variante la cual permitirá aplicarlo a producciones terminadas.

A continuación se da un ejemplo de este método:

Una fábrica de motores produce 600 motores de 5 CV (caballos de vapor mide la potencia de un motor) y 40 motores de 30CV. El número de trabajadores de esta en de 100 y los mismos trabajaron 1400 horas en el mes.

Para poder saber la productividad se debe encontrar una unidad de medida común, en este caso debe de ser la potencia en caballos de vapor (CV):

(600motores)(5CV)=3000CV

(40 motores)(30CV)=1200CV

La suma sería igual a: 4200cv

$$Productividad = \left( \frac{4200CV}{100hombres} \right) = 42CV/hombre$$

$$Productividad = \left( \frac{4200CV}{1400Hrs} \right) = 3CV/Hr$$

### Método Valoral

Este método consiste en darle el valor monetario correspondiente a la producción, con independencia del tipo que se tome (bruta, mercantil, neta)

Su aplicación puede ser para cualquier tipo de producción y tanto para la producción terminada como para la que está en proceso.

### 2.2.5. Formula De La Productividad Efectiva Total De Equipos (TEEP)

Según COLLANTES BOHORQUEZ nos da a conocer la siguiente formula:

$$TEEP = \frac{TPN}{TD} = \frac{TD - TPP - TPA - TPNP - TPOP - TPD}{TD}$$

$$TEEP = U * A * \eta * q$$

$$TEEP = U * OEE$$

TPN = tiempo productivo neto

TD = tiempo disponible

TPP = Tiempo De Parada Planificada

TPA = Tiempo De Reparación Del Equipo

TPNP = Tiempo De Parada O Planificada Por Equipo

TPOP = Tiempo Perdido Por Operación

TPD = Tiempo Perdido De Producción

U = Utilización Planificada Del Equipo

A = Disponibilidad

$\eta$  = Rendimiento

q = Calidad

### **2.2.6. Concepto de la OEE**

Según Alonzo, (2009), Efectividad Global del Equipamiento (OEE) como herramienta de mejora continua, enmarcado en la industria manufacturera actual y su relación con el Mantenimiento Productivo Total (TPM), y como el mismo mide a diferencia de otros indicadores en un solo Ratio el porcentaje de efectividad de las máquinas y líneas con respecto a su máquina ideal equivalente; el cual es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción: Disponibilidad, Rendimiento y Calidad

TOC = Tiempo de operación de mantenimiento preventivo

TA = Tiempo de mantenimiento d averías o mantenimiento correctivo

TPP = Tiempo programado de producción

PA = Tasa de mantenimiento correctivo por averías

PTOC = Tasa de Mantenimiento preventivo

### **2.2.7. Objetivo de la OEE**

Según Alonzo, (2009), manifiesta que Medir el OEE (la Eficiencia Global de Equipo) es una herramienta simple pero poderosa con la que podemos obtener una valiosa información sobre lo que está ocurriendo en la actualidad. El OEE ayuda a los operarios ya que, al reflejar en un documento la evolución de las pérdidas de la máquina, promueve las acciones hacia su eliminación.

### **2.2.8. Cálculo Del OEE**

Según Vorne Industries INC, (2002-2016), los cálculos del OEE se basan en los tres Factores del OEE: Disponibilidad, Rendimiento o productividad y Calidad. Aquí se presentan cómo se calcula cada uno de estos factores.

#### **Disponibilidad**

La Disponibilidad considera a las Pérdidas por Parada, y se calcula así:

Disponibilidad = Tiempo de Operación / Tiempo Planificado de Operación

## **Rendimiento**

El Rendimiento considera a las Pérdidas en Velocidad, y se calcula así:

$$R = \text{Tiempo de Ciclo Ideal} / (\text{Tiempo de Operación} / \text{Total de Piezas})$$

El Tiempo de Ciclo Ideal es el tiempo de ciclo mínimo en el que su proceso se espera alcance óptimas circunstancias. A veces se lo refiere como Tiempo de Ciclo de Diseño, Tiempo de Ciclo Teórico o Capacidad Nominal. Como la Capacidad Real es el recíproco del Tiempo de Ciclo.

El rendimiento también puede ser calculado así:

$$R = (\text{capacidad del volquete} * \text{factor de eficiencia} * 60) / \text{ciclo de trabajo} * \text{factor de esponjamiento}$$

Calidad

La Calidad considera a las Pérdidas en Calidad, y se calcula en función de las piezas buenas:

$$\text{Calidad} = \text{Piezas Buenas} / \text{Total de Piezas}$$

También la calidad se calcula en función de la tasa de mantenimiento correctivo, es decir, a menor mantenimiento correctivo aumenta el porcentaje de calidad:

$$\text{Calidad} = 1 - \text{tasa de mantenimiento correctivo o de averías}$$

OEE:

El OEE considera todos los tres Factores del OEE, y se calcula así:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

### **2.2.9. Clasificación OEE**

Para Alonzo, (2009), el valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. De esta manera se tiene la siguiente clasificación:

OEE < 65% Inaceptable. Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.

65% < OEE < 75% Regular. Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.



75% < OEE < 85% Aceptable. Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.

85% < OEE < 95% Buena. Entra en Valores World Class. Buena competitividad.

OEE > 95% Excelencia. Valores World Class. Excelente competitividad.

#### **2.2.10. Seis Grandes Pérdidas de la OEE**

Según García, (2016), define las Seis Grandes Pérdidas, uno de los mayores objetivos de los programas TPM y OEE es reducir y/o eliminar lo que se conoce como las Seis Grandes Pérdidas las causas más comunes de pérdida en eficiencia en manufactura

##### **Primera Pérdida (Averías):**

Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta disfunción puede ser técnica u organizativa (por ejemplo; error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo). El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.

##### **Segunda Pérdida (Esperas):**

El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo; debido a un cambio, por mantenimiento, por falta de repuestos, esperas en cola o por un paro para ir a merendar o almorzar.

##### **Tercera Pérdida (Micro paradas):**

Cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, estas micro paradas y las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas por pequeños problemas tales como cambio de operador, cuando el operador necesita ir hacer sus necesidades.

##### **Cuarta Pérdida (Velocidad Reducida):**

La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que los tecnólogos consideran que es la velocidad máxima y la velocidad máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. Las pérdidas debidas a velocidades reducidas son por tanto en la mayoría de los casos

Ignoradas o infravaloradas.

##### **Quinta Pérdida (Deshechos):**

Deshechos son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por Calidad, son generadas por desmontes que no son usados para la producción de lixiviación.

### **Sexta Pérdida (Retrabajo)**

Los productos re trabajados son también productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, a los re trabajos de mantenimiento son cuando no se ataca la causa principal de la falla y vuelve a fallar de nuevo por lo mismo.

#### **2.2.11. Resultados del OEE**

Según Alonzo,( 2009), el cálculo del OEE genera información diaria sobre el nivel de efectividad de una máquina o conjunto de máquinas. Además, identifica en cuál o cuáles de las “Seis Grandes Pérdidas” se debe de centrar el análisis y solución en orden de prioridad. El OEE no es sólo un indicador con el que medir el rendimiento de un sistema productivo, sino que es un instrumento importante para realizar mejoras específicas una vez que ya hemos priorizado las pérdidas.

#### **2.2.12. Herramienta de las 5’S**

Según Rosas (2017) las 5 S es una práctica de Calidad ideada en Japón referida al “Mantenimiento Integral” de la empresa, no sólo de maquinaria, equipo e infraestructura sino del mantenimiento del entorno de trabajo por parte de todos.

En Ingles se ha dado en llamar “housekeeping” que traducido es “ser amos de casa también en el trabajo”. Las Iniciales de las 5 S: en Japones son: Seir, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke y en castellano significa: Clasificación y Descarte, Organización, Limpieza, Higiene y Visualización, Disciplina y Compromiso

Las 5 S es una técnica que se aplica en todo el mundo con excelentes resultados por su sencillez y efectividad. Su aplicación mejora los niveles de: Calidad, Eliminación de Tiempos Muertos, Reducción de Costos, La aplicación de esta Técnica requiere el compromiso personal y duradero para que nuestra empresa sea un auténtico modelo de organización, limpieza, seguridad e higiene. Los primeros en asumir este compromiso son los Gerentes y los Jefes y la aplicación de esta es el ejemplo más claro de resultados acorto plazo.

Como resultado de Aplicación de las 5 S se muestran estudios estadísticos en empresas de todo el mundo que tienen implantado este sistema demuestran que la aplicación de 3 primeras S: Reducción del 40% de sus costos de Mantenimiento, Reducción del 70% del número de accidentes y Crecimiento del 10% de la fiabilidad del equipo y Crecimiento del 15% del tiempo medio entre fallas.

La implantación de las 5S se basa en el trabajo en equipo. Los trabajadores se comprometen. Se valoran sus aportaciones y conocimiento. La mejora continua se hace una tarea de todos. Conseguimos una mayor productividad que se traduce en:

Menos productos defectuosos.

Menos averías.

Menor nivel de existencias o inventarios.

Menos accidentes.

Menos movimientos y traslados inútiles.

Menor tiempo para el cambio de herramientas.

Lograr un mejor lugar de trabajo para todos, puesto que conseguimos:

Más espacio.

Orgullo del lugar en el que se trabaja.

Mejor imagen ante nuestros clientes.

Mayor cooperación y trabajo en equipo.

Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.

Mayor conocimiento del puesto.

La 1° S: Seiri (Clasificación y Descarte)

Significa separar las cosas necesarias y las que no la son manteniendo las cosas necesarias en un lugar conveniente y en un lugar adecuado.

Ventajas de Clasificación y Descarte

Reducción de necesidades de espacio, stock, almacenamiento, transporte y seguros.

Evita la compra de materiales no necesarios y su deterioro.

Aumenta la productividad de las máquinas y personas implicadas.

Provoca un mayor sentido de la clasificación y la economía, menor cansancio físico y mayor facilidad de operación.

Para Poner en práctica la 1ra S debemos hacernos las siguientes preguntas:

¿Qué debemos tirar?

¿Qué debe ser guardado?

¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?

¿Qué deberíamos reparar?

¿Qué debemos vender?

Otra buena práctica sería, colocar en un lugar determinado todo aquello que va ser descartado.

Y el último punto importante es el de la clasificación de residuos. Generamos residuos de muy diversa naturaleza: papel, plásticos, metales, etc. Otro compromiso es el compromiso con el medio ambiente ya que nadie desea vivir en una zona contaminada.

Analice por un momento su lugar de trabajo, y responda a las preguntas sobre Clasificación y Descarte:

¿Qué podemos tirar?

¿Qué debe ser guardado?

¿Qué puede ser útil para otra persona u otro departamento?

¿Qué deberíamos reparar?

¿Qué podemos vender?

### SEITON (Organización) La 2da S

La organización es el estudio de la eficacia. Es una cuestión de cuán rápido uno puede conseguir lo que necesita, y cuán rápido puede devolverla a su sitio nuevo. Cada cosa debe tener un único, y exclusivo lugar donde debe encontrarse antes de su uso, y después de utilizarlo debe volver a él. Todo debe estar disponible y próximo en el lugar de uso.

Tener lo que es necesario, en su justa cantidad, con la calidad requerida, y en el momento y lugar adecuado nos llevará a estas ventajas:

Menor necesidad de controles de stock y producción.

Facilita el transporte interno, el control de la producción y la ejecución del trabajo en el plazo previsto.

Menor tiempo de búsqueda de aquello que nos hace falta.

Evita la compra de materiales y componentes innecesarios y también de los daños a los materiales o productos almacenados.

Aumenta el retorno de capital.

Aumenta la productividad de las máquinas y personas.

Provoca una mayor racionalización del trabajo, menor cansancio físico y mental, y mejor ambiente.

Para tener claros los criterios de colocación de cada cosa en su lugar adecuado, responderemos las siguientes preguntas:

¿Es posible reducir el stock de esta cosa?

¿Esto es necesario que esté a mano?

¿Todos llamaremos a esto con el mismo nombre?

¿Cuál es el mejor lugar para cada cosa?

Y por último hay que tener en claro que:

Todas las cosas han de tener un nombre, y todos deben conocerlo.

Todas las cosas deben tener espacio definido para su almacenamiento o colocación, indicado con exactitud y conocido también por todos.

Analice por un momento su lugar de trabajo y responda las preguntas sobre organización:

¿De qué manera podemos reducir la cantidad que tenemos?

¿Qué cosas realmente no es necesario tener a la mano?

¿Qué objetos suelen recibir más de un nombre por parte de mis compañeros?

Fíjese en un par de cosas necesarias ¿Cuál es el mejor lugar para ellas?

SEISO (Limpieza): La 3° S

La limpieza la debemos hacer todos.

Es importante que cada uno tenga asignada una pequeña zona de su lugar de trabajo que deberá tener siempre limpia bajo su responsabilidad. No debe haber ninguna parte de la empresa sin asignar. Si las persona no asumen este compromiso la limpieza nunca será real.

Toda persona deberá conocer la importancia de estar en un ambiente limpio. Cada trabajador de la empresa debe, antes y después de cada trabajo realizado, retirara cualquier tipo de suciedad generada.

### Beneficios

Un ambiente limpio proporciona calidad y seguridad, y además:

Mayor productividad de personas, máquinas y materiales, evitando hacer cosas dos veces

Facilita la venta del producto.

Evita pérdidas y daños materiales y productos.

Es fundamental para la imagen interna y externa de la empresa.

Para conseguir que la limpieza sea un hábito tener en cuenta los siguientes puntos:

Todos deben limpiar utensilios y herramientas al terminar de usarlas y antes de guardarlos

Las mesas, armarios y muebles deben estar limpios y en condiciones de uso.

No debe tirarse nada al suelo

No existe ninguna excepción cuando se trata de limpieza. El objetivo no es impresionar a las visitas sino tener el ambiente ideal para trabajar a gusto y obtener la Calidad Total

Analice por un momento su lugar de trabajo y responda las preguntas sobre Limpieza:

¿Cree que realmente puede considerarse como "Limpio"?

¿Cómo cree que podría mantenerlo Limpio siempre?

¿Qué utensilios, tiempo o recursos necesitaría para ello?

¿Qué cree que mejoraría el grado de Limpieza?

SEIKETSU (Higiene y Visualización). La 4° S

Esta S envuelve ambos significados: Higiene y visualización.

La higiene es el mantenimiento de la Limpieza, del orden. Quien exige y hace calidad cuida mucho la apariencia. En un ambiente Limpio siempre habrá seguridad. Quien no cuida bien de sí mismo no puede hacer o vender productos o servicios de Calidad.

Una técnica muy usada es el “visual management”, o gestión visual. Esta Técnica se ha mostrado como sumamente útil en el proceso de mejora continua. Se usa en la producción, calidad, seguridad y servicio al cliente.

Consiste en grupo de responsables que realiza periódicamente una serie de visitas a toda la empresa y detecta aquellos puntos que necesitan de mejora.

Una variación mejor y más moderna es el “colour management” o gestión por colores. Ese mismo grupo en vez de tomar notas sobre la situación, coloca una serie de tarjetas, rojas en aquellas zonas que necesitan mejorar y verdes en zonas especialmente cuidadas.

Normalmente las empresas que aplican estos códigos de colores nunca tiene tarjetas rojas, porque en cuanto se coloca una, el trabajador responsable de esa área soluciona rápidamente el problema para poder quitarla.

Las ventajas de uso de la 4ta S

Facilita la seguridad y el desempeño de los trabajadores.

Evita daños de salud del trabajador y del consumidor.

Mejora la imagen de la empresa interna y externamente.

Eleva el nivel de satisfacción y motivación del personal hacia el trabajo.

Recursos visibles en el establecimiento de la 4ta. S:

Avisos de peligro, advertencias, limitaciones de velocidad, etc.

Informaciones e Instrucciones sobre equipamiento y máquinas.

Avisos de mantenimiento preventivo.

Recordatorios sobre requisitos de limpieza.

Aviso que ayuden a las personas a evitar errores en las operaciones de sus lugares de trabajo.

Instrucciones y procedimientos de trabajo.

Hay que recordar que estos avisos y recordatorios:

Deben ser visibles a cierta distancia.

Deben colocarse en los sitios adecuados.

Deben ser claros, objetivos y de rápido entendimiento.

Deben contribuir a la creación de un local de trabajo motivador y confortable.

Analice por un momento su lugar de trabajo y responda las preguntas sobre Higiene y visualización:

¿Qué tipo de carteles, avisos, advertencias, procedimientos cree que faltan?

¿Los que ya existen son adecuados? ¿Proporcionan seguridad e higiene?

En general ¿Calificaría su entorno de trabajo como motivador y confortable?

En caso negativo ¿Cómo podría colaborar para que si lo fuera?

SHITSUKE (Compromiso y Disciplina) : la 5° S

Disciplina no significa que habrá unas personas pendientes de nosotros preparados para castigarnos cuando lo consideren oportuno. Disciplina quiere decir voluntad de hacer las cosas como se supone se deben hacer. Es el deseo de crear un entorno de trabajo en base de buenos hábitos.

Mediante el entrenamiento y la formación para todos (¿Qué queremos hacer?) y la puesta en práctica de estos conceptos (¡Vamos hacerlo!), es como se consigue romper con los malos hábitos pasados y poner en práctica los buenos.

En suma se trata de la mejora alcanzada con las 4 S anteriores se convierta en una rutina, en una práctica más de nuestros quehaceres. Es el crecimiento a nivel humano y personal a nivel de autodisciplina y autosatisfacción.

Esta 5 S es el mejor ejemplo de compromiso con la Mejora Continua. Todos debemos asumirlo, porque todos saldremos beneficiados.

## CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

### 3.1. Hipótesis

Si se implementa OEE, entonces se incrementará la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en la minera Volcán Shungar S.A. en el 2016.

### 3.2. Operacionalización de variables

Tabla 3.1 Matriz de operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Mantenimiento OEE (variable independiente)	Es un conjunto de elementos organizados y que interactúan para lograr el mantenimiento.	<p>Análisis de pérdidas</p> <p>5 'S' del mantenimiento</p> <p>Control de abastecimiento</p>	<p>Disponibilidad = Tiempo de Operación / Tiempo Planificado de Operación</p> <p>Rendimiento R = Tiempo de Ciclo Ideal / (Tiempo de Operación / Total producido por la flota de camiones)</p> <p>Calidad = buena producción / Total de Producción de la flota de camiones OEE</p> <p>Factor OEE = Disponibilidad x Rendimiento x Calidad</p>
Productividad de la flota de camiones Komatsu 730E (variable dependiente)	Es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción	<p>Costos</p> <p>Nº de paradas</p>	<p>Costos de producción</p> <p>Costos de paradas correctivas</p> <p>Costos de paradas preventivas</p> <p>Nº de paradas correctivas</p> <p>Nº de paradas preventivas</p>

Fuente: Elaboración propia

### 3.3. Diseño de investigación

Es una investigación Cuantitativa, Transversal, pre-experimental.



La presente investigación se orienta a la manipulación de la variable independiente (implementación de OEE) que se encuentra en el título de la presente investigación, para poder afectar la variable dependiente (productividad). De esta manera incrementar la productividad del 2016 con respecto al 2015. Así mismo, en esta investigación se demostró que la implementación del OEE si incrementa la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en el 2016. Para esto, se aplicó los indicadores que miden la productividad en el 2015 antes de la implementación el OEE (pre prueba) que corresponde a la data del 2015 y luego de la implementación el OEE en el 2016 (post prueba), demostrándose que la productividad de la flota de los 15 camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A. ha mejorado en el 2016 con respecto al 2015

Es un estudio aplicado porque se usó los conocimientos teóricos de sistema de gestión de mantenimiento para dar solución a la problemática de la empresa en estudio. Pre-Experimental ya que el investigador modifico a voluntad las variables del fenómeno estudiado y analiza las consecuencias sobre la otra variable. Así mismo es un estudio de corte longitudinal ya que se mide en dos ocasiones las variables involucradas, estudiando la evolución de las unidades en el tiempo una pre-prueba antes de la implementación del OEE con la data del 2015 y luego una post prueba con la implementación del OEE con la data del 2016.

Diseño pre-experimental: Porque se analizó la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E antes y después de implementar OEE.

G1: O1 =>X =>O2

G1 Flota de camiones Komatsu 730 E

O1 Pre prueba de productividad. En el año 2015

X Implementación del OEE

O2 Post prueba de productividad en el año 2016

### **3.4. Unidad de estudio**

La unidad de estudio es el área de mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la empresa Volcán Shungar SA de donde se obtuvo la información para la presente investigación.

### **3.5. Población**

Población del personal de mantenimiento es un jefe y 22 técnicos de mantenimiento de equipos.

Población de la documentación requerida del área de mantenimiento tanto a nivel de mantenimiento correctivo como mantenimiento preventivo en función de tiempo y costos. Por lo tanto los instrumentos son documentos de operación de mantenimiento de camiones Komatsu 730E

### 3.6. Muestra (muestreo o selección)

La muestra fue aplicando un muestreo no probabilístico en la cual se eligió 4 técnicos de mantenimiento y el jefe de dicha área, siendo en total 5 trabajadores. Según el numeral 4.5 Para el desarrollo del presente trabajo se tomó los siguientes documentos: Tiempos de mantenimientos preventivos y correctivos de los años 2015 y 2016. del área de mantenimiento de equipos, También se han utilizado los costos de mantenimiento preventivo y correctivo de los años 2015 y 2016.

### 3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Para obtener los datos se utilizará la técnica de análisis documental y la encuesta a los 5 trabajadores seleccionados del área de mantenimiento.

En el análisis de documentos, se utilizó para analizar la documentación referida a los mantenimientos preventivos y correctivos hechos a los camiones Komatsu 730E en los años 2015 y 2016 de la minera Volcan Shungar S.A.

Técnica	Instrumento	Procedimiento
<b>Encuesta</b>	Cuestionario de 15 preguntas	Se aplicó estadística descriptiva con su gráfico de barras y distribución de frecuencias
Análisis documental	Guía de Análisis documental	Se analizará información de los indicadores de productividad de los años 2015 y 2016.

### 3.8 Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

**Tabla N° 3.2. :** Etapas, recopilación y tratamiento de la información, resultados esperados

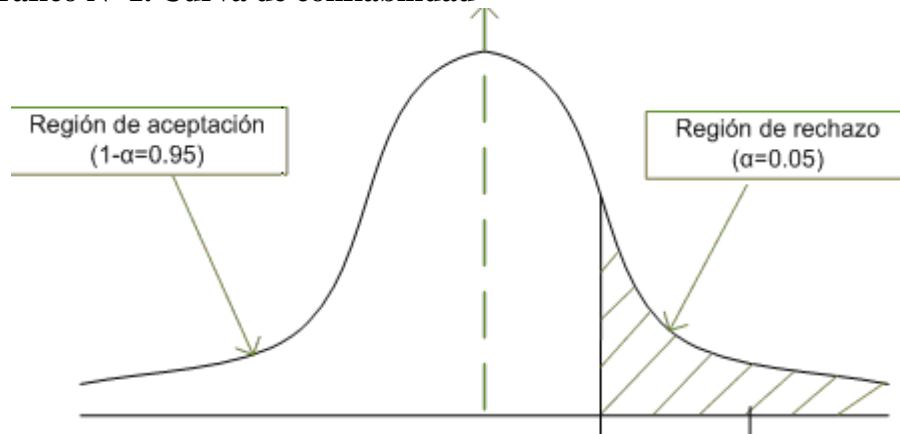
ETAPAS	RECOPIACIÓN DE INFORMACIÓN FUENTES	TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN	RESULTADOS ESPERADOS
1. Diagnóstico de situación actual de la productividad de los Komatsu 730E de la empresa minera Volcán Shungar S.A. en el 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Datos históricos de la productividad de los camiones Komatsu 730E del año 2015</li> <li>▪ Encuesta aplicada</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación directa</li> <li>▪ Análisis de documentos</li> <li>▪ Estadística descriptiva con distribución de frecuencias y gráficos</li> </ul>	Determinar la situación en la que se encuentra la productividad de los Komatsu 730E del año 2015 mediante indicadores de calidad, disponibilidad y rendimiento de camiones Komatsu 730E
2. Diseño e implementación de la Gestión del mantenimiento con OEE	Personal de mantenimiento y operarios de los camiones Komatsu 730E	Análisis y Redacción	Metodología del mantenimiento con OEE
3. Cálculo de la productividad después de la implementación de OEE y comparación de la productividad del año 2016 con el año 2015	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Datos históricos de la productividad de los camiones Komatsu 730E del año 2016</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Observación directa</li> <li>▪ Análisis de documentos</li> </ul>	Determinar de la situación en la que se encuentra la productividad de los Komatsu 730E del año 2016 mediante indicadores y compararlo con el 2015

Para el análisis de datos se utilizó los cuadros o tablas estadísticas. Los datos fueron analizados empleando como base la estadística descriptiva y la estadística inferencial. A nivel de estadística descriptiva los registros de datos estadísticos fueron ordenados y presentados en tablas y figuras, haciendo uso además de estadígrafos, tales como la media y la desviación estándar y la distribución de frecuencias. De esta manera, se obtuvieron indicadores que hicieron posible observar el comportamiento de las actividades relacionadas con el mantenimiento preventivo y correctivo antes (2015) y después (2016) de implementar el OEE.

El análisis y contrastación de la hipótesis debe realizarse mediante los métodos de diferencia de promedios, con los cuales podremos aceptar o rechazar la hipótesis propuesta usando la inferencia de la t-student con 95% de nivel de confianza y 5% de error con n-1 grados de libertad donde n representa el tamaño de la muestra.

$$X = \frac{\sum Xi}{n} \quad S = \frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n(n-1)} \quad t = \frac{D\sqrt{n}}{\sqrt{S}}$$

Gráfico N° 1. Curva de confiabilidad



## CAPÍTULO 4. RESULTADOS

La directiva del área de mantenimiento de equipos es reducir los costos de mantenimiento sin incrementar el personal de mantenimiento que actualmente laboran 22 técnicos de mantenimiento además del jefe del área.

### 4.1 Diagnostico la situación actual de la productividad OEE de la flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera en el 2015.

4.1.1. Estimado de rendimiento de productividad de transporte promedio de un camión Komatsu 730E por día

En la Tabla N° 4.1 se observa los promedios de la data que son los datos para calcular el rendimiento de producción real que se dio en el 2015

Tabla N° 4.1 Promedio de la data para calcular el rendimiento de Producción	
Descripción	Promedio
Distancia media de recorrido (DMR)	3.5 km
Velocidad promedio de recorrido cargado (VPRC)	25.5 km
Velocidad promedio de recorrido descargado (VPRD)	35.6 km
Tiempo de carga del camión Komatsu 730E (TC)	2.2 minutos
Tiempo de descarga del camión Komatsu 730E (TD)	1.7 minutos
Tiempo de recorrido cargado (TRC)	8.2 minutos
Tiempo de recorrido descargado (TRD)	5.9 minutos
Tiempo Empleado en un ciclo de Recorrido (TCR)	18.04 minutos
El factor de productividad real o eficiencia real	85%
Tiempo útil real en un día de trabajo (TUR)	16.5 horas
Capacidad real del Komatsu 730E en toneladas (CR)	194 TM
Considerando una eficiencia según política de la Empresa minera Volcán Shungar	95%
Tiempo útil Nominal en un día de trabajo (TUN)	24 horas
Capacidad Nominal del Komatsu 730E en toneladas (CN)	200 TM
Rendimiento de Producción Real (RPR)	9,039.37 TM / día
Rendimiento de Producción Nominal (RPN)	15,149.5TM / día
Indicador de Rendimiento	59.7 %

Fuente: Data del área de operaciones

\* Tiempo de recorrido cargado (TRC) del camión Komatsu 730E:

$$TRC = DMR / VPRC$$

TRC = Tiempo de recorrido cargado

DMR = distancia media de recorrido cargado

VPRC = Velocidad promedio de recorrido cargado

$TRC = 3,5 \text{ km} / (25.5 \text{ km} / \text{hora}) = 0.137 \text{ hora} * 60 \text{ minutos} / \text{hora} = 8.24 \text{ minutos de tiempo de recorrido cargado}$

\* Tiempo de recorrido descargado (TRD) del camión Komatsu 730E:

$$TRD = D / VPRD$$

TRD = Tiempo de recorrido descargado

D = distancia de recorrido descargado

VPRD = Velocidad promedio de recorrido descargado

$TRD = 3,5 \text{ km} / (35,6 \text{ km} / \text{hora}) = 0,098 \text{ hora} * 60 \text{ minutos} / \text{hora} = 5,9 \text{ minutos}$  de tiempo de recorrido descargado

\* Tiempo empleado en un Ciclo de Recorrido (TCR):

$TCR = TRC + TRD + TC + TD = 8,24 \text{ minutos} + 5,9 \text{ minutos} + 2,2 \text{ minutos} + 1,84 \text{ minutos} = 18,04 \text{ minutos}$   
 $* 1 \text{ hora} / 60 \text{ minutos} = 0,301 \text{ horas}$

\* El Rendimiento de producción real (RPR):

$RPR = (CR * E * TUR) / TCR$

CR = Capacidad real

E = Eficiencia

TCR = Tiempo de ciclo de recorrido

$RPR = (194 \text{ TM} * 0,85 * 16,5 \text{ horas} / \text{día}) / 0,301 \text{ horas}$

$RPR = 9,039,37 \text{ TM} / \text{día}$  promedio de producción real por camión Komatsu 730E en el 2015

\* El Rendimiento de producción nominal (RPN):

$RPN = (CN * E * TUN) / TC$

CN = Capacidad nominal

E = Eficiencia

TCR = Tiempo de ciclo de recorrido

$RPN = (200 \text{ TM} * 0,95 * 24 \text{ horas} / \text{día}) / 0,301 \text{ horas}$

$RPN = 15,149,5 \text{ TM} / \text{día}$  promedio de producción nominal por camión Komatsu 730E en el 2015

\*Cálculo del Indicador rendimiento (R)

Volumen De Producción Programado (VPP): Se requiere el volumen de transporte programado por día de un camión Komatsu 730E: 15,149.5 TM /día

Volumen De Producción Real (VPR): Se dio el volumen de transporte real por día de un camión Komatsu 730E: 9,039.37 TM /día

$R = VPR / VPP = 9,039,37 / 15,149,5 = 0,597$  o 59.7%

Tabla N° 4.2: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015

2015 MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	248.0	36	35.0	2
FEBRERO	155.1	25	35.1	5
MARZO	70.9	19	36.5	4
ABRIL	91.5	24	37.0	5
MAYO	65.2	10	45.6	2
JUNIO	132.4	18	25.7	4
JULIO	147.3	28	38.0	12
AGOSTO	125.6	28	36.9	2
SEPTIEMBRE	24.9	18	37.5	10
OCTUBRE	127.5	24	36.9	7
NOVIEMBRE	150.3	35	35.6	4
DICIEMBRE	242.1	38	44.8	4
Total	1580.6	302	409.8	58

Nota: tiempo de avería (TA), tiempo de organizacional o de cambio programado (TOC)

En la tabla N° 4.2 el tiempo programado de mantenimiento preventivo (TPMP)

Resultó 409.8 horas de parada total en el año 2015 siendo 58 paradas de mantenimiento preventivo que se ejecutaron el año 2015. Al día un camión trabaja las 24 horas en dos turnos de 12 horas. Cada camión tiene programado trabajar las 24 horas del día salvo parada de mantenimiento programado.

El tiempo de producción programado (TPP) resulta:

$$TPP = (365 \text{ días /año} * 24 \text{ horas /día}) - 409.8 \text{ horas / año de mantenimiento}$$

$$TPP = 8350.2 \text{ horas / año de tiempo de producción programado.}$$

#### 4.1.2. Cálculo de la tasa de paros por razones organizativas preventivas o de cambios (POC)

$$POC = TOC / TPP$$

POC = tasa de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo año 2015

TOC = Tiempo de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo de la flota de 15 camiones Komatsu 730E.

TPP = Tiempo de producción programado.

$POC = TOC / TPP = 409.8 / 8350.2 = 0.04907$  o 4.9% es la tasa de paros por mantenimiento programado en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E

#### 4.1.3. Cálculo de la Tasa de paros por averías (PA)

$$PA = TA / TPP$$

PA = Tasa de paros por averías año 2015

TA =Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo.

TPP = Tiempo de producción programado

PA (2015) =  $1580.6 / 8350.2 = 0.1893$  o 18.93% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E.

#### 4.1.4. Tasa de paro total (PT)

La tasa de paro total es la suma de la tasa de mantenimiento preventivo (POC) más la tasa del mantenimiento correctivo (PA).

Tasa de paros = POC + PA

Tasa de paros =  $0.04907 + 0.1893$

Tasa de paros = 0.238 o 23.8% en el año 2015

#### 4.1.5. Productividad en Factor de velocidad (V) de producción (P) expresado en tiempo

TPP = Tiempo de producción programado de transporte de carga

TPP = 8350.2 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR = Tiempo de producción real de transporte de carga

TPR =  $365 \text{ días/año} * 24 \text{ horas/día} - TA - TOC$

TPR =  $8,760 \text{ horas} / \text{año} - 1580.6 \text{ horas de averías} - 409.8 \text{ horas de mantenimiento programado}$

TPR = 6,769.6 horas programadas en el 2015

$$V = P = TPR / TPP$$

Donde:

V es la velocidad (V) de producción o Productividad (P)

$$V = P = 6769.6 / 8350.2$$

V = P = 0.8107 o 81.07% de velocidad de producción

La velocidad de producción o productividad de la flota de 15 camiones Komatsu 730E fue de 81.07% en el año 2015 en la minera Volcán Shungar S.A.



#### 4.1.6. Factor de Disponibilidad del 2015

Disponibilidad:  $D(2015) = 1 - POC(2105) - PA(2015)$

PA: Tasa de paros por averías

POC: Tasa de paros por mantenimiento preventivo de organización y/o cambios

$D(2015) = 1 - 0.04907 - 0.1893$

$D(2015) = 0.7616$  o 76.16% de disponibilidad de los camiones Komatsu 730E en el 2015.

#### 4.1.7. Factor de Calidad del 2015

*La calidad del OEE se calcula en función del mantenimiento correctivo, es decir, a menor mantenimiento correctivo aumenta la calidad del OEE y a mayor mantenimiento correctivo disminuye la calidad*

Calidad:  $C(2015) = 1 - PA(2015)$

PA: Tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo

$C(2015) = 1 - 0.1893$

$C(2015) = 0.8107$  o 81.07% de calidad del OEE de los camiones Komatsu 730E en el 2015.

Calidad:  $C(2016) = 1 - PA(2016)$

$C(2016) = 1 - 0.0735 = 0.9265$  o 92.65% lo demuestra una mejora de la calidad del OEE.

En el año 2015 se obtuvo 81.07% de calidad del OEE dicha información se obtiene el numeral 4.4.

#### 4.1.8. OEE del 2015

El OEE considera los tres Factores del OEE y se calcula así:

$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$

El OEE del año 2015 es:

$OEE(2015) = Disponibilidad(2015) \times Rendimiento(2015) \times Calidad(2015)$

$OEE(2015) = 0.7616 \times 0.8107 \times 0.8107$

$OEE(2015) = 0.5005$  o 50.05%

## 4.2. Diseño del sistema de Gestión del mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E

### 4.2.1. Fases del Sistema de Mantenimiento Productivo Total (OEE)

Son:

- 1) Determinar las pérdidas en el 2015. El diagnóstico de la situación actual de la productividad OEE muestra la productividad OEE para la flota de camiones Komatsu 370E y los costos del 2015 que

son más altos que el 2016 lo cual se detalla en el cálculo del OEE del 2015 y 2016 (numeral 4.3.1. y 4.3.10)

- 2) Evaluar las 5 'S' del mantenimiento: Se ha capacitado y evaluado las 5'S que se muestra en el numeral 4.3.3.
- 3) Determinar la criticidad de los equipos, herramientas y repuestos. Ver numeral 4.3.4
- 4) Disminuir tiempo de averías en el 2016. Ver numeral 4.3.10.
- 5) Mejorar en el 2016 el control de la tasa de paros por razones de cambios o reparaciones programadas lo que equivale al mantenimiento preventivo. Ver numeral 4.3.10.
- 6) Mejorar el tiempo de disponibilidad de equipos. Ver numeral 4.3.7.
- 7) Aumentar la productividad de equipos. Ver numeral 4.3.8.
- 8) Reducir los costos de mantenimientos correctivos. Ver 4.3.11.

#### **4.2.2. Las Pérdidas analizadas por el Sistema de Mantenimiento Total - OEE**

Esta filosofía tiene como objetivo eliminar las 6 grandes pérdidas que disminuyen la eficiencia en los procesos productivos.

##### **4.2.2.1. Pérdidas del tiempo por mantenimiento correctivo por averías**

Se considera a las pérdidas de tiempo debido a las paralizaciones por averías correspondiente al mantenimiento correctivo de la flota de camiones Komatsu 730E. Son causadas por la falta de mantenimiento preventivo. Cada camión Komatsu 730E tiene un potencial de trabajo, considerando el tiempo de producción; sin embargo, la producción de la flota de camiones Komatsu 730E se ve afectada por las paradas producto de fallas de los equipos que corresponden a las paradas del camión Komatsu 730E por averías que requieren mantenimiento correctivo, lo que constituye el mayor porcentaje de pérdidas. Son difíciles de eliminar y se deben a la degradación gradual del desempeño por el tiempo de uso o a las propias fallas del camión Komatsu 730E. Como consecuencia afectan a la capacidad de producción y a la calidad de los servicios que brinda la flota de del camiones Komatsu 730E.

##### **4.2.2.2. Pérdidas por paradas de mantenimiento preventivo**

Frente a estas interrupciones, las cuales no estiman tiempos prolongados, corresponde a los mantenimientos programados en corto tiempo es suficiente la intervención de un operario para la continuación del trabajo. Estas pérdidas no se generan por fallas graves de averías.

#### **4.2.2.3. Pérdidas del factor de la velocidad de productividad**

Estos fenómenos son causados por fallas potenciales que no se logran vislumbrar hasta que la falla ocasiona la parada del funcionamiento del ítem. Mientras que ello ocurre la principal manifestación del incidente es la pérdida de velocidad del proceso expresado en factor de velocidad de productividad.

#### **4.2.3. La 5´S del Mantenimiento**

##### **4.2.3.1. Seiri (Organización)**

La primera S del mantenimiento se centra en tener solo lo necesario. Es decir, a través del uso de una Tarjeta Roja, se etiquetan a los equipos para los que se desea determinar la necesidad de presencia dentro los almacenes permanentes. Luego, estos artículos son llevados a un almacén transitorio. Al cabo de un tiempo prefijado, si dichos equipos continúan con aquellas tarjetas, quiere decir que no han sido utilizados.

La finalidad es tener las herramientas necesarias para la operación del puesto de trabajo de mantenimiento. De esta forma, se reducen las necesidades de espacio, stock, almacenamientos, transportes y seguros. Por otro lado, orienta la gestión de abastecimiento de materiales y componentes. A su vez, se da mayor utilidad de las herramientas con las que se cuentan. En la actualidad, suelen almacenar herramientas y componentes inservibles, por lo que la aplicación de esta primera S del mantenimiento convendrá en mejorar aquella mentalidad de conservar aquello que no es útil para el desarrollo de los puestos de trabajo.

##### **4.2.3.2. Seiton (Orden)**

Un vez determinada la lista de los equipos y herramientas necesarias para el desarrollo del puesto de trabajo, se requiere determinar un orden tal que la ubicación de cada una de las partes sea fácil e inmediata. Con ello, se mejora tanto la productividad de las máquinas como de las personas. Entre las actividades que se realizan para el ordenamiento de las herramientas se tiene el pintado de los pisos, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación; el uso de estanterías y gabinetes para los elementos necesarios, el uso de etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo.

##### **4.2.3.3. Seiso (Limpieza)**

El siguiente paso, es la limpieza del área de trabajo, la cual a su vez, también aumenta la productividad de los camiones Komatsu 730E y operarios. La limpieza de las herramientas permite hacer una inspección periódica y detectar aquellos problemas reales o potenciales de la flota de camiones Komatsu 730E, equipos. Es decir, se obtiene información del estado real de los equipos. A su vez, es importante que la limpieza sea desarrollada por el operador de la máquina o equipo. De esta manera, el operador contribuirá en la generación de un ambiente ideal de trabajo.

##### **4.2.3.4. Seiketsu (Estandarización)**

Para afianzar la perduración de los beneficios de la utilización de las 3's anteriores descritas es necesario estandarizar las actividades del puesto de trabajo. Estandarizar supone el desarrollo de las mejores prácticas para la realización de una tarea, tal que se asegure el cumplimiento de las condiciones de operación, y por lo tanto, se obtengan los resultados esperados. Con ello se evita reincidir en las fallas anteriormente descritas.

#### **4.2.3.5. Shitsuke (Disciplina)**

La última S apoya a la implementación de las anteriores; sin embargo, es la más difícil. La disciplina ayuda a que los operarios mantengan el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior. De lo que no se trata es de vigilar todo el tiempo a los operarios para tener la certeza de que están desarrollando las actividades correctas. En vez de eso, es el operario quien se acostumbra y compromete en realizarlas de acuerdo a lo establecido. El problema es que pasado un tiempo no se cumple lo pactado y se reanuda las viejas prácticas. Por lo tanto, para mantener las mejoras antes desarrolladas, es necesaria la formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha.

#### **4.2.4. Criticidad de los equipos, herramientas y repuestos**

Esta es una metodología que permite establecer una jerarquía en las prioridades de los ítems, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones al momento de centrar los esfuerzos y recursos en donde sea más importante y necesario mejorar la confiabilidad operacional. El grado de importancia lo determinan los operarios de producción, el personal de mantenimiento y la gerencia de la organización. Desde el punto de vista matemático, la criticidad se puede expresar como:

$$\text{Criticidad} = \text{Frecuencia} * \text{Consecuencia}$$

La frecuencia está determinada por el número de veces que ocurre una falla, y la consecuencia está determinada por el impacto que ocasiona en los siguientes puntos:

- \* Seguridad Ocupacional
  
- \* Impacto Ambiental
  
- \* Producción
  
- \* Costos (operacionales y de mantenimiento)
  
- \* Tiempo para reparar

\* Frecuencia de Falla

Estos criterios recibirán una ponderación y puntaje para cada ítem, mediante el cual realizando un ordenamiento descendente se permitirá obtener una lista jerarquizada, la cual se puede clasificar en tres tipos:

- ✓ Criticidad 1: Es cuando la falla del equipo interrumpe el proceso. Considerado el equipo que no debe fallar, por la importancia que tiene dentro de la empresa. La importancia se desprende de tres aspectos principales: en los costos de oportunidad de la producción no generada y los costos directos de reparación; en los daños físicos que puede sufrir el personal producto de las fallas de los equipos y en el grado afectación del medio ambiente.
- ✓ Criticidad 2: Su parada no detiene el proceso. Esto se debe a que la solución de la falla toma poco tiempo y no requiere de mayores costos de reparación.
- ✓ Criticidad 3: No interfiere en el proceso productivo. Por lo tanto, se realiza menor seguimiento de estos equipos en comparación con los anteriores descritos.

Por consiguiente, el almacén estará formado básicamente por aquellos equipos que sean de criticidad 1, y en menor medida de aquellos que tiene criticidad 2 y 3.

#### **4.2.5. Disminuir los tiempos de averías**

$$PA (2015) = TA (2015) / TPP (2015)$$

$$PA (2015) = \text{Tasa de paros por averías año 2015}$$

$$TA (2015) = \text{Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo (2015).}$$

$$TPP (2015) = \text{Tiempo de producción programado (2015)}$$

#### **4.2.6. Mejorar la tasa de mantenimiento preventivo**

$$POC (2015) = TOC (2015) / TPP (2015)$$

$$POC (2015) = \text{tasa de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo año 2015}$$

$$TOC (2015) = \text{Tiempo de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo de la flota de 15 camiones Komatsu 730E.}$$

$$TPP = \text{Tiempo de producción programado.}$$

#### **4.2.7. Cálculo de la Disponibilidad en función a la tasa de paros**

$$\text{Disponibilidad: } D = 1 - POC - PA$$

PA: Tasa de paros por averías

POC: Tasa de paros por mantenimiento preventivo de organización y/o cambios

#### **4.2.8. Costo de mantenimiento**

Se toma en cuenta los costos de mantenimiento por averías o lo que equivale al mantenimiento correctivo (CMC) y el costo del mantenimiento preventivo (CMP) que representa a los mantenimientos por cambios programados o por mantenimientos organizados de reparación preventivos. La fórmula es:

$$CM = CMC + CMP$$

CM = Costo de mantenimiento

CMC = Costo de mantenimiento correctivo

CMP = Costo de mantenimiento preventivo

#### **4.3. Implementación del sistema de mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E**

##### **4.3.1. Fases de la implementación del Sistema de Gestión del Mantenimiento Productivo Total (OEE)**

Son:

1. Determinar las pérdidas en el 2015
2. Evaluar las 5 'S' del mantenimiento
3. Determinar la criticidad de los equipos, herramientas y repuestos
4. Disminuir tiempo de averías en el 2016
5. Mejorar en el 2016 el control de la tasa de paros por razones de cambios o reparaciones programadas lo que equivale al mantenimiento preventivo.
6. Mejorar el tiempo de disponibilidad de equipos
7. Aumentar la productividad de equipos
8. Reducir los costos de mantenimientos correctivos

##### **4.3.2. Determinar las pérdidas para el 2015 analizadas por el Sistema de Mantenimiento Total - OEE**

Esta filosofía tiene como objetivo eliminar las 3 grandes pérdidas que disminuyen la eficiencia en los procesos productivos. Se trabaja con la data del 2015 y del 2016 que se muestra en la tabla 5.6.

#### 4.3.2.1. Determinar las pérdidas del 2015 del tiempo por mantenimiento correctivo por averías

Se considera a las pérdidas de tiempo debido a las paralizaciones por averías correspondiente al mantenimiento correctivo de la flota de camiones Komatsu 730E. Son causadas por la falta de mantenimiento preventivo. Cada camión Komatsu 730E tiene un potencial de trabajo, considerando el tiempo de producción; sin embargo, la producción de la flota de camiones Komatsu 730E se ve afectada por las paradas producto de fallas de los equipos que corresponden a las paradas del camión Komatsu 730E por averías que requieren mantenimiento correctivo, lo que constituye el mayor porcentaje de pérdidas. Son difíciles de eliminar y se deben a la degradación gradual del desempeño por el tiempo de uso o a las propias fallas del camión Komatsu 730E. Como consecuencia afectan a la capacidad de producción y a la calidad de los servicios que brinda la flota de del camiones Komatsu 730E.

Tabla N° 4.3: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015

2015 MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA
ENERO	248.0	36
FEBRERO	155.1	25
MARZO	70.9	19
ABRIL	91.5	24
MAYO	65.2	10
JUNIO	132.4	18
JULIO	147.3	28
AGOSTO	125.6	28
SEPTIEMBRE	24.9	18
OCTUBRE	127.5	24
NOVIEMBRE	150.3	35
DICIEMBRE	242.1	38
Total	1580.6	302

Fuente: Área de mantenimiento de la minera Volcán Shungar SA

La tabla 4.3 muestra la data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015 en el que se observa que en el 2015 hubo 1580.6 horas de parada de mantenimiento correctivo y en el 2016 fueron 302 habiendo disminuido significativamente en 1,278.6 .

Nota: tiempo de avería (TA)

PA (2015) = Tasa de paros por averías año 2015

TA (2015) =Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo (2015).

TPP (2015): Tiempo de producción programado año 2015

PA (2015) = TA (2015) / TPP (2015)

TPP (2015) = Tiempo de producción programado (2015)

PA (2015) = 1580.6 / 8350.2= 0.1893 o 18.93% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E

#### 4.3.2.2. Determinar las pérdidas del 2015 por paradas de mantenimiento preventivo

Frente a estas interrupciones, las cuales no estiman tiempos prolongados, corresponde a los mantenimientos programados en corto tiempo es suficiente la intervención de un operario para la continuación del trabajo. Estas pérdidas no se generan por fallas graves de averías.

Tabla N° 4.4: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015

2015 MES	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	35.0	2
FEBRERO	35.1	5
MARZO	36.5	4
ABRIL	37.0	5
MAYO	45.6	2
JUNIO	25.7	4
JULIO	38.0	12
AGOSTO	36.9	2
SEPTIEMBRE	37.5	10
OCTUBRE	36.9	7
NOVIEMBRE	35.6	4
DICIEMBRE	44.8	4
Total	409.8	58

Fuente: Data del área de mantenimiento

Nota: tiempo de organización y cambios equivale al mantenimiento preventivo (TOC)



En la tabla 4.4 se muestra la data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 y se ha calculado el total de mantenimiento preventivo en horas siendo el total de 409.8 en el 2015 y 58 horas en el 2016 habiendo disminuido significativamente.

$$POC (2015) = TOC (2015) / TPP (2015)$$

POC (2015) = tasa de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo año 2015

TOC (2015) = Tiempo de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo de la flota de 15 camiones Komatsu 730E.

TPP = Tiempo de producción programado.

$POC = TOC / TPP = 409.8 / 8350.2 = 0.04907$  o 4.9% es la tasa de paros por mantenimiento programado en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E

#### **4.3.2.3. Determinar las Pérdidas en el 2015 del factor de la velocidad de productividad**

Estos fenómenos son causados por fallas potenciales que no se logran vislumbrar hasta que la falla ocasiona la parada del funcionamiento del ítem. Mientras que ello ocurre la principal manifestación del incidente es la pérdida de velocidad del proceso expresado en factor de velocidad de productividad. Se calcula la velocidad de productividad de los años 2015.

TPP = Tiempo de producción programado de transporte de carga

TPP = 8350.2 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR = Tiempo de producción real de transporte de carga

$TPR = 365 \text{ días/año} * 24 \text{ horas/día} - TA - TOC$

$TPR = 8,760 \text{ horas / año} - 1580.6 \text{ horas de averías} - 409.8 \text{ horas de mantenimiento programado}$

TPR = 6,769.6 horas programadas en el 2015

$$V = P = TPR / TPP$$

Donde:

V es la velocidad (V) de producción o Productividad (P)

$$V = P = 6769.6 / 8350.2$$

$V = P = 0.8107$  o 81.07% de velocidad de producción

La velocidad de producción o productividad de la flota de 15 camiones Komatsu 370E fue de 81.07% en el año 2015 en la minera Volcán Shungar S.A.

#### **4.3.3. Capacitación y evaluación de las 5'S del Mantenimiento**

Se capacitaron y evaluaron al jefe y técnicos de mantenimiento que son 22 y los 45 operadores de los 15 camiones en donde 15 operadores trabajan en el turno día y 15 operadores trabajan de turno noche y 15 operadores se encuentran de días libre. La empresa Minera Volcán Shungar S.A. labora en un sistema de trabajo 14 por 7. Se capacitó en la herramienta 5'S mediante un taller. La evaluación de las 5'S se hizo a través de una encuesta aplicada al personal de mantenimiento de camiones Komatsu 730E que son según la muestra son 7 operadores más 7 técnicos de mantenimiento y el jefe del área de mantenimiento siendo la muestra total de 15 trabajadores de la minera Volcán Shungar S.A. Cada pregunta tiene una escala de respuestas posibles:

- 1: En desacuerdo
- 2: parcialmente en desacuerdo
- 3: Regular o término medio
- 4: Parcialmente de acuerdo
- 5: De acuerdo

Tanto en la capacitación como en la evaluación se tomó en cuenta:

##### **4.3.3.1. Seiri (Organización)**

La primera S del mantenimiento se centra en tener solo lo necesario. Es decir, a través del uso de una Tarjeta Roja, se etiquetan a los equipos para los que se desea determinar la necesidad de presencia dentro los almacenes permanentes. Luego, estos artículos son llevados a un almacén transitorio. Al cabo de un tiempo prefijado, si dichos equipos continúan con aquellas tarjetas, quiere decir que no han sido utilizados.

La finalidad es tener las herramientas necesarias para la operación del puesto de trabajo de mantenimiento. De esta forma, se reducen las necesidades de espacio, stock, almacenamientos, transportes y seguros. Por otro lado, orienta la gestión de abastecimiento de materiales y componentes. A su vez, se da mayor utilidad de las herramientas con las que se cuentan. En la actualidad, suelen almacenar herramientas y componentes inservibles, por lo que la aplicación de esta primera S del mantenimiento convendrá en mejorar aquella mentalidad de conservar aquello que no es útil para el desarrollo de los puestos de trabajo.

Las preguntas para evaluar la organización son:

P1: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimiento a realizar?

P2: ¿Las herramientas para el mantenimiento a realizar están en buenas condiciones?

P3: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?

P4: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y que nunca lo ha utilizado en los mantenimientos de dichos camiones?

Se aplicó la encuesta antes de capacitar en las 5'S de la Gestión de Mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A. Los resultados se muestran en la Tabla 4.5.

Tabla 4.5. Preguntas de la encuesta aplicada a la primera 'S' del mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P1: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimiento a realizar?			3	1	1
P2: ¿Las herramientas para el mantenimiento a realizar están en buenas condiciones?	3	2			
P3: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?	5				
P4: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y que nunca ha utilizado en los mantenimientos de dichos camiones?			1	1	3

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

Tabla 4.6. Preguntas de la encuesta aplicada a la primera 'S' del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P1: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimiento a realizar?				2	3
P2: ¿Las herramientas para el mantenimiento a realizar están en buenas condiciones?				1	4
P3: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?					5
P4: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y que nunca ha utilizado en los mantenimientos de dichos camiones?	3	2			

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

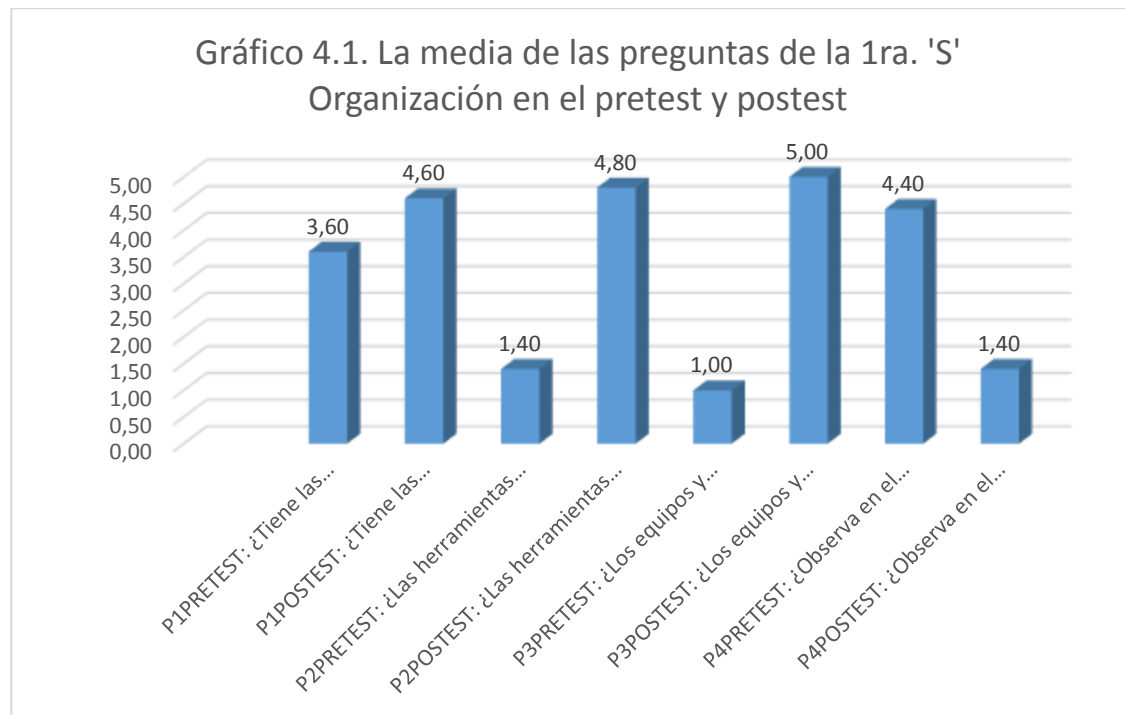
La estadística descriptiva de los 4 ítems en el pre test o antes de la implementación del OEE y en el pos test o después de la implementación del OEE se procesó usando el SPSS V23 y se tiene:

IMPLEMENTACIÓN DE OEE PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD  
DE LA FLOTA DE CAMIONES KOMATSU 730E EN LA MINERA VOLCÁN  
SHUNGAR S.A.

Tabla 4.7. Estadística descriptiva de la primera 'S' ORGANIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.

<b>Estadísticos</b>									
		P1PRETEST: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimient o a realizar?	P1POSTEST: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimient o a realizar?	P2PRETEST: ¿Las herramientas para el mantenimient o a realizar están en buenas condiciones?	P2POSTEST: ¿Las herramientas para el mantenimient o a realizar están en buenas condiciones?	P3PRETEST: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?	P3POSTEST: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?	P4PRETEST: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimient o de los camiones Komatsu 730E y que nunca ha utilizado en los mantenimient os de dichos camiones?	P4POSTEST: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimient o de los camiones Komatsu 730E y que nunca ha utilizado en los mantenimient os de dichos camiones?
N	Válido	5	5	5	5	5	5	5	5
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		3,60	4,60	1,40	4,80	1,00	5,00	4,40	1,40
Desviación estándar		,894	,548	,548	,447	,000	,000	,894	,548

Fuente: La data de la encuesta



Fuente: Tabla 4.7 procesado a nivel de las medias

La tabla N 4.7 y el gráfico 4.1 muestra la estadística descriptiva de la primera 'S' ORGANIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento, se ha calculado la media que fluctúa entre los valores del 1 al 5 y se ha calculado la desviación estándar de cada media.

#### 4.3.3.2. Seiton (Orden)

Un vez determinada la lista de los equipos y herramientas necesarias para el desarrollo del puesto de trabajo, se requiere determinar un orden tal que la ubicación de cada una de las partes sea fácil e inmediata. Con ello, se mejora la productividad de los camiones Komatsu 730E. Entre las actividades que se realizan en el almacén de repuestos y de herramientas.

Para el ordenamiento de las herramientas se tiene el pintado de los pisos, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación; el uso de estanterías y gabinetes para los elementos necesarios, el uso de etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo.

Las preguntas para evaluar el ORDEN, antes (pre test) y después (pos test) de la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento fueron:

P5: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?

P6: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?

P7: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?

P8: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?

Se aplicó la encuesta antes de capacitar en las 5'S de la Gestión de Mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la mina Volcán Shungar S.A. Los resultados se muestran en la Tabla 9.9.

Tabla 4.8. Preguntas de la encuesta aplicada a la segunda 'S' ORDEN del mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P5: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?		3	2		
P6: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?	5				
P7: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?			3	2	
P8: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?		2	3		

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

Tabla 4.9. Preguntas de la encuesta aplicada a la segunda 'S' del mantenimiento después (pos test) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P5: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?				1	4
P6: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?				1	4
P7: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?					5
P8: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?				1	4

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

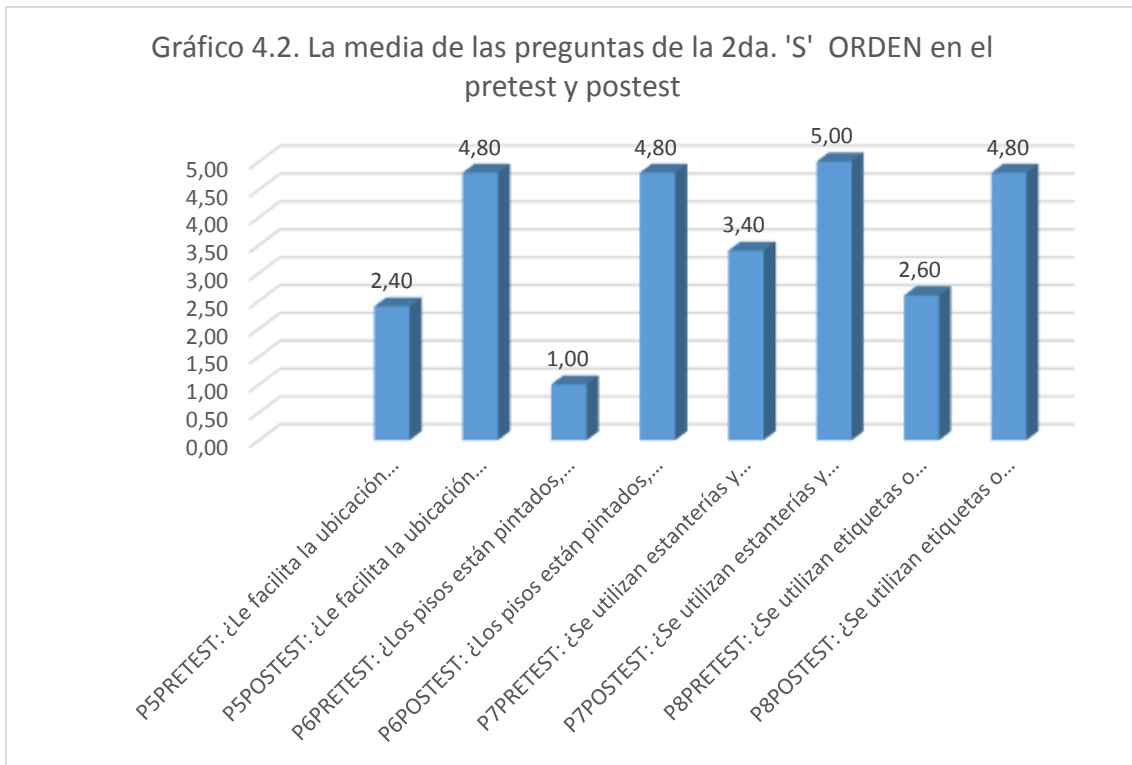
Según la tabla 4.8 y tabla 4.9 se muestra la estadística descriptiva para la segunda 'S' ORDEN de los 4 ítems en el pre test o antes de la implementación del OEE y en el pos test o después de la implementación del OEE se procesó usando el SPSS V23

Tabla 4.10. Estadística descriptiva para la segunda 'S' ORDEN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.

**Estadísticos**

	P5PRETEST: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento o?	P5POSTEST: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento o?	P6PRETEST: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?	P6POSTEST: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?	P7PRETEST: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento o?	P7POSTEST: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento o?	P8PRETEST: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?	P8POSTEST: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?
N	Válido 5 Perdidos 0	5 0	5 0	5 0	5 0	5 0	5 0	5 0
Media	2,40	4,80	1,00	4,80	3,40	5,00	2,60	4,80
Desviación estándar	,548	,447	,000	,447	,548	,000	,548	,447

Fuente: La data de la encuesta



Fuente: Tabla 4.10 para los valores de la media

La tabla N 4.10 y el gráfico 4.2 muestra la estadística descriptiva de la segunda 'S' ORDEN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento, se ha calculado la media que fluctúa entre los valores del 1 al 5 y se ha calculado la desviación estándar de cada media

#### 4.3.3.3. Seiso (Limpieza)

El siguiente paso, es la limpieza del área de trabajo, la cual a su vez, también aumenta la productividad de los camiones Komatsu 730E y operarios. La limpieza de las herramientas permite hacer una inspección periódica y detectar aquellos problemas reales o potenciales de la flota de camiones Komatsu 730E, equipos. Es decir, se obtiene información del estado real de los equipos. A su vez, es importante que la limpieza sea desarrollada por el operador responsable del mantenimiento y además el operador del camión Komatsu 730E debe ser responsable de la limpieza de su cabina. De esta manera, el operador contribuirá en la generación de un ambiente ideal de trabajo.

Las preguntas para evaluar la LIMPIEZA, antes (pre test) y después (pos test) de la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento fueron:

P9: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?

P10: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?



P11: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento?

P12: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento?

Se aplicó la encuesta antes de capacitar en las 5'S de la Gestión de Mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la mina Volcán Shungar S.A. Los resultados se muestran en la Tabla 5.11.

Tabla 4.11. Preguntas de la encuesta aplicada a la tercera 'S' LIMPIEZA del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P9: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?		2	3		
P10: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?		5			
P11: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento?	1	4			
P12: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento?			5		

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

Tabla 4.12. Preguntas de la encuesta aplicada a la tercera 'S' LIMPIEZA del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P9: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?					5
P10: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?				1	4
P11: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento?				2	3
P12: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento?					5

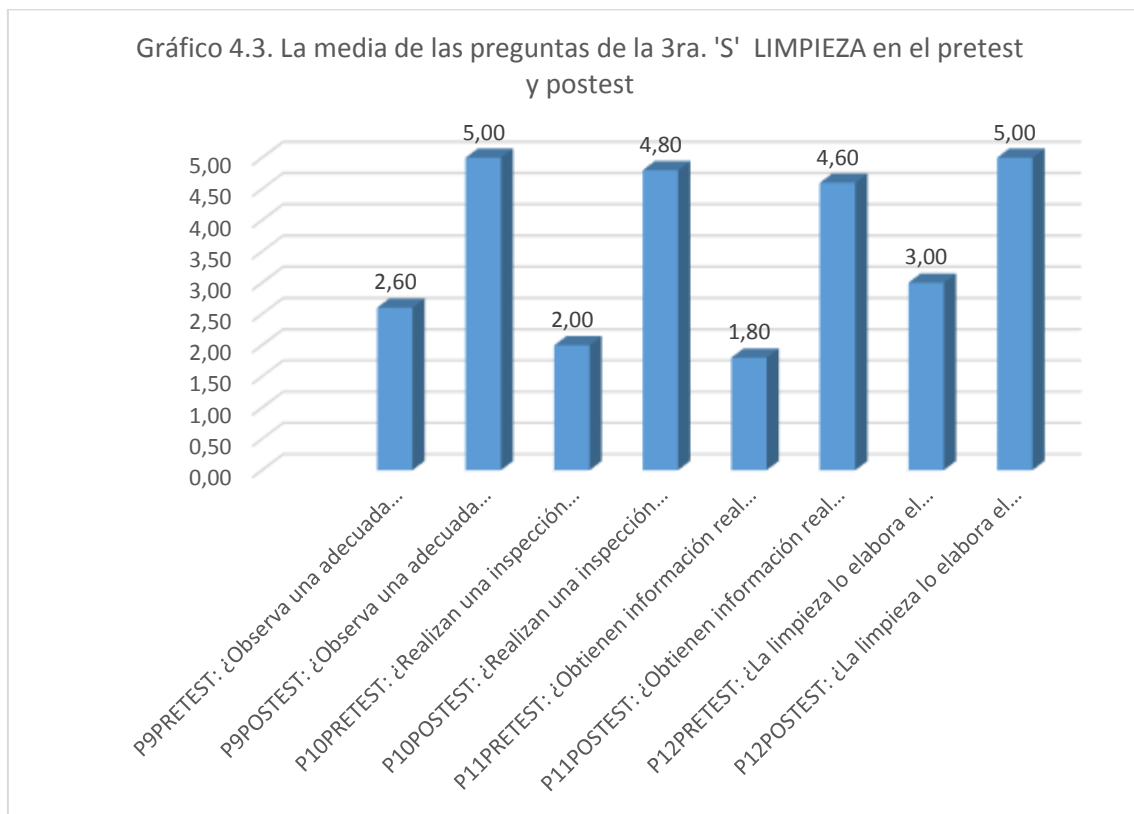
Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

La estadística descriptiva para la tercera 'S' LIMPIEZA de los 4 ítems en el pre test o antes de la implementación del OEE y en el pos test o después de la implementación del OEE se procesó usando el SPSS V23 y se tiene:

Tabla 4.13. Estadística descriptiva para la tercera 'S' LIMPIEZA antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.

Estadísticos									
		P9PRETEST: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento o a nivel de herramientas y equipos?	P9POSTEST: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento o a nivel de herramientas y equipos?	P10PRETEST: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento o?	P10POSTEST: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento o?	P11PRETEST: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento o?	P11POSTEST: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento o?	P12PRETEST: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento o?	P12POSTEST: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento o?
N	Válido	5	5	5	5	5	5	5	5
	Perdidos	0	0	0	0	0	0	0	0
Media		2,60	5,00	2,00	4,80	1,80	4,60	3,00	5,00
Desviación estándar		,548	,000	,000	,447	,447	,548	,000	,000

Fuente: La data de la encuesta



La tabla N 5.13 y el gráfico 4.3 muestra la estadística descriptiva de la tercera 'S' LIMPIEZA antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento, se ha calculado la media que fluctúa entre los valores del 1.8 al 5 y se ha calculado la desviación estándar de cada media

#### 4.3.3.4. Seiketsu (Estandarización)

Para afianzar la perduración de los beneficios de la utilización de las 3's anteriores descritas es necesario estandarizar las actividades del puesto de trabajo. Estandarizar supone el desarrollo de las mejores prácticas para la realización de una tarea, tal que se asegure el cumplimiento de las condiciones de operación, y por lo tanto, se obtengan los resultados esperados. Con ello se evita reincidir en las fallas anteriormente descritas.

Las preguntas para evaluar la ESTANDARIZACIÓN, antes (pre test) y después (pos test) de la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento fueron:

P13: ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?

P14: ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?

Se aplicó la encuesta antes de capacitar en las 5'S de la Gestión de Mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la mina Volcán Shungar S.A. Los resultados se muestran en la Tabla 3.13.

Tabla 4.14. Preguntas de la encuesta aplicada a la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores de dicha área.

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P13: ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	5				
P14: ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?	3	2			

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

Tabla 4.15. Preguntas de la encuesta aplicada a la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P13: ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?				2	3
P14: ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?				3	2

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

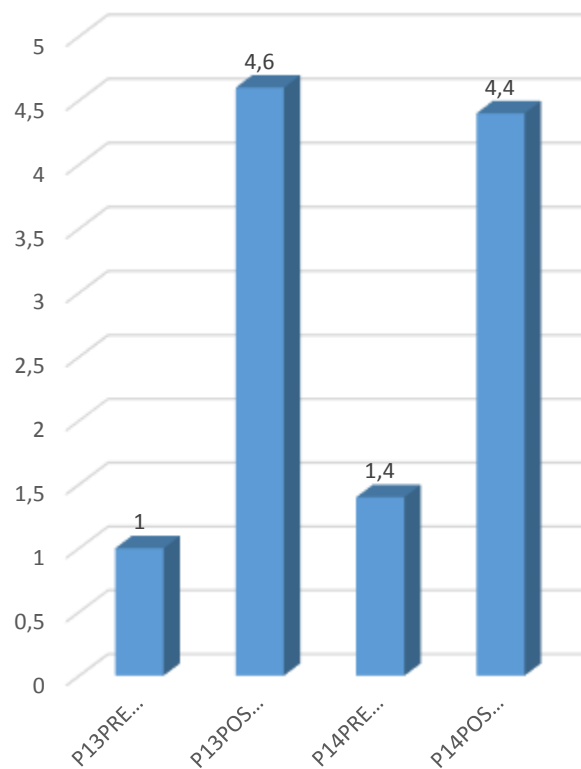
La estadística descriptiva para la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN de los 2 ítems en el pre test o antes de la implementación del OEE y en el pos test o después de la implementación del OEE se procesó usando el SPSS V23 y se tiene:

Tabla 4.16. Estadística descriptiva para la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.

	P13PRETEST : ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	P13POSTEST : ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	P14PRETEST: ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento ?	P14POSTEST : ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento ?
N	Válido 5	5	5	5
	Perdidos 0	0	0	0
Media	1,00	4,60	1,40	4,40
Desviación estándar	,000	,548	,548	,548

Fuente: La data de la encuesta

Gráfico 4.4. La media de las preguntas de la 4ta. 'S' ESTANDARIZACIÓN en el pretest y postest



La tabla N 4.16 y el gráfico 4.4 muestra la estadística descriptiva de la cuarta 'S' ESTANDARIZACIÓN antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento, se ha calculado la media que fluctúa entre los valores del 1 al 4.6 y se ha calculado la desviación estándar de cada media

#### 4.3.3.5. Shitsuke (Disciplina)

La última S apoya a la implementación de las anteriores; sin embargo, es la más difícil. La disciplina ayuda a que los operarios mantengan el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior. De lo que no se trata es de vigilar todo el tiempo a los operarios para tener la certeza de que están desarrollando las actividades correctas. En vez de eso, es el operario quien se acostumbra y compromete en realizarlas de acuerdo a lo establecido. El problema es que pasado un tiempo no se cumple lo pactado y se reanuda las viejas prácticas. Por lo tanto, para mantener las mejoras antes desarrolladas, es necesaria la formación y concientización

de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha.

Las preguntas para evaluar la DISCIPLINA, antes (pre test) y después (pos test) de la aplicación del sistema de gestión de mantenimiento fueron:

P15: ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?

P16: ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha, dentro del área de trabajo del mantenimiento?

Se aplicó la encuesta antes de capacitar en las 5'S de la Gestión de Mantenimiento de camiones Komatsu 730E de la mina Volcán Shungar S.A. Los resultados se muestran en la Tabla 5.16.

Tabla 4.17. Preguntas de la encuesta aplicada a la quinta 'S' DISCIPLINA del área de mantenimiento antes (pretest) de la capacitación a los 5 trabajadores de dicha área.

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P15: ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?			3	2	
P16: ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha, dentro del área de trabajo del mantenimiento?	3	2			

Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

Tabla 4.18 Preguntas de la encuesta aplicada a la quinta 'S' DISCIPLINA del mantenimiento después (postest) de la capacitación a los 5 trabajadores del área de mantenimiento

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
P15: ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	4	1			
P16: ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha, dentro del área de trabajo del mantenimiento?				2	3

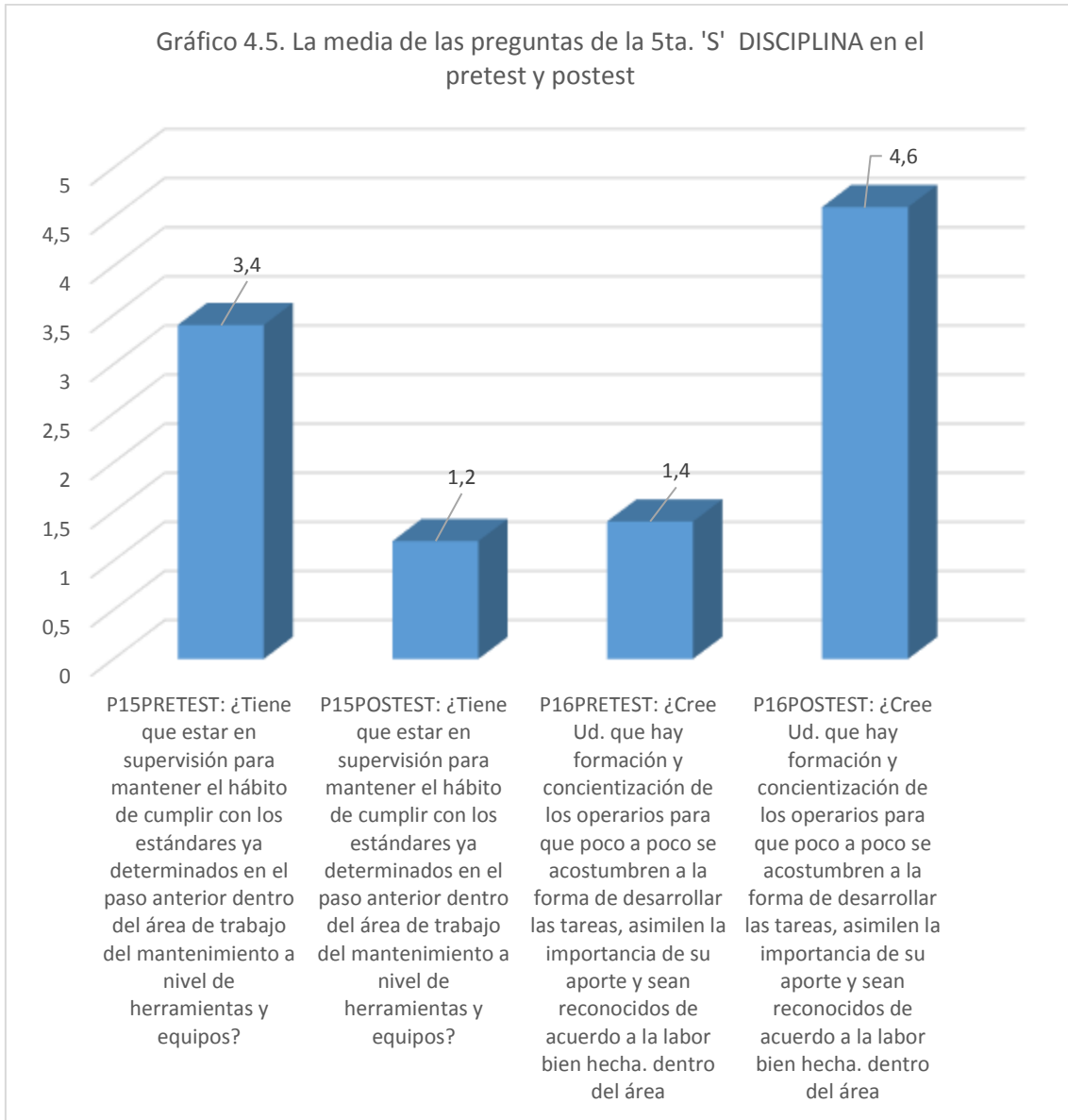
Fuente: Encuesta aplicada a los trabajadores del área de mantenimiento

La estadística descriptiva para la quinta 'S' DISCIPLINA de los 2 ítems en el pre test o antes de la implementación del OEE y en el pos test o después de la implementación del OEE se procesó usando el SPSS V23 y se tiene:

Tabla 4.19. Estadística descriptiva para la quinta 'S' DISCIPLINA antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento.

		P15PRETEST : ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	P15POSTEST : ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?	P16PRETEST: ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha. dentro del área	P16POSTEST : ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha. dentro del área
N	Válido	5	5	5	5
	Perdidos	0	0	0	0
Media		3,40	1,20	1,40	4,60
Desviación estándar		,548	,447	,548	,548

Fuente: Data de la encuesta



Fuente: Tabla 4.19 solo en las medias

La tabla N 4.19 y el gráfico 4.5 muestra la estadística descriptiva de la quinta 'S' DISCIPLINA antes y después de la capacitación en Gestión de Mantenimiento, se ha calculado la media que fluctúa entre los valores del 1.2 al 4.6 y se ha calculado la desviación estándar de cada media

#### 4.3.4. Determinar la Criticidad de los equipos, herramientas y repuestos

Esta es una metodología que permite establecer una jerarquía en las prioridades de los ítems, con la finalidad de facilitar la toma de decisiones al momento de centrar los esfuerzos y recursos en donde sea más importante y necesario mejorar la confiabilidad operacional. El grado de importancia lo determinan los operarios de producción, el personal de mantenimiento y la gerencia de la organización. Desde el punto de vista matemático, la criticidad se puede expresar como:

Criticidad = Frecuencia de paradas correctivas \* Consecuencia



La fórmula de criticidad se aplica para los años 2015 y 2016:

Criticidad (2015) = Frecuencia de paradas correctivas (2015) \* Consecuencia (2015)

Criticidad (2016) = Frecuencia de paradas correctivas (2016) \* Consecuencia (2016)

La frecuencia está determinada por el número de veces que ocurre una falla, Según la tabla 5.6 el número de paradas correctivas por averías en el año 2015 fueron de 302 paradas que equivale a la frecuencia de paradas en dicho año. Para el año 2016 la frecuencia de paradas fue de 113.

La consecuencia está determinada por el impacto que ocasiona en las siguientes variables:

\* Seguridad Ocupacional (SO)

\* Impacto Ambiental (IA)

\* Producción de mantenimiento (PM)

\* Costos operacionales de mantenimiento (COM)

\* Tiempo para reparar (TR)

\* Frecuencia de Falla (FF)

Estos criterios recibirán una ponderación y puntaje para cada ítem, mediante el cual realizando un ordenamiento descendente se permitirá obtener una lista jerarquizada, la cual se puede clasificar en tres tipos:

- ✓ Criticidad 1: Es cuando la falla del equipo interrumpe el proceso. Considerado el equipo que no debe fallar, por la importancia que tiene dentro de la empresa. La importancia se desprende de tres aspectos principales: en los costos de oportunidad de la producción no generada y los costos directos de reparación; en los daños físicos que puede sufrir el personal producto de las fallas de los equipos y en el grado afectación del medio ambiente.
- ✓ Criticidad 2: Su parada no detiene el proceso. Esto se debe a que la solución de la falla toma poco tiempo y no requiere de mayores costos de reparación.
- ✓ Criticidad 3: No interfiere en el proceso productivo. Por lo tanto, se realiza menor seguimiento de estos equipos en comparación con los anteriores descritos.

Se elaboró la tabla 4.20 de consecuencias para el año 2015 Y 2016 en base a las variables definidas resultando la tabla:

Tabla 4.20: Matriz de consecuencias para el año 2015:

	SO	IA	PM	COM	TR	FF	TOTAL
CRITICIDAD 1	1		1	1	1	1	5
CRITICIDAD 2		1					1
CRITICIDAD 3							0

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.20, se muestra la matriz de consecuencia para el año 2015 en el cual existen tres criticidades correspondientes a las filas y en las columnas se muestran la seguridad ocupacional (SO), impacto ambiental (IA), producción del mantenimiento (PM), costos operacionales de mantenimiento (COM), tiempo para reparar (TR), frecuencia de falla (FF). La criticidad 1 alcanzó un valor de 5, la criticidad 2 alcanzó un valor de 1 y la criticidad 3 alcanzó un valor de 0.

Tabla 4.21: Matriz de consecuencias para el año 2016:

	SO	IA	PM	COM	TR	FF	TOTAL
CRITICIDAD 1	1					1	2
CRITICIDAD 2		1	1	1	1		4
CRITICIDAD 3							0

Fuente: Elaboración propia

Según la tabla 4.21, se muestra la matriz de consecuencia para el año 2016 en el cual existen tres criticidades correspondientes a las filas y en las columnas se muestran la seguridad ocupacional (SO), impacto ambiental (IA), producción del mantenimiento (PM), costos operacionales de mantenimiento (COM), tiempo para reparar (TR), frecuencia de falla (FF). La criticidad 1 alcanzó un valor de 2, la criticidad 2 alcanzó un valor de 4 y la criticidad 3 alcanzó un valor de 0

$$\text{Criticidad (2015)} = 302 \text{ paradas} * 5 = 1510$$

$$\text{Criticidad (2016)} = 113 \text{ paradas} * 2 = 226$$

Existe menor criticidad en el 2016 con respecto al 2015 en función a la criticidad 1 que es la criticidad más alta.

#### 4.3.5. Disminuir los tiempos de averías

Tabla N° 4.22: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015 y 2016

MES	2015		2016	
	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TA (horas)	NRO PARADAS TA
ENERO	248.0	36	68.88	10
FEBRERO	155.1	25	73.83	12
MARZO	70.9	19	29.55	8
ABRIL	91.5	24	38.11	10
MAYO	65.2	10	27.17	4
JUNIO	132.4	18	51.49	7
JULIO	147.3	28	58.69	11
AGOSTO	125.6	28	45.52	10
SEPTIEMBRE	24.9	18	8.29	6
OCTUBRE	127.5	24	47.80	9
NOVIEMBRE	150.3	35	51.81	12
DICIEMBRE (proyectado para el 2016)	242.1	38	88.28	14
Total	1580.6	302	589.41	113

Nota: tiempo de avería (TA)

En la tabla 4.22 se muestra el tiempo promedio de paradas de mantenimiento correctivo del 2015 y 2016 observándose que existe menores horas de mantenimiento correctivo en el 2016 con respecto al 2015 y además existe menor frecuencia de paradas de mantenimiento correctivo en el 2016 en relación al 2015. Se disminuyó los tiempos de averías con la Implementación del Sistema de Mantenimiento Productivo total OEE, según se observa en puntos 4.3.

$$PA (2015) = TA (2015) / TPP (2015)$$

$$PA (2015) = \text{Tasa de paros por averías año 2015}$$

$$TA (2015) = \text{Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo (2015).}$$

$$TPP (2015) = \text{Tiempo de producción programado (2015)}$$

$$PA (2015) = 1580.6 / 8350.2 = 0.1893 \text{ o } 18.93\% \text{ es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E}$$

$$PA (2016) = TA (2016) / TPP (2016)$$

PA (2016) = Tasa de paros por averías año 2016

TA (2016) =Tiempo de paros por averías equivale al mantenimiento correctivo (2016).

TPP (2016) = Tiempo de producción programado (2016)

PA (2016) =  $589.41 / (365 * 24 - 742) = 0.07351$  o 7.35% es la tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo en el 2016 como promedio de un camión Komatsu 730E.

En el 2016 el PA fue de 7.35% mientras que el 2015 el PA fue de 18.93% por lo tanto la tasa de averías por mantenimiento correctivo se redujo significativamente en 11.58%

#### 4.3.6. Mejorar la tasa de mantenimiento preventivo

Tabla N° 4.23: Data de tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015 y 2016, para ello no hubo incremento de personal de mantenimiento, se capacito al personal.

MES	2015		2016	
	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	35.0	2	58.4	4
FEBRERO	35.1	5	58.58	8
MARZO	36.5	4	60.88	6
ABRIL	37.0	5	61.66	8
MAYO	45.6	2	76.06	4
JUNIO	25.7	4	42.84	6
JULIO	38.0	12	63.32	20
AGOSTO	36.9	2	61.58	4
SEPTIEMBRE	37.5	10	62.56	16
OCTUBRE	36.9	7	61.44	12
NOVIEMBRE	35.6	4	59.4	6
DICIEMBRE (proyectado para el 2016)	44.8	4	74.74	6
Total	409.8	58	742	100

Nota: tiempo de organización y cambios equivale al mantenimiento preventivo (TOC)

En la tabla 4.23 se muestra el tiempo promedio de paradas de mantenimiento preventivo del 2015 y 2016 observándose que existe mayores horas de mantenimiento preventivo en el 2016 con respecto al 2015 y además existe mayor frecuencia de paradas de mantenimiento preventivo en el

2016 en relación al 2015. Esto se debe a que se han aumentado las horas de mantenimiento preventivo para reducir las horas del mantenimiento correctivo y al final reducir los costos.

$$POC (2015) = TOC (2015) / TPP (2015)$$

POC (2015) = tasa de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo año 2015

TOC (2015) = Tiempo de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo de la flota de 15 camiones Komatsu 730E.

TPP = Tiempo de producción programado.

$POC = TOC / TPP = 409.8 / 8350.2 = 0.04907$  o 4.9% es la tasa de paros por mantenimiento programado en el 2015 como promedio de los 15 camiones Komatsu 730E

$$POC(2016) = TOC(2016) / TPP(2016)$$

POC (2016) = tasa de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo año 2016

TOC (2016) = Tiempo de paros por razones organizativas y de cambio equivale al mantenimiento preventivo en el año 2016 de la flota de 15 camiones Komatsu 730E.

TPP (2016) = Tiempo de producción programado.

$POC (2016) = TOC (2016) / TPP = 742 / (365 * 24 - 742) = 0.0925$  o 9.25% es la tasa de paros por mantenimiento programado en el 2016 como promedio de un camión Komatsu 730E

#### 4.3.7. Cálculo de la Disponibilidad del OEE

$$\text{Disponibilidad: } D (2015) = 1 - POC (2105) - PA (2015)$$

PA: Tasa de paros por averías

POC: Tasa de paros por mantenimiento preventivo de organización y/o cambios

$$D (2015) = 1 - 0.04907 - 0.1893$$

$D (2015) = 0.7616$  o 76.16% de disponibilidad de los camiones Komatsu 730E en el 2015.

$$\text{Disponibilidad: } D (2016) = 1 - POC (2106) - PA (2016)$$

$D (2016) = 1 - 0.0925 - 0.0735 = 0.884$  o 88.4% lo demuestra una mejora de la disponibilidad.

En el año 2016 se obtuvo 88.4% de disponibilidad mientras que en año 2015 se obtuvo 76.16% siendo la mejora en la disponibilidad en 12.24% la disponibilidad de la flota de camiones Komatsu 370E.

#### 4.3.8. Cálculo del rendimiento o velocidad de producción del OEE

Se calcula la velocidad de producción o rendimiento de los años 2015. Se tiene:

$$R (2015) = TPR (2015) / TPP (2015)$$

Donde:

TPP (2015) = Tiempo de producción programado de transporte de carga en el año 2015

TPP (2015) = 8350.2 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR (2015) = Tiempo de producción real de transporte de carga en el año 2015.

TPR (2015) = 365 días/año \* 24 horas/día – TA (2015) – TOC (2015)

TPR (2015) = 8,760 horas / año – 1580.6 horas de averías – 409.8 horas de mantenimiento programado

TPR (2015) = 6,769.6 horas programadas en el 2015

R (2015) = TPR (2015) / TPP (2015)

R (2015) = 6,769.6 / 8350.2

R (2015) = 0.8107 o 81.07% de velocidad de producción o rendimiento

TPP (2016) = Tiempo de producción programado de transporte de carga en el año 2016

TPP (2016) = (365 \* 24) – 742 = 8018 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR (2016) = Tiempo de producción real de transporte de carga en el año 2016.

TPR (2016) = 365 días/año \* 24 horas/día – TA (2016) – TOC(2016)

TPR (2016) = 8,760 horas / año – 589.41 horas de averías – 742 horas de mantenimiento programado

TPR (2016) = 7,428.59 horas programadas en el 2016

R (2016) = TPR (2016) / TPP (2016)

R (2016) = 7,428.59 / 8018

R (2016) = 0.9265 o 92.65% de velocidad de producción o rendimiento

El factor de velocidad de producción o rendimiento en el año 2015 fue de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% y se mejoró en 11.58% la productividad en la minera Volcán Shungar SA.

#### **4.3.9. Cálculo de la calidad del OEE del 2015 y 2016**

*La calidad del OEE se calcula en función del mantenimiento correctivo, es decir, a menor mantenimiento correctivo aumenta la calidad del OEE y a mayor mantenimiento correctivo disminuye la calidad*

Calidad:  $C (2015) = 1 - PA (2015)$

PA: Tasa de paros por averías o mantenimiento correctivo

$$C (2015) = 1 - 0.1893$$

$C (2015) = 0.8107$  o 81.07% de calidad del OEE de los camiones Komatsu 730E en el 2015.

Calidad:  $C (2016) = 1 - PA (2016)$

$C (2016) = 1 - 0.0735 = 0.9265$  o 92.65% lo demuestra una mejora de la calidad del OEE.

En el año 2015 se obtuvo 81.07% de calidad del OEE mientras que en año 2016 se obtuvo 92.65% siendo la mejora en la calidad en 11.58% la calidad de la flota de camiones Komatsu 370E.

#### 4.3.10. Cálculo del OEE del 2015 y 2016

El OEE considera los tres Factores del OEE y se calcula así:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

El OEE del año 2015 es:

$$\text{OEE} (2015) = \text{Disponibilidad} (2015) \times \text{Rendimiento} (2015) \times \text{Calidad} (2015)$$

$$\text{OEE} (2015) = 0.7616 * 0.8107 * 0.8107$$

$$\text{OEE} (2015) = 0.5005 \text{ o } 50.05\%$$

El OEE del año 2016 es:

$$\text{OEE} (2016) = \text{Disponibilidad} (2016) \times \text{Rendimiento} (2016) \times \text{Calidad} (2016)$$

$$\text{OEE} (2016) = 0.884 * 0.9265 * 0.9265$$

$$\text{OEE} (2016) = 0.7588 \text{ o } 75.88\%$$

El incremento del OEE en el 2016 fue de 25.83% con respecto al OEE del 2015.

#### 4.3.11. Costo de mantenimiento

Se toma en cuenta los costos de mantenimiento por averías o lo que equivale al mantenimiento correctivo (CMC) y el costo del mantenimiento preventivo (CMP) que representa a los mantenimientos por cambios programados o por mantenimientos organizados de reparación preventivos. La fórmula es:

$$CM = CMC + CMP$$

CM = Costo de mantenimiento

CMC = Costo de mantenimiento correctivo

CMP = Costo de mantenimiento preventivo

Tabla N° 4.24: Data de costos de mantenimiento preventivo y correctivo año 2015 y 2016

MES	2015		2016	
	Costo parada TA (S/.)	Costo parada TOC (S/.)	Costo parada TA (S/.)	Costo parada TOC (S/.)
ENERO	83,372.6	5558.2	37309.2385	8337.3
FEBRERO	49,669.1	9460.8	22226.9223	14191.2
MARZO	50,097.6	9393.3	22418.676	14089.95
ABRIL	84,122.7	16824.5	37644.9083	25236.75
MAYO	41,449.1	10362.3	18548.4723	15543.45
JUNIO	55,314.7	11062.9	24753.3283	16594.35
JULIO	78,211.9	34005.2	34999.8253	51007.8
AGOSTO	77,748.7	6760.8	34792.5433	10141.2
SEPTIEMBRE	54,116.7	28862.2	24217.2233	43293.3
OCTUBRE	75,680.8	22704.2	33867.158	34056.3
NOVIEMBRE	108,106.1	11183.4	48377.4798	16775.1
DICIEMBRE	134,169.3	12578.4	60040.7618	18867.6
Total	892,059.3	176,995.9	399,196.6	265,493.9
Total de mantenimiento	1'069,055.2		664,690.5	

Fuente: Data del área de mantenimiento.

En la tabla 4.24 se muestra los costos por paradas de mantenimiento correctivo del 2015 y 2016 observándose que existe menor costo de mantenimiento correctivo en el 2016 con respecto al 2015 y en el 2016 se obtuvo S/. 664,690.5 en relación al 2015 que fue S/. 1,069,055.2. El ahorro fue de S/. 404,364.7.

$$CM (2015) = CMP (2015) + CMC (2015)$$

$$CM (2015) = S/.1,069,055.20$$

$$CM (2016) = CMP (2016) + CMC (2016)$$

$$CM (2016) = S/. 664,690.387$$

Se redujo S/. 404,364.81 en función de ambos mantenimientos

La tasa de reducción fue de:  $(S/. 664,690.387 / S/.1,069,055.20) * 100\% = 62\%$

El mantenimiento correctivo se redujo en S/. 492,862.76

#### 4.4. Determinar la diferencia de la productividad, desde la perspectiva de los resultados obtenidos.

Se calcula la velocidad de productividad de los años 2015.



TPP (2015) = Tiempo de producción programado de transporte de carga en el año 2015

TPP (2015) = 8350.2 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR (2015) = Tiempo de producción real de transporte de carga en el año 2015.

TPR (2015) = 365 días/año \* 24 horas/día – TA (2015) – TOC(2015)

TPR = 8,760 horas / año – 1580.6 horas de averías – 409.8 horas de mantenimiento programado

TPR = 6,769.6 horas programadas en el 2015

$V = P = TPR / TPP$

Donde:

V es la velocidad (V) de producción o Productividad (P)

$V = P = 6769.6 / 8350.2$

$V = P = 0.8107$  o 81.07% de velocidad de producción

La velocidad de producción o productividad de la flota de 15 camiones Komatsu 370E fue de 81.07% en el año 2015 en la minera Volcán Shungar S.A.

TPP (2016) = Tiempo de producción programado de transporte de carga en el año 2016

TPP (2016) = (365 \* 24) – 742 = 8018 horas / año de tiempo de producción programado.

TPR (2016) = Tiempo de producción real de transporte de carga en el año 2016.

TPR (2016) = 365 días/año \* 24 horas/día – TA (2016) – TOC (2016)

TPR (2016) = 8,760 horas / año – 589.41 horas de averías – 742 horas de mantenimiento programado

TPR (2016) = 7,428.59 horas programadas en el 2016

$V (2016) = P (2016) = TPR (2016) / TPP (2016)$

$V (2016) = P (2016) = 7,428.59 / 8018$

$V (2016) = P (2016) = 0.9265$  o 92.65% de velocidad de producción

El factor de velocidad de productividad en el año 2015 fue de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65%

#### 4.5. Contrastación de Hipótesis

El análisis y contrastación de la hipótesis debe realizarse mediante los métodos de diferencia de promedios, con los cuales podremos aceptar o rechazar la hipótesis propuesta.

Para ello hemos determinado 2 indicadores para las variables Sistema de Gestión de mantenimiento y Productividad:

- 1) Número de paradas de mantenimiento correctivo por averías
- 2) Número de paradas de mantenimiento preventivo por organización o cambios

Tabla 4.25 Número de paradas correctivas del 2015 y 2016

MES	NRO PARADAS por averías 2015	NRO PARADAS por averías 2016	Diferencia	Diferencia^2
ENERO	36	10	26	676
FEBRERO	25	12	13	169
MARZO	19	8	11	121
ABRIL	24	10	14	196
MAYO	10	4	6	36
JUNIO	18	7	11	121
JULIO	28	11	17	289
AGOSTO	28	10	18	324
SEPTIEMBRE	18	6	12	144
OCTUBRE	24	9	15	225
NOVIEMBRE	35	12	23	529
DICIEMBRE	38	14	24	576
Total	302	113	190	3406
Promedio	25.3	9.4	15.8	283.8
Desv. Estandar	8.36	2.81	6.01	204.33

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 4.25 se muestran los números de paradas correctivas del 2015 y 2016 siendo el total de paradas del año 2015 de 302 paradas correctivas mientras que en el 2016 se muestra 113 paradas correctivas habiendo disminuido en 189 paradas correctivas que es el beneficio obtenido en el 2016 gracias a la implementación del OEE con las 5'S.

Promedio de paradas correctivas por averías del 2015:

$$X = \frac{\sum Xi}{n} = \frac{252}{12} = 21$$

$$X = 302 / 12 = 25.3$$

Promedio de paradas correctivas por averías del 2016:

$$X = 113 / 12 = 9.4$$

#### 4.5.1. Prueba de Hipótesis

##### a) Definición de variables

Número de paradas correctivas por averías del año 2015

Número de paradas correctivas por averías del año 2016

##### b) Hipótesis estadística

Hipótesis  $H_0$ : El número de paradas correctivas por averías del año 2016 es mayor que del año 2015

$H_0: NPC(2015) - NPC(2016) \leq 0$

**Hipótesis  $H_a$** : El número de paradas correctivas por averías del año 2016 es menor que del año 2015

$H_a: NPC(2016) - NPC(2015) < 0$

##### c) Nivel de significancia

El nivel de significancia ( $\alpha$ ) escogido para la prueba de la hipótesis es del 5%. Siendo  $\alpha = 0.05$  (nivel de significancia) y  $n - 1 = 12 - 1 = 11$  grados de libertad, se tiene el valor crítico de T de Student (Ver tabla T Student en el Anexo 1):

Valor Crítico:  $t_{(1-\alpha)(n-1)} = t_{(1-0,05)(12-1)} = 1,796$

Como  $\alpha = 0.05$  y  $n - 1 = 12 - 1 = 11$  grados de libertad, la región de rechazo consiste en aquellos valores de  $t$  mayores que  $t_{0,05} = 1,796$

##### a) Resultados de la hipótesis estadística

**Diferencia promedio:**

$$D(2015) = (\sum D) / n = 302 / 12 = 25.3$$

**Desviación estándar:**

$$S = \frac{n \sum D^2 - (\sum D)^2}{n(n-1)} = \frac{12(1853) - (139)^2}{12(12-1)}$$

$$S = \frac{12(3406) - (190)^2}{12(12-1)}$$

$$S = 36.15$$

**Cálculo de T:**

$$t = \frac{D\sqrt{n}}{\sqrt{S}}$$

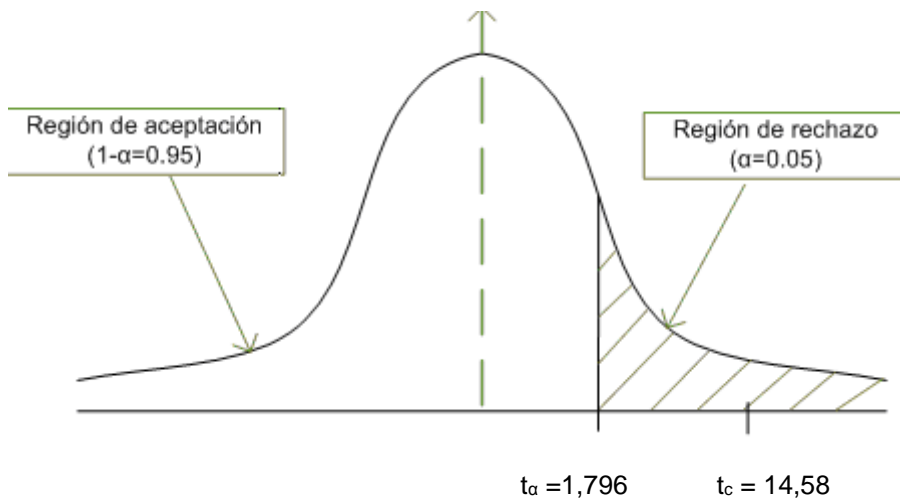
$$t = \frac{25.3\sqrt{12}}{\sqrt{36.15}}$$

$$t = 14.58$$

**Conclusión:**

Puesto que:  $t_c = 14,58$  (t calculado)  $>$   $t_\alpha = 1,796$  (tabular), estando este valor dentro de la región de rechazo, se concluye que  $NPC(2015) - NPC(2016) > 0$ , se rechaza  $H_0$  y  $H_a$  es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis con un nivel de error de 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y se acepta

**Hipótesis  $H_a$ :** El número de paradas correctivas por averías del año 2016 es menor que del año 2015



## **CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN**

### **5.1. Discusión referente al diagnóstico la situación actual de la productividad de la flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera en el 2015.**

El Indicador rendimiento (R) para el año 2015 expresado en toneladas del volumen de transporte programado por día de un camión Komatsu 730E: fue 15,149.5TM /día, mientras que el Volumen de Producción Real (VPR) que está expresado en función al volumen de transporte real por día de un camión Komatsu 730E fue de 9,039.37 TM /día. El rendimiento (R) se determina en función del volumen de producción real (VPR) entre el volumen de producción programado (VPP) resultando 0.597 o 59.7%. Se discute que dicho porcentaje refleja un indicador de rendimiento muy debajo del 92% que es el porcentaje definido por la minera Volcán Shungar para el 2015.

### **5.2. Discusión del diseño del sistema de Gestión del mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E**

El diseño se ha orientado en función al tipo de mantenimiento preventivo y correctivo que se realiza en los camiones Komatsu 730E que operan en la minera Volcán Shungar. Consta de ocho fases o procedimientos para su aplicación. Primero se determinan para el año base que en este caso es el año 2015, las pérdidas de tiempo del mantenimiento correctivo por las averías que paraliza al camión, las pérdidas del mantenimiento preventivo y el cálculo de la tasa de productividad que a su vez está en función de los tiempos de mantenimiento.

La fase II aplica las 5 'S' del mantenimiento a nivel de organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina. Se aplica una encuesta al personal de mantenimiento para conocer en qué nivel se encuentra cada una de las 5 'S'.

La fase III determina la criticidad de los equipos, herramientas y reparaciones mediante una fórmula que está en función de las frecuencia de fallas por las consecuencias que a su vez está en relación a la seguridad ocupacional, al impacto ambiental, a la producción del mantenimiento, al costo operacional del mantenimiento, al tiempo de reparación y a la frecuencia de fallas. A mayor frecuencia de fallas y mayor consecuencia entonces será mayor la criticidad.

La fase IV disminuye el tiempo de avería. La fase V mejora la tasa de mantenimiento preventivo. La fase VI mejora la disponibilidad. La fase VII mejora la productividad. La fase VIII mejora el costo de mantenimiento.

### **5.3. Discusión referente la implementación del sistema de gestión de mantenimiento productivo total para la flota de camiones Komatsu 730E.**

Se observa que la tasa de averías para el 2015 fue de 18.93% mientras que para el 2016 fue de 7.35% lo cual demuestra que se ha reducido la tasa de averías en 11.58%. La tasa de

mantenimiento preventivo para el 2015 fue de 4.9 % mientras que para el 2016 fue de 9.25% observándose que la tasa de mantenimiento preventivo ha aumentado con la finalidad de reducir la tasa de averías. La velocidad de producción fue de 81.07% para el 2015 mientras que para el 2016 aumentó la velocidad de producción a 92,65% lo cual se observa que ha aumentado significativamente la velocidad de producción del 2015 al 2016 en 11.58%.

Para las 5 'S' se aplicó una encuesta a los 5 trabajadores del área de mantenimiento, la cual tuvo la siguiente estructura: para la organización, para orden y limpieza fueron 4 preguntas para cada 'S', para estandarización y disciplina fueron 2 preguntas para cada 'S'. La encuesta se aplicó antes de implementar el sistema de gestión del mantenimiento que corresponde al pre test y luego de la capacitación sobre el nuevo sistema de gestión del mantenimiento se volvió a aplicar la encuesta lo que corresponde al pos test.

Para la primera 'S' Organización según la tabla 3.9 se determinó en el pre test la media de 2.6 resultado de  $(3.6 + 1.4 + 1 + 4.4) / 4$  y en el pos test la media de 3.95 resultado de  $(4.6 + 4.8 + 5 + 1.4) / 4$  siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

Para la segunda 'S' Organización según la tabla 3.12 se determinó en el pre test la media de 2.35 resultado de  $(2.4 + 1 + 3.4 + 2.6) / 4$  y en el pos test la media de 4.85 resultado de  $(4.8 + 4.8 + 5 + 4.8) / 4$  siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

Para la tercera 'S' LIMPIEZA según la tabla 3.15 se determinó en el pre test la media de 2.35 resultado de  $(2.6 + 2 + 1.8 + 3) / 4$  y en el pos test la media de 4.85 resultado de  $(5 + 4.8 + 4.6 + 5) / 4$  siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

Para la cuarta 'S' Estandarización según la tabla 3.18 se determinó en el pre test la media de 1.2 resultado de  $(1 + 1.4) / 2$  y en el pos test la media de 4.5 resultado de  $(4.6 + 4.4) / 2$  siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

Para la quinta 'S' Disciplina según la tabla 3.21 se determinó en el pre test la media de 2.4 resultado de  $(3.4 + 1.4) / 2$  y en el pos test la media de 2.9 resultado de  $(1.2 + 4.6) / 2$  siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

#### 5.4. Discusión referente a la criticidad

Para la criticidad se tiene la criticidad para el 2015 fue de 1260 mientras que la criticidad del 2016 fue de 226 lo cual se demuestra que ha disminuido significativamente.

#### 5.5. Discusión referente a la disminución de los tiempos de avería

Los tiempos de averías en el 2015 fue del tiempo de avería en el 2016 fue de 589 horas habiendo disminuido significativamente en el 2016 con respecto al 2015.

#### 5.6. Discusión referente a la mejora de la tasa de mantenimiento preventivo

La tasa del mantenimiento preventivo fue de 4.55% en el 2015 mientras que la tasa de mantenimiento preventivo fue de 9.25% observándose una mejora significativa.

#### 5.7. Discusión referente a la Disponibilidad en función a la tasa de paros

Se observa que la disponibilidad del año 2015 fue de 79.3% de disponibilidad de los camiones Komatsu 730E, mientras que la Disponibilidad del año 2016 fue de 88.4% lo que demuestra una mejora de la disponibilidad.

#### 5.8. Discusión referente a la productividad

El factor de velocidad de productividad en el año 2015 fue de 86.65% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% observándose un incremento significativo.

#### 5.9 Discusión referente al costo de mantenimiento.

Según la tabla 3.26 el costo de mantenimiento en el año 2015 fue de S/.1,069,055.20, mientras que el costo de mantenimiento del año 2016 fue de S/. 664,690.387 lo cual se demuestra que se redujo en S/. 404,364.81 en función de ambos mantenimientos tanto preventivo como correctivo. La tasa de reducción fue de 62% y el mantenimiento correctivo se redujo en S/. 492,862.76 en el año 2016.

#### 5.10. Comparación de los resultados con otras investigaciones

La presente investigación tiene similitud a nivel del diagnóstico con la investigación de (ESCAMILLA LÓPEZ, y otros, 2011) titulada: “Estudio De Productividad Del Equipo De Carga En Una Mina De Mineral De Fierro A Cielo Abierto” en una mina de mineral de fierro a cielo Abierto ubicada en el municipio de Aquila, Michoacán. Los resultados obtenidos muestran que el equipo de carga tiene en promedio una utilización neta de 4.27 horas y una productividad de 673 tph (toneladas por hora) por turno de trabajo; que resultan bajas respecto a los indicadores meta de la empresa.

Por otra parte se realizó una investigación en el país de Colombia a cargo de los estudiantes (CASILIMAS MACIAS, y otros, 2012) que lleva por título: “Implementación Del Sistema De Indicadores De Productividad Y Mejoramiento OEE (Overall Effectiveness Equipment) En La Línea Tubería En Corpacero S.A” Al realizar la implementación se encontraron resultados del OEE variables que van desde el 19.3% hasta el 78.4%, que indican las diferentes tecnologías y métodos utilizados en el proceso, esta apreciación se ratifica con las características de los equipos, ya que se tienen máquinas con más de cincuenta años funcionando

En el Perú también se realizó una investigación por parte del estudiante (BALDEON QUISPE, 2011) que lleva como título: “Gestión En Las Operaciones De Transporte Y Acarreo Para El Incremento De La Productividad En Cía. Minera Condestable S.A.”. Inicialmente se analizaran los factores que afectan positiva y negativamente la productividad de la operación de acarreo y transporte (línea base), los métodos de trabajo, y los sistemas de control (en caso se cuente con los mismos o si sería necesario una implementación), a este análisis

De la misma manera el estudiante (RICALDI ARZAPALO, 2013) realizó una investigación en la ciudad de Lima titulada: "Propuesta Para La Mejora De La Disponibilidad De Los Camiones De Una Empresa De Transportes De Carga Pesada, Mediante El Diseño De Un Sistema De Gestión De Mantenimiento" llegando a las siguientes conclusiones: El objetivo de la tesis es minimizar las demoras de los tiempos de transporte de caña de azúcar mediante el desarrollo de una propuesta de Gestión de Mantenimiento que mejore la disponibilidad de los camiones, lo que a su vez, permita realizar mayor número de viajes y, por ende, mejore tanto los ingresos de la empresa de transportes como la percepción que tiene el cliente sobre el servicio brindado. , pues la principal causa que genera las demoras en los tiempos de transporte se da a raíz de los desperfectos mecánicos que presentan los camiones, por el bajo rendimiento del área de Mantenimiento.

#### 5.11. Discusión referente a la contrastación de la hipótesis

Puesto que:  $t_c = 15,48$  (t calculado)  $> t_{\alpha} = 1,79$  (tabular), estando este valor dentro de la región de rechazo, se concluye que el número de paradas correctivas NPC(2015)- **NPC(2016)**  $> 0$ , se rechaza  $H_0$  y  $H_a$  es aceptada, por lo tanto se prueba la validez de la hipótesis con un nivel de error de 5% ( $\alpha = 0.05$ ) y se acepta la **Hipótesis**: Si se diseña e implementa el sistema de gestión de mantenimiento entonces se aumenta la productividad de la flota de camiones Komatsu 730E en el 2016.

El aumento de la productividad está en función a la disminución del número de paradas correctivas lo cual ha sido demostrado en el numeral 3.5



## CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

### 6.1. Conclusión con respecto al objetivo general

El objetivo general “Determinar el porcentaje de incremento de productividad de la flota de camiones Komatsu 730E de la minera Volcán Shungar S.A. al implementar OEE en el 2016” , en el 2015 la productividad OEE fue de 50.05% mientras que en el 2016 la productividad OEE fue de 75.88% siendo la diferencia de 25.83% que equivale al incremento de la productividad de la flota de camiones en el 2016 con referencia al 2015.

### 6.2. Diagnosticar la situación actual de la productividad de la flotas de camiones Komatsu 730E de la Minera Volcán Shungar S.A. en el 2015.

Según el numeral 5.1.1, el rendimiento de producción real para el 2015 fue de 9,039.4 TM / día promedio de producción real por camión Komatsu 730E en el 2015. El rendimiento programado nominal (RPN) fue de  $RPN = (200 \text{ TM} * 0.92 * 24 \text{ horas} / \text{día}) / 0.269 \text{ horas}$  que equivale a 15,149TM / día

### 6.3. Se concluye por el objetivo específico 2: Diseño e implementación del sistema de mantenimiento Productivo Total (OEE) para la flota de camiones Komatsu 730E

Se diseñó el sistema de gestión del mantenimiento productivo total que está constituido por 8 fases las cuales son:

Fase 1: Determinar las pérdidas en el 2015

Fase 2: Evaluar las 5 ‘S’ del mantenimiento

Fase 3: Determinar la criticidad de los equipos, herramientas y repuestos

Fase 4: Disminuir tiempo de averías en el 2016

Fase 5: Mejorar en el 2016 el control de la tasa de paros por razones de cambios o reparaciones programadas lo que equivale al mantenimiento preventivo.

Fase 6: Mejorar el tiempo de disponibilidad de equipos

Fase 7: Aumentar la productividad de equipos

Fase 8: Reducir los costos de mantenimientos correctivos

En la implementación se ha reducido la tasa de averías o mantenimiento correctivo en 11.58% es decir, en el 2015 fue de 18.93% mientras que para el 2016 fue de 7.35%. La tasa de mantenimiento preventivo para el 2015 fue de 4.9 % mientras que para el 2016 fue de 9.25% observándose que la tasa de mantenimiento preventivo ha aumentado ligeramente en 4.35% con la finalidad de reducir la tasa de averías del mantenimiento correctivo.

El factor de velocidad de productividad en el año 2015 fue de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% y se mejoró en 11.58% la productividad en la minera Volcán Shungar SA.

Para las 5 'S' se aplicó una encuesta a los 5 trabajadores del área de mantenimiento antes y después de la implementación de la gestión de mantenimiento productivo total.

Para la primera 'S' Organización según la tabla 3.9 se determinó en el pre test la media de 2.6 que equivale al 52% y en el pos test la media fue de 3.95 que equivale a 79% existiendo una mejora de 27% en el pos test con respecto al pre test.

Para la segunda 'S' Organización según la tabla 3.12 se determinó en el pre test la media de 2.35 que equivale a 47% y en el pos test la media de 4.85 que equivale a 97%, existiendo una mejora del 50% en el pos test con respecto al pre test.

Para la tercera 'S' LIMPIEZA según la tabla 3.15 se determinó en el pre test la media de 2.35 que equivale a 47% y en el pos test la media de 4.85 que corresponde a 97% siendo el valor del pos test mejor que el pre test en 50%.

Para la cuarta 'S' Estandarización según la tabla 3.18 se determinó en el pre test la media de 1.2 que equivale a 24% y en el pos test la media de 4.5 que equivale a 90% siendo el valor del pos test mejor que el pre test.

Para la quinta 'S' Disciplina según la tabla 3.21 se determinó en el pre test la media de 2.4 que equivale a 48% y en el pos test la media de 2.9 que equivale a 59% el valor del pos test es mejor que el pre test en 11%

6.4. Para la criticidad se concluye que para el 2015 fue de 1260 mientras que la criticidad del 2016 fue de 226 lo cual se demuestra que ha disminuido significativamente siendo la disminución de la criticidad en 1034 y esto es debido a la aplicación de la gestión del mantenimiento realizado en el 2016.

6.5. Se concluye referente a la disminución de los tiempos de avería

Los tiempos de averías en el 2015 fue de 1580.6 horas acumuladas y el tiempo de avería en el 2016 fue de 589 horas habiendo disminuido significativamente en el 2016 con respecto al 2015 en 728 horas.

6.6. Se concluye referente a la mejora de la tasa de mantenimiento preventivo

Se concluye que la mejora de la tasa del mantenimiento preventivo fue de 4.9% en el 2015 mientras que para el 2016 fue de 9.25% observándose una mejora significativa de 4.35% en el 2016 ya que al aumentar el mantenimiento preventivo se reduce el mantenimiento correctivo.

6.7. Se concluye referente a la disponibilidad del OEE

La disponibilidad del OEE que está en función a la tasa de paros y se observa que la disponibilidad mejoró en 12.24%, es decir que el año 2015 fue de 76.16% de disponibilidad de los

camiones Komatsu 730E, mientras que la Disponibilidad del año 2016 fue de 88.4% lo que demuestra una mejora significativa de la disponibilidad del OEE.

#### 6.8. Se concluye referente al rendimiento del OEE o la productividad

Hubo un incremento del 11.58% del factor de rendimiento del OEE o velocidad de productividad en el año 2016 con respecto al 2015 siendo para el año 2015 de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% observándose un incremento significativo.

#### 6.9 Se concluye referente a la calidad del OEE

Hubo un incremento del 11.58% del factor de calidad del OEE en el año 2016 con respecto al 2015 siendo para el año 2015 de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% observándose un incremento significativo.

#### 6.10 Se concluye referente al factor OEE

Hubo un incremento del 25.83% del factor del OEE en el año 2016 con respecto al 2015 siendo para el año 2015 de 50.05% mientras que en el año 2016 fue de 75.88% observándose un incremento significativo.

#### 6.11. Se concluye referente al costo de mantenimiento

Se concluye referente al costo de mantenimiento que la tasa de reducción fue de 62% y el mantenimiento correctivo se redujo en S/. 492,862.76 en el año 2016 con respecto al 2015.

#### 6.12. Se concluye por el objetivo específico 3: Determinar la diferencia de la productividad, desde la perspectiva de los resultados obtenidos.

El factor de velocidad de productividad en el año 2015 fue de 81.07% mientras que en el año 2016 fue de 92.65% mejorándose la productividad en 11.58%.

## CAPÍTULO 7. RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al jefe de mantenimiento aumentar el rendimiento de producción real para el 2017 a 14,500 TM / día promedio de producción real por camión Komatsu 730E tomando en cuenta el rendimiento programado nominal (RPN) que equivale a 16,416.4 TM / día.
2. Se sugiere al gerente de mantenimiento de la minera Volcán Shungar ejecutar anualmente una capacitación de mejora continua del sistema de gestión de mantenimiento productivo total (OEE) con la finalidad de retroalimentar las competencias requeridas al personal de mantenimiento.
3. Se sugiere al gerente de mantenimiento de la minera Volcán Shungar que evalúe periódicamente las 5 'S' del mantenimiento para mejorar la organización, el orden, la limpieza, y la disciplina buscando la meta de estandarizar los procesos de mantenimiento preventivo y correctivo.
4. Se sugiere evaluar el número de mantenimiento preventivo que sea necesario para poder minimizar los mantenimientos correctivos a la meta de tener no más de un mantenimiento correctivo al mes. Para lo cual se debe tener mayor número de capacitaciones al personal de mantenimiento.
5. Se recomienda al gerente de mantenimiento dar la meta de alcanzar una productividad del 97% para el 2017 superando la actual productividad del 92.65% que se alcanzó en el año 2016. Es posible alcanzar dicha meta si se monitorea y controla adecuadamente los mantenimientos preventivos con la finalidad de disminuir los mantenimientos correctivos.

## REFERENCIAS

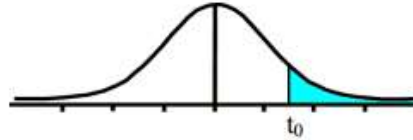
1. Bueno, J. (2015). *Cuatro grandes factores que afectan la Productividad*. Recuperado en Septiembre de 2016, de <http://wudatime.com/es/productividad/4-grandes-factores-que-afectan-la-productividad/>
2. CASILIMAS MACIAS, C., & POVEDA QUINTERO, R. (5 de SEPTIEMBRE de 2012). *IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y*. Recuperado el AGOSTO de 2016, de <http://www.udistrital.edu.co:8080/documents/138588/3157626/IMPLEMENTACION+OEE.pdf>
3. ALONZO GONZÁLEZ, H. (OCTUBRE de 2009). *UNA HERRAMIENTA DE MEJORA, EL OEE (EFECTIVIDAD GLOBAL DEL EQUIPO)*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de <http://www.eumed.net/ce/2009b/>
4. ARREDONDO, A. (s.f.). *CONCEPTO DE FALLA*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de <https://es.scribd.com/doc/72016291/CONCEPTO-DE-FALLA>
5. BALDEON QUISPE, Z. (OCTUBRE de 2011). *GESTION EN LAS OPERACIONES DE TRANSPORTE Y ACARREO PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN CIA. MINERA CONDESTABLE S.A.* Recuperado el AGOSTO de 2016, de <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/897>
6. BUSINESS SOLUTIONS CONSULTING GROUP. (s.f.). *QUE ES PRODUCTIVIDAD*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de [www.bscgla.com/04.%20Educacion/00010.%20Productividad/Productividad.pdf](http://www.bscgla.com/04.%20Educacion/00010.%20Productividad/Productividad.pdf)
7. COLLANTES BOHORQUEZ, J. (s.f.). *UNA PODEROSA HERRAMIENTA PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DEL MANTENIMIENTO*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de [www.mantenimientomundial.com/foro/cl/2005/jaime.pdf](http://www.mantenimientomundial.com/foro/cl/2005/jaime.pdf)
8. DIAZ PRIETO. (1995). *Concepto y origen de los yacimientos minerales*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de GLOSARIO DE TERMINOS MINEROS: <http://www.uclm.es/users/higueras/yymm/YM1.html#To1Bib>
9. EL DICCIONARIO DE LA REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. (2012). *DEFINICION DE PRODUCTIVIDAD*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de <http://definicion.de/productividad/>
10. ESCAMILLA LÓPEZ, M., MEZA JIMÉNEZ, J., & LLAMAS CABELLO, R. (DICIEMBRE de 2011). *ESTUDIO DE PRODUCTIVIDAD DEL EQUIPO DE CARGA EN UNA MINA DE*

- MINERAL DE FIERRO A CIELO ABIERTO*. Recuperado el AGOSTO de 2016, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829874>
11. GIRONDELLA MORA, L. (SEPTIEMBRE de 2013). *QUE SON UTILIDADES EMPRESARIALES*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de <http://contrapeso.info/2013/que-son-utilidades-empresariales/>
  12. García (2016). *Las seis grandes pérdidas que busca eliminar el mantenimiento productivo total*. Recuperado en agosto del 2011, de <http://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2016/05/las-6-grandes-perdidas-que-busca-eliminar-el-mantenimiento-productivo-total/>
  13. IBARRA BARRIENTOS, A. P. (DICIEMBRE de 2009). *AUMENTO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA MÁQUINA CRIMPADORA AUTOMÁTICA KOMAX. GAMMA 333PC EN EL ÁREA DE CORTE*. Recuperado el MARZO de 2016, de [http://biblioteca.itson.mx/dac\\_new/tesis/436\\_ibarra\\_alan.pdf](http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/436_ibarra_alan.pdf)
  14. RICALDI ARZAPALO, M. (JULIO de 2013). *PROPUESTA PARA LA MEJORA DE LA DISPONIBILIDAD DE LOS CAMIONES DE UNA EMPRESA DE TRANSPORTES DE CARGA PESADA, MEDIANTE EL DISEÑO DE UN SISTEMA DE GESTIÓN DE MANTENIMIENTO*. Recuperado el AGOSTO de 2016, de [http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/315015/2/ricaldi\\_am-pub-tesis.pdf](http://repositorioacademico.upc.edu.pe/upc/bitstream/10757/315015/2/ricaldi_am-pub-tesis.pdf)
  15. RIVAS, D. (ENERO de 2015). *HABLEMOS DE EFICIENCIA*. Recuperado el SEPTIEMBRE de 2016, de [http://www.eluniversal.com/noticias/opinion/hablemos-eficiencia\\_41068](http://www.eluniversal.com/noticias/opinion/hablemos-eficiencia_41068)
  16. RIVERO, ANASOFIA. (2010) *Alcance de la Ingeniería de Métodos e importancia de la productividad*.  
<https://ingenieriadeltrabajo042010.wikispaces.com/file/view/Alcance+de+la+Ing+de+Metodos+Respecto+a+la+Productividad>
  17. ROSAS, Justo (2017), *Las 5'S Herramienta básica de mejora de la calidad de vida*. Recuperado en Septiembre del 2016, de [https://www.paritarios.cl/especial\\_las\\_5s.htm](https://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm)
  18. STERLING QUIJANO, C. (6 de JULIO de 2016). *JUSTIFICACIÓN DE UN PROYECTO DE INVESTIGACION*. Recuperado el AGOSTO de 2016, de <https://prezi.com/jlz18r8rmuxk/justificacion-de-un-proyecto-de-investigacion/>
  17. Valdés (2006). *Teoría de la productividad laboral y empresarial*. Recuperado en agosto de 2016, de <http://www.gestiopolis.com/teoria-de-la-productividad-laboral-y-empresarial/>

## ANEXOS

### ANEXO 1: TABLA T-STUDENT

Tabla t-Student



Grados de libertad	0.25	0.1	0.05	0.025	0.01	0.005
1	1.0000	3.0777	6.3137	12.7062	31.8210	63.6559
2	0.8165	1.8856	2.9200	4.3027	6.9645	9.9250
3	0.7649	1.6377	2.3534	3.1824	4.5407	5.8408
4	0.7407	1.5332	2.1318	2.7765	3.7469	4.6041
5	0.7267	1.4759	2.0150	2.5706	3.3649	4.0321
6	0.7176	1.4398	1.9432	2.4469	3.1427	3.7074
7	0.7111	1.4149	1.8946	2.3646	2.9979	3.4995
8	0.7064	1.3968	1.8595	2.3060	2.8965	3.3554
9	0.7027	1.3830	1.8331	2.2622	2.8214	3.2498
10	0.6998	1.3722	1.8125	2.2281	2.7638	3.1693
11	0.6974	1.3634	1.7959	2.2010	2.7181	3.1058
12	0.6955	1.3562	1.7823	2.1788	2.6810	3.0545
13	0.6938	1.3502	1.7709	2.1604	2.6503	3.0123
14	0.6924	1.3450	1.7613	2.1448	2.6245	2.9768
15	0.6912	1.3406	1.7531	2.1315	2.6025	2.9467
16	0.6901	1.3368	1.7459	2.1199	2.5835	2.9208
17	0.6892	1.3334	1.7396	2.1098	2.5669	2.8982
18	0.6884	1.3304	1.7341	2.1009	2.5524	2.8784
19	0.6876	1.3277	1.7291	2.0930	2.5395	2.8609
20	0.6870	1.3253	1.7247	2.0860	2.5280	2.8453
21	0.6864	1.3232	1.7207	2.0796	2.5176	2.8314
22	0.6858	1.3212	1.7171	2.0739	2.5083	2.8188
23	0.6853	1.3195	1.7139	2.0687	2.4999	2.8073
24	0.6848	1.3178	1.7109	2.0639	2.4922	2.7970
25	0.6844	1.3163	1.7081	2.0595	2.4851	2.7874
26	0.6840	1.3150	1.7056	2.0555	2.4786	2.7787
27	0.6837	1.3137	1.7033	2.0518	2.4727	2.7707
28	0.6834	1.3125	1.7011	2.0484	2.4671	2.7633
29	0.6830	1.3114	1.6991	2.0452	2.4620	2.7564
30	0.6828	1.3104	1.6973	2.0423	2.4573	2.7500
31	0.6825	1.3095	1.6955	2.0395	2.4528	2.7440
32	0.6822	1.3086	1.6939	2.0369	2.4487	2.7385
33	0.6820	1.3077	1.6924	2.0345	2.4448	2.7333
34	0.6818	1.3070	1.6909	2.0322	2.4411	2.7284
35	0.6816	1.3062	1.6896	2.0301	2.4377	2.7238
36	0.6814	1.3055	1.6883	2.0281	2.4345	2.7195
37	0.6812	1.3049	1.6871	2.0262	2.4314	2.7154
38	0.6810	1.3042	1.6860	2.0244	2.4286	2.7116
39	0.6808	1.3036	1.6849	2.0227	2.4258	2.7079
40	0.6807	1.3031	1.6839	2.0211	2.4233	2.7045
41	0.6805	1.3025	1.6829	2.0195	2.4208	2.7012
42	0.6804	1.3020	1.6820	2.0181	2.4185	2.6981
..	.....	.....	.....	.....	.....	.....

## ANEXO 2: CAMIÓN KOMATSU 730 E





**ANEXO 3: Data de tiempo de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2015**

2015 MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	248.0	36	35.0	2
FEBRERO	155.1	25	35.1	5
MARZO	70.9	19	36.5	4
ABRIL	91.5	24	37.0	5
MAYO	65.2	10	45.6	2
JUNIO	132.4	18	25.7	4
JULIO	147.3	28	38.0	12
AGOSTO	125.6	28	36.9	2
SEPTIEMBRE	24.9	18	37.5	10
OCTUBRE	127.5	24	36.9	7
NOVIEMBRE	150.3	35	35.6	4
DICIEMBRE	242.1	38	44.8	4
Total	1580.6	302	409.8	58

Nota: tiempo de avería (TA), tiempo de organizacional o de cambio programado (TOC)

**ANEXO 4: Data de tiempo de paradas de mantenimiento preventivo y correctivo del 2016**

MES	TA (horas)	NRO PARADAS TA	TOC (horas)	NRO PARADAS TOC
ENERO	68.88	10	58.4	4
FEBRERO	73.83	12	58.58	8
MARZO	29.55	8	60.88	6
ABRIL	38.11	10	61.66	8
MAYO	27.17	4	76.06	4
JUNIO	51.49	7	42.84	6
JULIO	58.69	11	63.32	20
AGOSTO	45.52	10	61.58	4
SEPTIEMBRE	8.29	6	62.56	16
OCTUBRE	47.80	9	61.44	12
NOVIEMBRE	51.81	12	59.4	6
DICIEMBRE (proyectado para el 2016)	88.28	14	74.74	6
Total	589.41	113	58.4	4

## ANEXO 5: ENCUESTA

.El encuestado debe responder según la escala de Likert. Cada pregunta tiene una escala de respuestas posibles:

- 1: En desacuerdo
- 2: parcialmente en desacuerdo
- 3: Regular o término medio
- 4: Parcialmente de acuerdo
- 5: De acuerdo

ITEMS	OPCIONES DE RESPUESTAS				
	1	2	3	4	5
<b>ORGANIZACIÓN (1S)</b>					
P1: ¿Tiene las herramientas necesarias para el mantenimiento a realizar?					
P2: ¿Las herramientas para el mantenimiento a realizar están en buenas condiciones?					
P3: ¿Los equipos y herramientas dentro de los almacenes están etiquetados con una tarjeta roja?					
P4: ¿Observa en el almacén equipos y herramientas que están destinados para el mantenimiento de los camiones Komatsu 730E y que nunca ha utilizado en los mantenimientos de dichos camiones?					
<b>ORDEN</b>					
P5: ¿Le facilita la ubicación dentro del almacén de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?					
P6: ¿Los pisos están pintados, destacando las zonas de trabajo y zonas de ubicación?					
P7: ¿Se utilizan estanterías y gabinetes para los elementos necesarios de los equipos, herramientas y repuestos utilizados en cada mantenimiento?					
P8: ¿Se utilizan etiquetas o tarjetas que contengan la información pertinente de cada repuesto o equipo?					
<b>LIMPIEZA</b>					
P9: ¿Observa una adecuada limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?					
P10: ¿Realizan una inspección periódica sobre el nivel de limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?					
P11: ¿Obtienen información real del nivel de limpieza que tienen las herramientas y equipos utilizado en el proceso de mantenimiento?					
P12: ¿La limpieza lo elabora el operador del mantenimiento?					
<b>ESTANDARIZACIÓN</b>					
P13: ¿Están estandarizados las tres primeras 'S' de organización, orden y limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?					
P14: ¿Se aplican las 'mejores prácticas' en busca de la estandarización de la organización, el orden y la limpieza dentro del área de trabajo del mantenimiento?					

DISCIPLINA					
P15: ¿Tiene que estar en supervisión para mantener el hábito de cumplir con los estándares ya determinados en el paso anterior dentro del área de trabajo del mantenimiento a nivel de herramientas y equipos?			3	2	
P16: ¿Cree Ud. que hay formación y concientización de los operarios para que poco a poco se acostumbren a la forma de desarrollar las tareas, asimilen la importancia de su aporte y sean reconocidos de acuerdo a la labor bien hecha. dentro del área de trabajo del mantenimiento?	3	2			