



**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y  
URBANISMO**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA  
INDUSTRIAL**

**TESIS**

**GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA  
INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA  
EMPRESA MINERA DEL SUR**

**PARA OPTAR TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO  
INDUSTRIAL**

**Autor:**

**Bach. Marca Saico Luis Alberto**

**ORCID: 0000-0001-7648-1769**

**Asesor:**

**Ing. Símpalo López Walter Bernardo**

**ORCID: 0000-0001-9930-3076**

**Línea de investigación:**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente**

**Pimentel – Perú**

**2021**

**“GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA  
PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR”**

**Aprobación del jurado**

---

Ing. Símpalo López Walter Bernardo

**Asesor**

---

Dr. Ramos Moscol Mario Fernando

**Presidente del jurado de tesis**

---

Mg. Tuesta Monteza Víctor Alexi

**Secretario del jurado de tesis**

---

Ing. Símpalo López Walter Bernardo

**Vocal del jurado de tesis**

## **Dedicatorias**

A Dios por permitirme salud y poder culminar lo emprendido, a la memoria de mi padre, que en los momentos más difíciles siempre me alentó a seguir adelante, a mi madre por su preocupación y amor hacia nosotros, a mi esposa por su amor y, sobre todo, por el ser la persona que me alienta y motiva, también por ser el mejor soporte en mi vida.

## **Agradecimientos**

Le agradezco a Dios el permitirme llegar hasta este momento, a mis padres y hermanos por todo el apoyo brindado, a mi esposa hijo e hijas por toda la felicidad que representan en mi vida, a todos los docentes por sus enseñanzas y paciencia en todo este proceso de aprendizaje, a la universidad por darme la oportunidad de ser un profesional mejor preparado para afrontar los retos de la vida.

## “GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR”

Luis Alberto Marca Saico<sup>1</sup>

### **Resumen**

*La presente investigación tiene como objetivo, analizar como la gestión de mantenimiento incrementó la productividad en esta empresa minera del sur. El análisis inicial se enfoca en los indicadores de gestión del área, uno de los más significativos, la disponibilidad de la maquinaria que participa en el proceso productivo, la baja disponibilidad de la flota de rodillos compactadores de tiro y su efecto en el proceso de compactado de arenas en el talud de la presa de relaves. Las constantes fallas en sus rodamientos internos y los elevados costos de mantenimiento, refieren a una lluvia de ideas para ofrecer una solución a la problemática, al final se opta por modificar la maquinaria, luego de ello, realizar el análisis de los resultados obtenidos, con la propuesta de mejora se observaron 2 efectos, la mejora en el proceso del área referida, mejorando los indicadores de disponibilidad de máquina, horas hombre y costos. En el caso del área donde estos equipos participan, se observa que la disponibilidad tiene un efecto significativo, ya que el proceso de compactado de arenas no se ve interrumpido.*

*La investigación es de tipo descriptivo y de diseño no experimental, al ser una flota pequeña de 6 máquinas la población es considerada como la misma flota y para la muestra, es considerada una de las máquinas, basado en el hecho de que la propuesta de mejora contempla modificar la máquina, la supervisión del área autoriza la implementación en una de ellas. Se concluye que lo propuesto como alternativa de solución, puede replicarse, siempre y cuando se tenga en consideración durante todo el proceso de modificación, los aspectos relacionados a seguridad, cuidado del medio ambiente y aspectos técnicos propios de la maquinaria a intervenir.*

**Palabras Clave:** *Rodillo compactador de tiro, talud de presa de relaves, descarga de arenas, conformación de material.*

---

<sup>1</sup>Adscrita a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial, Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [msaicoluisalber@crece.uss.edu.pe](mailto:msaicoluisalber@crece.uss.edu.pe), Código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7648-1769>.

## ***Abstract***

*The present investigation aims to analyze how maintenance management increased productivity in this southern mining company. The initial analysis focuses on the area's management indicators, one of the most significant, the availability of the machinery that participates in the production process, the low availability of the draft compactor roller fleet and its effect on the compacting process. of sands on the slope of the tailings dam. The constant failures in its internal bearings and the high maintenance costs refer to brainstorming to offer a solution to the problem, in the end it is decided to modify the machinery, after that, carry out the analysis of the results obtained, with in the improvement proposal, 2 effects were observed, the improvement in the process of the referred area, improving the indicators of machine availability, man hours and costs. In the case of the area where these teams participate, it is observed that availability has a significant effect, since the sand compaction process is not interrupted.*

*The research is descriptive and non-experimental in design, since it is a small fleet of 6 machines, the population is considered as the same fleet and for the sample, it is considered one of the machines, based on the fact that the improvement proposal contemplates modifying the machine, the supervision of the area authorizes the implementation in one of them. It is concluded that what is proposed as an alternative solution can be replicated, as long as the aspects related to safety, care of the environment and technical aspects of the machinery to be intervened are taken into consideration throughout the modification process.*

***Keywords:*** *Draft compactor roller, tailings dam slope, sand discharge, material shaping.*

## ÍNDICE

Dedicatorias.....	iii
Agradecimientos .....	iv
<i>Resumen</i> .....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Realidad Problemática -----</b>	<b>12</b>
<b>1.2. Antecedentes de Estudio-----</b>	<b>17</b>
<b>1.3. Teorías Relacionadas al Tema-----</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Formulación del Problema-----</b>	<b>35</b>
<b>1.5. Justificación e Importancia de Estudio-----</b>	<b>36</b>
<b>1.6. Hipótesis -----</b>	<b>37</b>
<b>1.7. Objetivos -----</b>	<b>37</b>
1.7.1. Objetivo General.....	37
1.7.2. Objetivos Específicos .....	37
<b>II. MATERIAL Y MÉTODO.....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Tipo y diseño de investigación-----</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Población y muestra -----</b>	<b>38</b>
<b>2.3. Variables y operacionalización-----</b>	<b>39</b>
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y     confiabilidad-----</b>	<b>42</b>
<b>2.5. Procedimiento de análisis de datos -----</b>	<b>46</b>
<b>2.6. Criterios éticos -----</b>	<b>47</b>
<b>2.7. Criterios de rigor científico -----</b>	<b>48</b>
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
<b>3.1. Diagnóstico de la empresa-----</b>	<b>50</b>
3.1.1. Información general de la empresa.....	50
3.1.2. Descripción del proceso productivo o de servicio .....	51
3.1.3. Análisis de la problemática .....	52
3.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos .....	71
3.1.3.2. Herramientas de diagnóstico .....	73
3.1.4. Situación actual de la variable dependiente .....	76

<b>3.2. Discusión de resultados</b> .....	76
<b>3.3. Propuesta de investigación</b> .....	79
3.3.1. Fundamentación .....	82
3.3.2. Objetivos de la propuesta .....	83
3.3.3. Desarrollo de la propuesta .....	84
3.3.4. Situación de la variable dependiente con la propuesta .....	102
3.3.5. Análisis beneficioso/costo de la propuesta .....	121
<b>IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	123
4.1. Conclusiones .....	123
4.2. Recomendaciones .....	124
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	125
<b>ANEXOS</b> .....	127



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Factores asociados a los mecanismos de fallas en presas de relaves-----	34
Tabla 2: Formulación del problema-----	36
Tabla 3: Operacionalización de variables-----	40
Tabla 4: Evaluación de criterios, áreas Mantenimiento Mina -----	43
Tabla 5: Matriz de evaluación de criterios.-----	44
Tabla 6: Técnicas e instrumentos de recolección de datos -----	45
Tabla 7: Secuencia de análisis de la problemática -----	53
Tabla 8: Diagrama (DAP) análisis mantenimiento rodillos de tiro -----	59
Tabla 9: Costos y tiempos de parada Rola X -2017.-----	61
Tabla 10: Resumen de disponibilidad 2017 -----	64
Tabla 11: Tabla resumen, cambio de rodamientos 2017-----	65
Tabla 12: Resumen costos y tiempos PMs.-----	67
Tabla 13: Volumen STD de descarga de arenas en talud -----	68
Tabla 14: Análisis de indicadores -----	69
Tabla 15: Análisis situacional de falla-----	70
Tabla 16: Análisis de indicadores -----	70
Tabla 17: Instrumentos utilizados por objetivo -----	72
Tabla 18: análisis de operaciones observadas.-----	73
Tabla 19: Estado de variable dependiente-----	76
Tabla 20: Análisis variable dependiente.-----	82
Tabla 21: objetivos de propuesta-----	83
Tabla 22: Cronograma de ejecución de propuesta -----	84
Tabla 23: Ratio de consumo de combustible. -----	94
Tabla 24: Cálculo de fecha programa de mantenimiento flota rodillos de tiro. -----	95
Tabla 25: Cartilla de mantenimiento programado (actual) -----	96
Tabla 26: Cartilla de mantenimiento, rodillo de tiro modificado -----	101
Tabla 27: secuencia de análisis de variable dependiente.-----	102
Tabla 28: Análisis de proceso DAP, mejora proceso de producción-----	104
Tabla 29: Análisis de costos y tiempos Rodillo X - 2018 -----	106
Tabla 30: Análisis disponibilidad 2018 -----	109
Tabla 31: Análisis cambio de rodamientos -----	110
Tabla 32: Análisis de tiempos y costos referidos a los PMs - 2018 -----	111
Tabla 33: análisis de costos y tiempos de parada Rodillo X - 2019-----	112
Tabla 34: Análisis de disponibilidad -----	114
Tabla 35: análisis de tiempos y costos de PMs -2019-----	115
Tabla 36: Resumen de resultados por año. -----	117
Tabla 37: estado de la variable dependiente con la propuesta -----	118
Tabla 38: Resumen variable dependiente con la propuesta. -----	119
Tabla 39: Análisis costo beneficio de implementación de Proyecto.-----	122

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Presencia de proyectos en 17 regiones de las 24 que tiene el Perú.-----	15
Figura 2. Proyecciones del PBI y la inversión minera que se estimó el 2019. -----	16
Figura 3: Obtención de Utilidades-----	23
Figura 4. Etapas de la minería. -----	29
Figura 5: Diagrama de flujo, proceso de mantenimiento de rodillos de tiro.-----	31
Figura 6: Proceso de compactado del talud del dique de la presa.-----	32
Figura 7: Descripción de un proceso vinculado a otro.-----	52
Figura 8: Mapeo de procesos, Planificación del mantenimiento-----	54
Figura 9: Mapeo de procesos, Mantenimiento de rodillos de tiro	Fuente:
Elaboración Propia.-----	55
Figura 10: Rodamiento de traslación -----	66
Figura 11: Rodamiento de vibración -----	66
Figura 12: descarga de arenas.-----	68
Figura 13: Diagrama Causa-efecto-----	74
Figura 14: Diagrama de Pareto. -----	75
Figura 15: Lluvia de ideas-----	79
Figura 16: Rodillo Bomag BW6 con mecanismo mecánico de activación de vibración ---	80
Figura 17: Accionamiento mecánico Rola de tiro.-----	81
Figura 18: Rodillo autopropulsado. -----	81
Figura 19: Motor hidráulico, sistema de vibración aprovechado-----	82
Figura 20: Cálculo de potencia de motor en marchas -----	85
Figura 21: Vista de perfil del mecanismo de vibración del Rodillo autopropulsado-----	86
Figura 22: Segmento del plano hidráulico de accionamiento utilizado -----	86
Figura 23: Accionamiento mecánico de tractor de orugas. -----	87
Figura 24: Plano hidráulico de motor hidráulico adaptado. -----	88
Figura 25: bastidor de rola de tiro sin tambor de accionamiento mecánico -----	89
Figura 26: plano de modificación de Rola de Tiro-----	90
Figura 27: Tambor con accionamiento hidráulico instalado en bastidor y líneas hidráulicas -----	91
Figura 28: Bloque de válvulas de control de sistema hidráulico -----	91
Figura 29: Modificación realizada en palanca de control en cabina-----	92
Figura 30: seguimiento de temperaturas sistema hidráulico en horas de trabajo-----	93
Figura 31: seguimiento de temperaturas en días de trabajo. -----	93
Figura 32: Porcentaje de calado de motor durante operación con Rola Hidráulica -----	94
Figura 33: Diagrama de flujo de actividades de mantenimiento -----	98
Figura 34: Mapeo de procesos con la propuesta implementada, Mantenimiento-----	103
Figura 35: Disponibilidad de máquina por año -----	114
Figura 36: ahorro de costos, consumo de combustible -----	116
Figura 37: Costos totales del mantenimiento x año -----	117
Figura 38: Resumen del impacto en la productividad del Proyecto implementado. -----	120

# CAPÍTULO I

## I. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

Se observa el siguiente problema en el área de mantenimiento de Tractores y Rodillos Compactadores de esta empresa minera, el elevado costo de producción del área, referida netamente a realizar un determinado servicio, la flota de rodillos de tiro que interviene en la compactación del Talud del Dique de la presa de relaves, presentaba una baja disponibilidad en una flota de 6 rodillos compactadores de tiro, el objetivo estaba planificado en 90%, lo observado en esta flota, es que su utilización en un turno de 12 horas era solo del 33%, pero el equipo debía estar operativo y listo al momento de ser requerido, los constantes ítems de mantenimientos correctivos no programados, carencia de repuestos y bajo soporte por parte del proveedor, contribuían a no alcanzar los objetivos, Los costos de mantenimiento superaban en 17% lo planificado en la muestra analizada, ya que se tenía una elevada generación de órdenes de trabajo, con constantes solicitudes de partes e involucramiento de personal técnico. Se identifica como causa raíz, la falla constante en los rodamientos de vibración y traslación de estos rodillos compactadores.

Por el lado de productividad referida a esta flota de compactadores, para el cumplimiento de compactado de arenas descargadas en el talud de la presa de relaves, se requerían que 5 de las 6 máquinas de la flota estén operativas, el sexto rodillo en Stand By era el que se utilizaba por si fallaba uno de los 5 rodillos que estaban en el proceso, el cumplimiento de compactado de arenas, en diferentes oportunidades se veía afectado por el hecho de que, en una misma temporalidad se tenían 2 o más rodillos inoperativos, esto reducía la disponibilidad en el caso de 2 rodillos inoperativos a 67%, en este escenario la capacidad efectiva de compactación de la flota se reducía en un 11%, la utilización de esta flota promedia el 33% ya que el proceso de compactado, solo se realiza en determinados horarios acorde al proceso de conformado y porcentaje de humedad del material.

El análisis del proceso encauzado en la problemática mencionada, refiere una búsqueda de alternativas de solución en el mediano plazo ya que el proceso en el cual interviene la flota de máquinas mencionada es de suma importancia en las actividades relacionadas a la construcción de la presa de relaves de esta empresa minera. La falta del equipo en este proceso implicaba reprogramaciones en la descarga de arenas y en el peor panorama, rehacer el compactado, esto refería levantar la capa de material y generar una nueva descarga de arenas, con implicancia en costos y tiempos relacionados a este proceso.

Según Reyes (2012), en el resumen de su investigación indica que, la mejora en los procesos tiene como finalidad la búsqueda de la optimización de los mismos, de acuerdo al incremento en la producción, disminución de costos, aumento en la calidad en beneficio del cliente.

Por lo expuesto se considera que los procesos de producción pueden mejorarse, siempre y cuando se identifique que parte del proceso lo requiere, El sector minero donde se enfoca la presente investigación, es uno de los más cambiantes en sus procesos de mejora y búsqueda de ideas de innovación de acuerdo a lineamientos establecidos en indicadores (KPIs) como: producción, productividad, disponibilidad de maquinaria, confiabilidad, ahorro de costos, etc. Debido al sustento que se tiene en este sector, al menos en la gran minería se cuenta con gran parte de los recursos y respaldo económico, es decir, poder invertir en aspectos relacionados a Investigación, Desarrollo e Innovación.

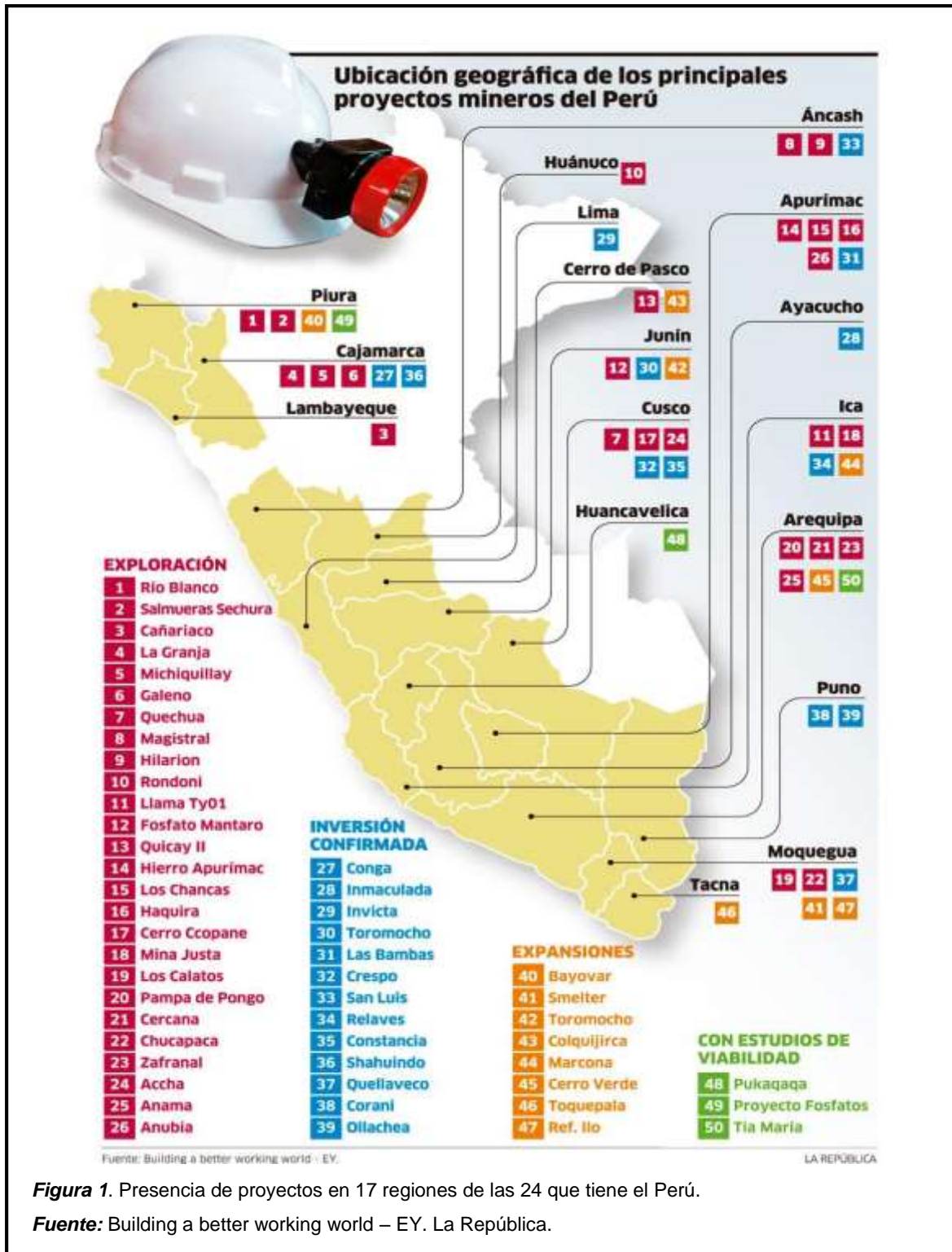
Todas las formas de mejora, que conlleven a lo descrito en el párrafo anterior, son una motivación para el personal de la empresa, que buscan alcanzar metas mayores a las propuestas. Sin embargo, no siempre, todas las propuestas pueden lograr su implementación, debido al sustento que pueden encontrar, por lo que el desarrollo de análisis, procesamiento de información y elaboración de la propuesta, son parte general de la metodología que se debe emplear. En el caso de la ingeniería industrial, se puede apreciar diferentes metodologías, filosofías u otros aspectos, que permiten plantear dichas propuestas. Es necesario, luego de un análisis,

desarrollar la valorización que se pueda dar a la propuesta, no solo como la inversión, sino como los resultados económicos que puedan obtenerse, para considerar si la empresa a la que se propone dicho cambio, pueda ser considerada para ejecución. En la actualidad las propuestas vienen por lo general de las mismas empresas mineras, en cada área se busca en los trabajadores un ánimo de innovación tecnológica y voluntad de querer implementar nuevas propuestas que lleven a la mejora de los procesos, otro aspecto fundamental dentro de este marco es que todo lo que se pretenda desarrollar este dentro de las políticas de seguridad y cuidado del medio ambiente de la organización.

Antes de comentar lo específico del problema, será necesario comprender la situación del sector minero, que es parte de la unidad de estudio del trabajo de investigación.

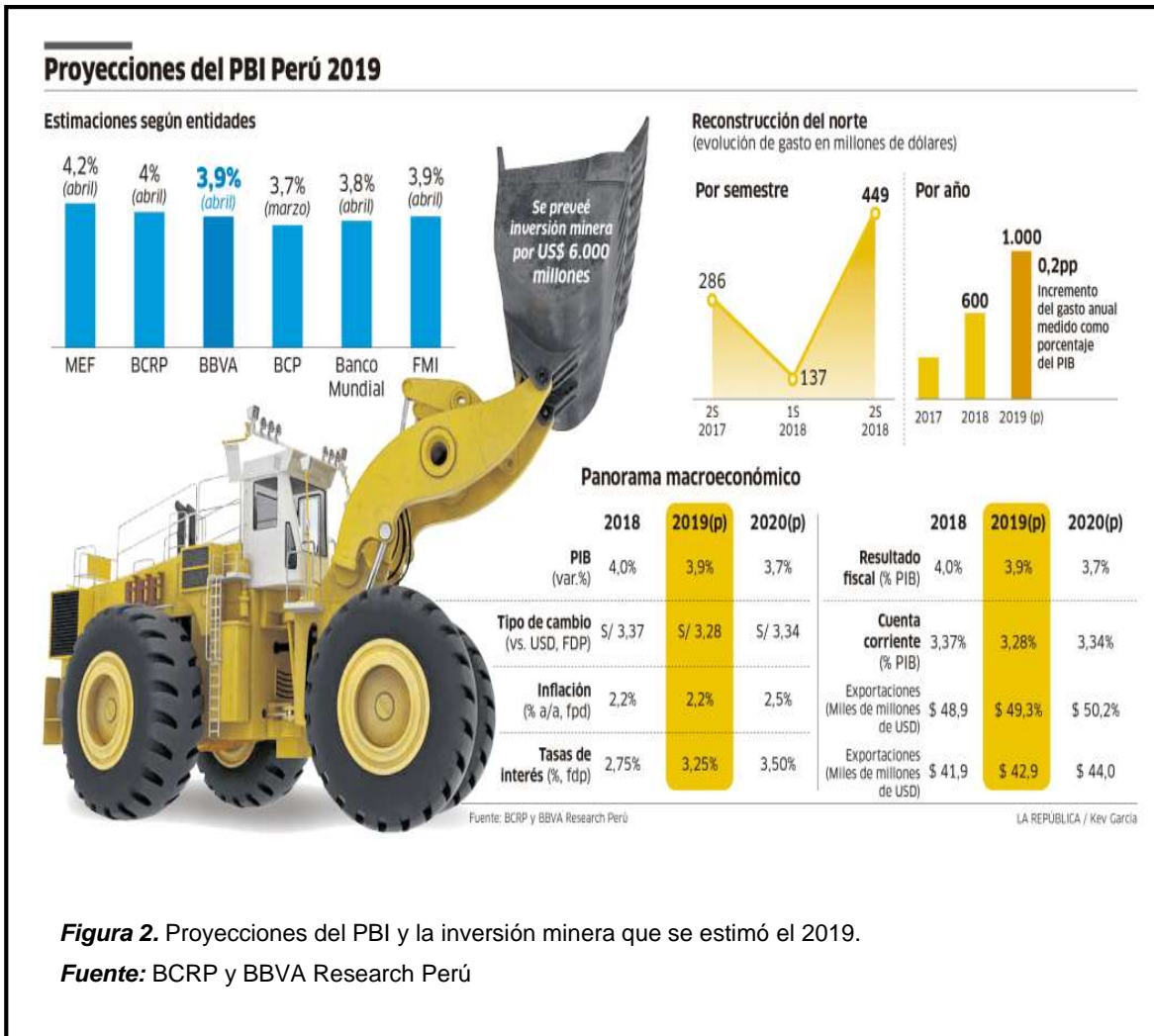
Según Infobae (2018), indica que los avances tecnológicos y científicos en diferentes campos a lo largo del año transformaron la manera en la que el ser humano vive y lo ayudan a adaptarse a un mundo que demanda un cambio constante, de acuerdo a ello se contempla que, parte fundamental del desarrollo de las personas en el Mundo se ha dado por las actividades en las que se tienen intervenciones en los avances científicos y tecnológicos, gracias a la innovación de los mismos, en especial en sectores que contemplan grandes volúmenes de producción, como son la minería (sector primario) y la industria (secundario). La primera contempla la extracción de recursos y la segunda la transformación de esos recursos. La actividad extractiva de minerales en el Perú genera grandes aportes económicos en beneficio de su desarrollo, el aspecto tributario y pago de regalías tiene influencia en la política económica del país y los stocks de mineral relacionados a la producción generan impacto en los precios del mercado de forma global.

Según Portal Andina (2019), el 9% del PBI en los últimos diez años vienen del sector minero y alcanzó casi el 60% de las exportaciones peruanas, así lo señaló la Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía. (SNMPE), También acotamos que el año 2018 fue casi el 12% del PBI.



**Figura 1.** Presencia de proyectos en 17 regiones de las 24 que tiene el Perú.

**Fuente:** Building a better working world – EY. La República.



**Figura 2.** Proyecciones del PBI y la inversión minera que se estimó el 2019.

**Fuente:** BCRP y BBVA Research Perú

De acuerdo a lo descrito en Portal Andina (2018), es necesario considerar que, en la región sur del Perú, específicamente en la ciudad de Arequipa, Cerro Verde aportó alrededor del 3% al PBI del país, y que entre el período del 2005 al 2017, el aporte de esta minera en canon y regalías ha sido alrededor de 1,622 millones de dólares. Incluso se indica que el PBI aportado por esta gran minera a la región Arequipa, en el 2017, fue de 31% del PBI regional.

Por las cifras presentadas, se considera que el día perdido en esta actividad extractiva, sea cual fuera el motivo, la empresa deja de percibir una cantidad muy importante para su desarrollo.

Por ello, el enfoque y la importancia de analizar los problemas encontrados en determinados procesos, para darles solución con diferentes herramientas de ingeniería se vuelve esencial, ya que el sector minero,



donde se desarrolla la presente investigación, contribuye significativamente en el desarrollo regional y del país en su conjunto.

## **1.2. Antecedentes de Estudio**

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo plantear la mejora en un determinado proceso de esta Empresa Minera, el mantenimiento de maquinaria es fundamental para sostener determinados procesos en los que estos equipos están involucrados, la empresa donde se desarrolla la presente investigación se encuentra localizada en el sur del Perú, con políticas de seguridad y cuidado del medio ambiente bien establecidas corporativamente. El área de mantenimiento mina es el soporte de todas las áreas que cuentan con maquinaria para realizar sus labores cotidianas, en ese sentido es fundamental que el proceso de mantenimiento de la maquinaria esté acorde con los parámetros establecidos en el plan de gestión y sobre todo con su cumplimiento. La gestión de mantenimiento es medida en base a los indicadores de mantenimiento (KPIs) por sus siglas en inglés, los indicadores son vitales, de su interpretación y análisis podemos definir el avance del plan de gestión establecido, los logros, las falencias, recursos necesarios, etc., es en este campo que se observa la necesidad de mejorar los indicadores de mantenimiento en la flota de rodillos de tiro. Equipos que son utilizados en la compactación del talud del dique de la presa de relaves de esta empresa minera, el proceso en el que participan es fundamental, la compactación del talud del dique de la presa de relaves. La constante exigencia de alcanzar metas establecidas, permiten que en un determinado momento, sobre lo obtenido se propongan metas más altas, el constante cambio, la diaria exigencia y prioridades impuestas, solicitan que cualquier observación hecha en el proceso, permita ofrecer una alternativa de solución para mejorar el desempeño del área, claro está, sin socavar o arriesgar seguridad de las personas participantes del estudio, las personas que van a interactuar con la máquina como es el caso de los operadores y sin generar impactos ambientales.

Es labor del presente trabajo de investigación analizar los indicadores de mantenimiento relacionados y utilizados en la gestión de la flota de rodillos de tiro, con la finalidad de mejorarlos, ya que presentan un rendimiento bastante bajo con altos costos de mantenibilidad por fallas constantes en sus partes, déficit de repuestos y bajo soporte por parte del proveedor.

Los antecedentes encontrados, como parte del estado del arte, se relacionan a lo que se busca, como es la optimización o mejora de los procesos. No se ha encontrado en bases como Renati, Alicia o Google Académico, un trabajo similar al que se plantea en los objetivos específicos, por lo que los siguientes autores proporcionarán información que será empleada en el desarrollo del trabajo de investigación.

- Ramos (2018), Propone como objetivo principal de su investigación un método basado en Gestión por Procesos para mejorar la productividad y calidad del área de Planta de una Empresa de bebidas, se resume el diseño e implementación de un método para la mejora de procesos operativos de producción y calidad que contribuyen al óptimo desempeño de la empresa, con implicancia a tener como fundamento teórico de estudio, los indicadores de mantenimiento (KPIs), todo orientado en mejorar las capacidades del personal. Esto genera también mejoras en la producción, un adecuado control de calidad. La gestión de mejora de procesos propuesto consta de 7 etapas en la cual el principal protagonista es la planificación, hecho que en toda organización es indiscutiblemente una de las bases para lograr los objetivos trazados.
- García (2018), Propone como objetivo general el elaborar una propuesta para incrementar la actual capacidad productiva de la planta con el control y seguimiento de todas las paradas sea por fallas o mantenimientos programados en las máquinas, se resume el proponer una estandarización de todas las actividades productivas y de mantenimiento, para ello se usa la herramienta TPM y 5S. la investigación de lo propuesto nace de la necesidad de mejorar la

gestión de mantenimiento de una empresa dedicada a la producción de alimento balanceado, se menciona que la mejora continua es una filosofía que involucra estrategias y cambios en la forma de ver los procesos de una organización, los constantes cambios en la tecnología requieren de una constante capacitación a todo el personal, el adaptarse a las nuevas exigencias del mercado permiten dilucidar la satisfacción del cliente por el producto final recibido, producto de la buenas prácticas en los procesos productivos.

- Díaz del Olmo (2018), Establece como objetivo general, el realizar un análisis del proceso productivo de un taller automotriz, para proponer mejoras en la reducción del tiempo promedio de trabajo e incrementar la producción, el uso adecuado de recursos, aumentar la productividad del recurso humano involucrado en estos procesos aplicando la metodología Lean Six Sigma. En su resumen comenta que la empresa en estudio realiza servicios de reparaciones al sector automotriz, la empresa cuenta con talleres distribuidos en todo el Perú, la reparación de carrocerías es lo que genera mayores ingresos a esta empresa, pero también tiene la mayor cantidad de reclamos según encuestas de satisfacción, mejorar la productividad del taller enfocándose en la reducción de tiempos muertos, la correcta asignación de tareas y la aplicación de la metodología de 5S para eliminar desperdicios del taller, esto también permite un ordenamiento adecuado en las zonas de trabajo, permite ganar espacio, contribuye a la seguridad de los trabajadores, ahorra tiempo en la búsqueda de lo requerido para realizar la labor diaria contribuyendo a la productividad en el taller.
- Según Benítez Aliaga (2017), en su trabajo de investigación resume y plantea como objetivo principal reducir todas las actividades que generan retrasos durante la fabricación de un producto y por el contrario tampoco añaden un valor adicional, y de esta manera se pueda asegurar la sostenibilidad de la empresa en el mercado. Para

tal fin se utiliza la metodología 5S, desarrollándose como prueba piloto en uno de los productos representativos de la empresa, buscando que los beneficios impacten de manera positiva en toda la organización, ya que existe similitud entre todos los productos. El procedimiento inicia con un análisis de la situación actual de la empresa mediante un VSM actual, aplicando también los diagramas de causa-efecto a nivel macro para poder enfocarnos en las causas consideradas como críticas; el proceso prosigue con la elaboración de un diagrama de red para la identificación de aquellas actividades críticas que deben ser eliminadas y corregidas con prioridad, en la parte final del procedimiento una vez identificados aquellas actividades principales que generan pérdidas en el proceso de producción identificaremos las oportunidades o posibilidades de mejora. Con las mejoras de procesos implementadas se espera obtener 80% de OEE, 90% de Rendimiento, 100% de calidad y 91 % de Disponibilidad; así mismo, reducir a 2 y cero horas perdidas por máquina inoperativa y accidentes respectivamente, con un TIR > COK y un indicador Beneficio/Costo mayor a 1.

- Según Colquehuanca (2018), En el trabajo de investigación resume y plantea como objetivo principal evaluar las oportunidades de mejora en todas las etapas de producción de agregados en una planta de trituración de roca. Se procederá a proponer un método práctico para la realización de las actividades mediante la identificación de los errores como un cuello de botella. Se evidencia que los procesos de producción no han sido los correctos, por este motivo se realizan estudios de las ratios de producción, la calidad de la materia prima, los productos finales y estados económicos de cada actividad realizada por la empresa. Al inicio las ratios de producción de la empresa rondaban los 17.54 m<sup>3</sup>/hora, luego de la implementación del nuevo método, que se basa en cambiar la estructura del sistema de trituración, se observa que el ratio de la producción incrementa a 36.5 m<sup>3</sup>/hora. Por este motivo el autor recomienda tomar la propuesta del

nuevo método, que presenta como ventajas el garantizar el cumplimiento de los plazos contractuales manteniendo las características de calidad del producto final.

### **1.3. Teorías Relacionadas al Tema**

Según Pérez (2016), en su artículo comenta que, las organizaciones que en la práctica no llegan a adaptarse a las necesidades actuales del entorno y no evolucionan acorde a ellos no alcanzan el éxito.

Es imperante analizar e identificar las oportunidades de mejora y aprovecharlas en beneficio de la organización, en ese sentido. para toda mejora en un proceso determinado, primero tenemos una idea inicial aplicada al mismo, el cual le agrega un valor, lo que se obtiene es un resultado concreto en beneficio del usuario final. Existen varias teorías ligadas directamente a la mejora de procesos, en lo propuesto se aplicaron los siguientes conceptos ligadas a la variable dependiente e independiente.

#### **Variable independiente: Gestión del mantenimiento**

##### **Definición de gestión del mantenimiento**

Según Mora (1990), Definimos gestión de mantenimiento al conjunto de operaciones que garantiza la continuidad de toda actividad operativa, previniendo las demoras por falla en los equipos o maquinaria con los que se cuenta, del mismo modo el autor refiere su importancia al permitir minimizar costos mediante la optimización y uso adecuado de todo recurso relacionado al proceso.

##### **Indicadores de gestión de mantenimiento**

Se define indicador como un dato, valor o información que nos permite valorar, medir o conocer ciertos patrones y características de un proceso,

de ello poder determinar su evolución en el tiempo. De los comentado se consideran los siguientes indicadores de gestión del mantenimiento de para el análisis de esta flota de rodillos compactadores de tiro.

**Horas Hombre:** viene a ser el producto del tiempo laborado por la cantidad de personal técnico involucrado en la tarea de mantenimiento.

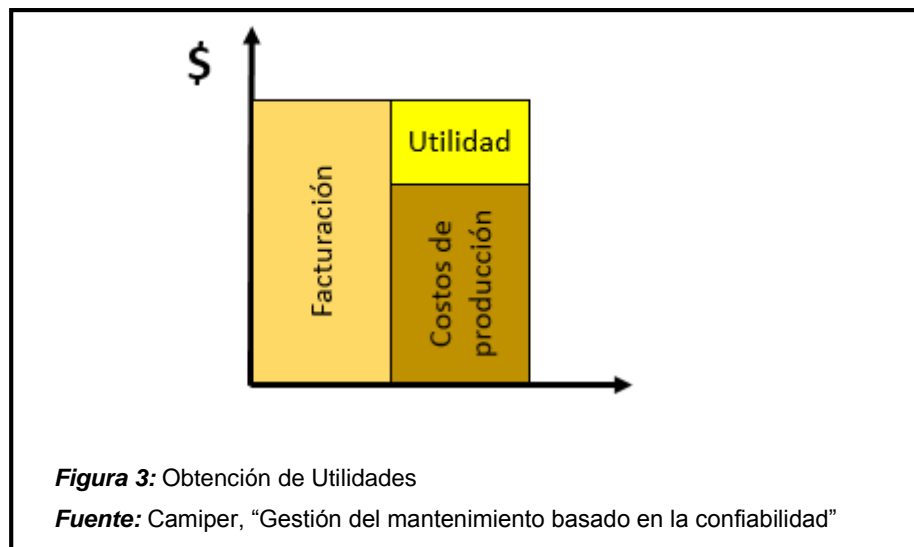
$$HH = (\text{Tiempo laborado} \times \text{cantidad de trabajadores})$$

**Disponibilidad de Maquinaria.** - Podemos definir Disponibilidad como el hecho de que una persona o cosa a estar apto y presente cuando se le requiera. En ese aspecto podemos decir que ese recurso puede de acuerdo a sus capacidades realizar una labor, supliendo así una necesidad. La Disponibilidad de Maquinaria representa el Ratio o Porcentaje de tiempo que esa maquinaria se encuentra disponible para ser utilizado. En este aspecto los indicadores son esenciales para vislumbrar la gestión de mantenimiento que se está ejecutando, de acuerdo a los valores obtenidos comparados con las metas trazadas se puede realizar un análisis y ver si los procesos requieren un cambio o mejora. Adicionalmente podemos decir que para realizar todas estas labores se requiere tener disponible el recurso humano, en mantenimiento cada proceso depende de un grupo de especialistas para ejecutar la labor programada. El personal es punto clave en ello, dependiendo de la cantidad de equipos con los que cuente la flota tendremos una determinada cantidad de técnicos para atenderlos.

$$D (\%) = \text{Tiempo productivo} / \text{Tiempo disponible}$$

**Costos del mantenimiento.** - Son un indicador de referencia relevante en producción ya que el que el objetivo de todo negocio sea un proceso o servicio es generar utilidades, las utilidades son obtenidas por la diferencia entre la facturación y los costos de producción o generación de servicio, conocer los elementos del proceso asociados a lo que se quiere obtener es un elemento clave para la gestión del área, para que todo el recurso que se invierta dé los resultados esperados. Los costos del mantenimiento están distribuidos en puntos bastante específicos como son: Recurso Humano, materiales en general (incluye repuestos), equipos de apoyo, contratación de proveedores, depreciación y lucro cesante. La siguiente formula considera los costos mas relevantes relacionados a la presente investigación.

$$\text{COSTOS} = (\text{Costo de Repuestos} + \text{costo de combustible})$$



### Mantenimiento de Maquinaria y tipos de mantenimiento

El Mantenimiento de Maquinaria surgió de la necesidad de conservar esa maquinaria en buenas condiciones y siempre óptima para su funcionamiento. El punto de partida e iniciación de los conceptos sobre

mantenimiento se dieron a finales del siglo XVIII e inicios del siglo XIX con la revolución industrial, la constante competitividad entre las emergentes industrias, involucraba que la maquinaria este siempre operativa, para que la producción pueda continuar, el mantenimiento de maquinaria en la industria otorga de manera inherente los siguientes beneficios:

- Evita paradas de maquinaria no programadas.
- Conserva la capacidad operativa de los equipos.
- Permite que la maquinaria esté disponible y trabaje sin interrupciones a su máximo nivel.
- Minimiza el desgaste de las partes móviles extendiendo la vida útil de la máquina.

Hoy en día tenemos diferentes tipos de mantenimiento nacidas de las filosofías y las buenas prácticas en el tiempo realizadas en diferentes organizaciones con el único fin de maximizar la productividad ya que de ello depende su competitividad. Podemos mencionar los principales tipos de mantenimiento:

**Mantenimiento Proactivo:** este tipo de mantenimiento está orientado por lo general en la búsqueda de la causa raíz de los problemas en la maquinaria para evitar su recurrencia en el tiempo, de estos análisis se generan planes de acción directas que involucran no solo a la maquinaria sino también a todo el personal involucrado hasta los niveles gerenciales de la empresa, ya que en algunos casos involucran la seguridad de las personas que interactúan con esta maquinaria.

**Mantenimiento Predictivo:** este tipo de mantenimiento está basado en un programa sistemático de revisiones periódicas a la maquinaria, estas prácticas están orientadas de acuerdo a lo encontrado u observado en anticiparse a una futura falla y generar planes de acción inmediatas.

**Mantenimiento Correctivo:** este tipo de mantenimiento se da cuando tenemos una falla en la maquinaria y procedemos a repararla, durante



las inspecciones podemos encontrar partes con excesivo desgaste y decidimos su reemplazo, aquí entra el trabajo correctivo para evitar fallas que comprometan más partes de la maquinaria con paradas más prolongadas.

**Mantenimiento Preventivo:** son los mantenimientos frecuentes realizados a la maquinaria en determinados lapsos de tiempo, en estos mantenimientos se realizan cambios de filtros, aceites, engrases, inspecciones, etc. En este tipo de mantenimiento por lo general se programan otros trabajos ya identificados con anticipación con la finalidad de aprovechar el tiempo de parada y realizar trabajos en paralelo, esto con la finalidad de tener menores tiempos de parada en realizar labores de mantenimiento y aumentar la disponibilidad de la maquinaria intervenida.

## **Variable dependiente: Productividad**

### **Definición de productividad**

Según Prokopenko (1989) en su libro, "Gestión de la productividad", comenta que la Productividad es la relación entre la producción (resultados) obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla, la cual puede ser también descrita como el uso eficiente de los recursos tales como: capital, materiales, tierra, información, trabajo, en la producción de bienes y servicios. En este concepto centramos nuestras ideas de productividad, el uso adecuado del recurso, aprovechar al máximo de lo que tenemos a disposición para maximizar los resultados. En mantenimiento la productividad va referida al cumplimiento de todo lo planificado en labores de corto, mediano y largo plazo. Obtener los mejores resultados siempre ha sido preocupación de los planes de gestión propuestos, el producto final depende de la disciplina y el apoyo conjunto de todos los

participantes involucrados en cada proceso. A continuación, se muestra el modo de cálculo de la productividad, donde los insumos están referidos a los materiales, mano de obra y maquinaria involucrada en el proceso.

$$\text{Productividad} = \text{Producto} / \text{Insumos}$$

### Indicadores de productividad en mantenimiento

Se definen los siguientes indicadores de productividad en mantenimiento para el análisis de esta flota de rodillos compactadores de tiro:

**Capacidad.** - Se define capacidad como la facultad de una persona o equipo de poder desarrollar una determinada labor en un lapso de tiempo establecido.

$$C = \text{Producción} / \text{Tiempo}$$

**Eficiencia.** – Es la relación entre los recursos utilizados en el proceso y los logros alcanzados

$$E = \text{Prod. Real} / \text{Recursos utilizados}$$

**Eficacia.** – Es la relación entre los resultados obtenidos y acciones realizadas

$$E_f = \text{Prod. Real} / \text{Prod. Efectiva}$$

**Utilización.** – Consiste en el uso del recurso disponible frente a lo utilizado

$$U = \text{Disponibilidad} / \text{Uso real de máquina}$$

**Rendimiento.** - Trabajo realizado frente a lo programado.

$$R = \text{Trabajo útil} / \text{Trabajo total}$$

### **Innovación**

La Innovación se define como una forma de cambio que referencia ideas nuevas, inventiva y creatividad, con la finalidad de obtener mejoras en elementos ya establecidos y existentes en una organización.

Sir Francis Bacon escribió con respecto a la innovación: “Quien no aplique nuevos remedios, deberá esperar nuevos males, ya que el tiempo es el innovador más grande”.

Hindle (2008), comenta en el libro “MANAGEMENT las 100 ideas que hicieron historia” que. La innovación es una idea creativa a la que se ha puesto en funcionamiento, “puede ser tan básica como una modificación de procedimientos en un sistema de distribución o tan compleja como el ingreso en un mercado totalmente nuevo”.

Peter Drucker sostuvo, la creatividad no es el factor limitante: “existen más ideas en cualquier organización, incluidas las de negocios, de la que se pueden ponerse en práctica”. La cuestión es cómo gestionar la creatividad, la innovación, para que pueda generar valor económico.

## **Etapas en la minería**

Las etapas en la minería contemplan 4 actividades principales, de ellos se pueden derivan procesos referidos netamente a actividades que desarrolla cada área en específico, en las etapas tenemos:

- La exploración, que consiste en la búsqueda, identificación y análisis de zonas mineralizadas.
- La construcción, consiste en la ejecución de obras de infraestructura para la puesta en marcha de la operación, ello puede consistir en puentes, túneles, carreteras, campamentos, etc.
- La producción, consiste en la extracción, procesado y transporte y venta del mineral extraído.
- El cierre, al culminar toda la operación minera por la razón que fuere, se trabaja en todo lo relacionado al desmantelamiento de toda la infraestructura y también se contempla todo lo relacionado a la rehabilitación de toda el área utilizada en el proceso de minado.

# ETAPAS DE LA MINERÍA

1.

## Exploración

Búsqueda, identificación y medición de zonas mineralizadas.



2.

## Construcción

Ejecución de obras de infraestructura para el proyecto como mina (túneles o tajos), campamento, planta y vías de acceso.



3.

## Producción

Extracción, procesamiento, transporte y comercialización de mineral.



4.

## Cierre

Cese de operaciones, desmantelamiento de instalaciones y equipos; y rehabilitación de zona utilizada.



**Figura 4.** Etapas de la minería.

**Fuente:** Mineríadetodos.com.pe

De las 4 etapas mencionadas, nos centramos y comentamos la etapa 3 (Producción), la cual cuenta con los siguientes procesos principales:

**Perforación y Voladura.** - en el caso de la perforación se puede referenciar a la parte inicial de una mina, tal es el caso de la exploración, pero en el proceso de minado la perforación es necesaria para realizar la voladura y fragmentar la roca de los frentes de carguío.

**Carguío y Acarreo de Material.** - en este proceso involucra el traslado del material fragmentado hacia las chancadoras, gran parte de la maquinaria pesada móvil sea, camiones de acarreo, Palas, tractores, etc. Intervienen en este proceso.

**Operación de concentradora.** - en este proceso están incluidos los procesos de chancado de material, molienda, flotación, espesamiento y filtración con la finalidad de obtener el concentrado de cobre y el concentrado de molibdeno.

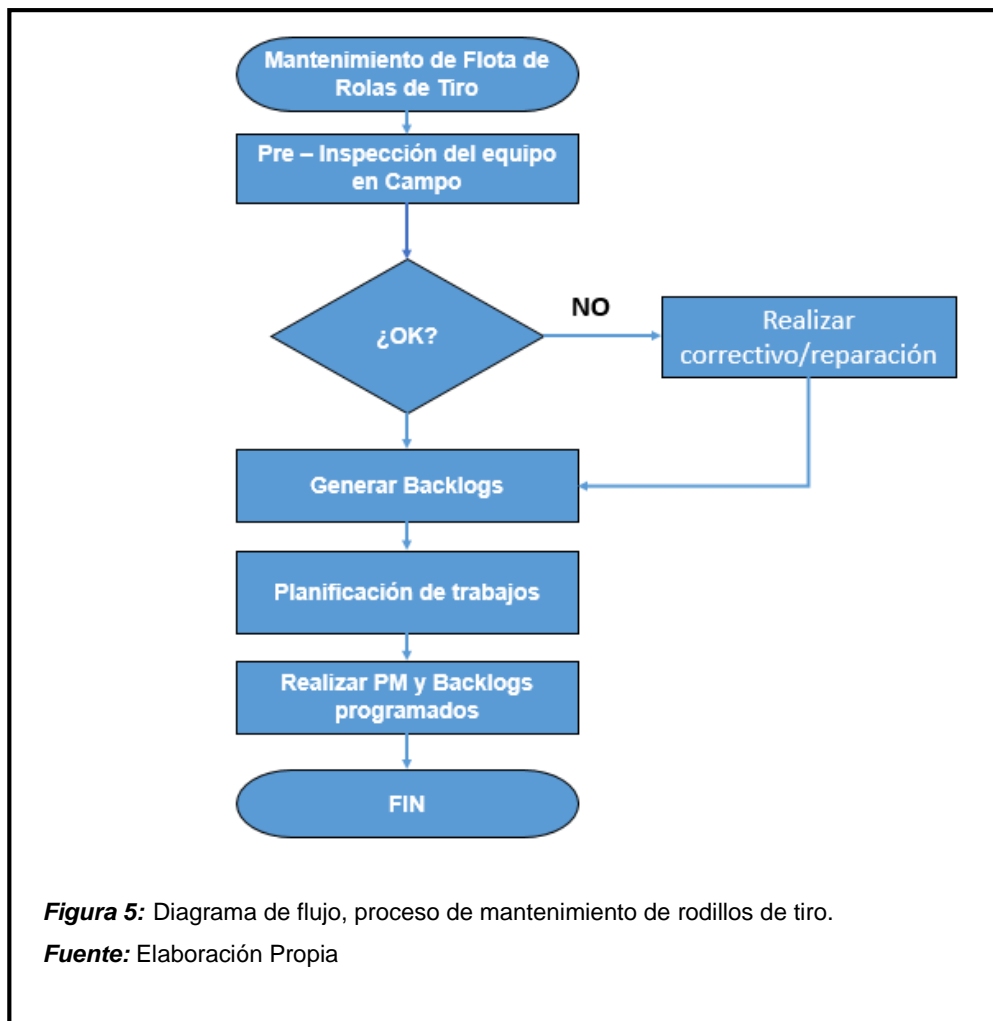
**Presa de relaves.** - La presa de relaves tiene como objetivo principal el contener el material excedente del proceso de concentradora, a través de procesos de cicloneo es que se logra separar las arenas finas y gruesas para la construcción y elevación del dique. Este proceso, la construcción de la presa es un proceso fundamental en la minera ya que garantiza un adecuado control del excedente o residuo del proceso de concentradora y permite recuperar parte del agua vertida en la presa para ser reutilizado en el proceso de minado que lo requiera.

Todas estas áreas utilizan maquinaria en sus procesos para realizar la labor específica encomendada. De la disponibilidad y confiabilidad de cada una de sus flotas depende el alcance de los objetivos, de esto podemos deducir que el área de Mantenimiento de Equipos en cada sector de la empresa ocupa un lugar bastante fundamental para que estas máquinas puedan continuar funcionando en el tiempo y que sus procesos no se vean afectados. El observar detalles del proceso que podamos mejorar para eliminar cuellos de botella, un uso adecuado del recurso, observar y analizar las fallas continuas en la maquinaria involucrada y sobre todo llegar a la causa raíz de sus problemas, son puntos a considerar en el alcance de los objetivos

### **Maquinaria involucrada en la compactación del dique de la presa de relaves**

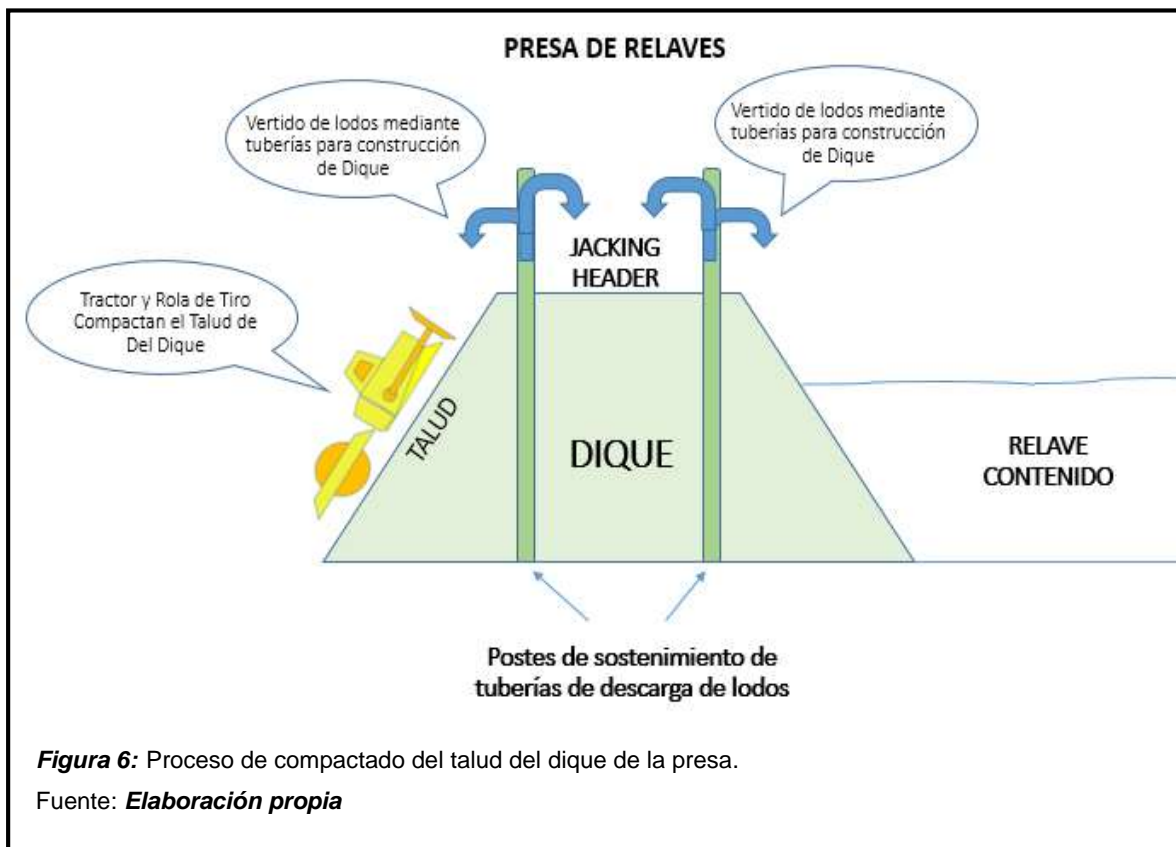
La maquinaria involucrada en parte de la construcción de la presa de relaves, específicamente en la compactación del talud del dique, son el tractor de orugas CAT D6 y el rodillo de tiro. La presente investigación centra su enfoque en el proceso de mantenimiento de la maquinaria

destinada a la compactación del talud del dique de la presa de relaves de esta empresa minera.



Se menciona que el proceso de compactación es esencial en la ingeniería de diseño del dique de la presa, si ese aspecto no es desarrollado correctamente no se podría continuar con la construcción y con la correcta elevación gradual del mismo, no se tiene en el mercado con un rodillo compactador autopropulsado con la capacidad de ascenso requerido para la compactación de ciertas zonas del talud de la presa de relaves, para tal labor se usa el rodillo tiro unido al tractor de orugas. La motivación principal de analizar este proceso nace del hecho de que se trabaja directamente en el mantenimiento de estos equipos y observar que se puede mejorar el

trabajo conjunto de ellos (Tractor de Orugas y Rodillo de Tiro) aprovechando al máximo los sistemas mecánicos e hidráulicos ligados directamente a su funcionamiento. Otra necesidad observada es el reducido soporte ofrecido por el proveedor de las Rola de Tiro y la poca disponibilidad de sus partes. Lo comentado nos permite ofrecer una alternativa de mejora, aprovechar la potencia hidráulica disponible del tractor de orugas para accionar el mecanismo de vibración adaptado a la Rola de Tiro, eliminando el motor diésel del rodillo, esto permite prescindir de todo lo concerniente al mantenimiento del mismo (Motor de rodillo de tiro) y aprovechar el recurso humano directamente ligado a este proceso en otras labores.



En la figura 5 se muestra al tractor de orugas y rodillo de tiro en el proceso de compactación de la superficie del talud del dique de la presa de relaves, este par de máquinas realizan una sola función, aquí tenemos 2 motores diésel interviniendo, el Motor del Tractor y el de la Rola.



## **Importancia de la compactación de la superficie de la presa de relaves**

La construcción de la presa de relaves de la empresa minera, en especial uno de grandes dimensiones, es una parte importante del proceso de producción de esta. Ya que involucra la contención de los residuos del proceso de concentradora, esto con la finalidad de preservar los entornos naturales y prevenir impactos medioambientales ligados a extracción de minerales.

- Según el Minem (1995), en la Guía Para el Manejo de Relaves Mineros, indica que su propósito es que se pueda usar como un documento de referencia y soporte técnico para ayudar en la preparación de los Estudios de Impacto Ambiental y los Programas de Adecuación y Manejo Ambiental (PAMA) según lo requiere la regulación para la protección ambiental en las actividades mineras y metalúrgicas (DS No. 016-93-EM) y su modificación (DS No. 059-93-EM). En una perspectiva a largo plazo, esta Guía se propone ayudar a la industria, a los consultores, y al personal del gobierno a comprender el amplio y complejo problema asociado con el manejo de los relaves, enfatizando no sólo las condiciones operacionales sino también aquéllas posteriores a la clausura.

Por ello, su mejora en tiempos o en utilización de los recursos que intervienen en la construcción de la Presa se hacen vitales, como se comentó en la parte inicial, la compactación del terreno del talud del Dique y de otras zonas de la Presa es parte fundamental del proceso.

Según Cabrera (2018, p. 7), En su investigación indica que uno de los factores asociados a la generación de mecanismos de falla en depósitos de relaves de acuerdo a antecedentes asociados, son los niveles de compactación en el depósito de relaves.

Tabla 1. Factores asociados a los mecanismos de fallas en presas de relaves

Grupo	Denominación	Factores
1	Tipo de Depósito	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tranque de arena de relave</li> <li>- Embalses de relave</li> <li>- Depósito de relave filtrado</li> <li>- Depósito de relave en pasta</li> <li>- Depósitos de relaves espesados</li> </ul>
2	Configuración Geométrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Altura de revancha</li> <li>- Ancho de coronamiento</li> <li>- Pendiente global del talud</li> </ul>
3	Calidad del relave y niveles de compactación alcanzados en el depósito	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Granulometría y plasticidad de la fracción fina</li> <li>- Nivel de compactación</li> </ul>
4	Suelo de fundación	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Caracterización del suelo de fundación para el proyecto de diseño</li> </ul>
5	Antecedentes analizados de instrumentación y monitoreo	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Posición de niveles freáticos</li> <li>- Funcionamiento sistema de drenaje</li> <li>- Aceleraciones sísmicas</li> <li>- Movimientos de muros y/o depósitos</li> <li>- Otros</li> </ul>
6	Comportamiento mecánico durante la fase operacional (historia de la instalación)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estabilidad física evaluada durante la fase operacional</li> <li>- Incidentes con impacto a las operaciones</li> <li>- Cierres temporales por incidentes</li> </ul>
7	Entono regional para la condición de cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sismicidad</li> <li>- Crecidas</li> <li>- Régimen de vientos</li> </ul>
8	Grado de implementación de medidas para asegurar la estabilidad física en la etapa de cierre	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificación de obras y acciones implementadas, según lo indicado en el plan de cierre aprobado</li> </ul>

Fuente: SERNAGEOMIN, 2018

#### 1.4. Formulación del Problema

- **Pregunta general**

¿Cómo la gestión de mantenimiento incrementa la productividad en una empresa minera del sur?

- **Preguntas específicas**

- ✓ ¿Cómo se diagnosticó la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rodillos de Tiro?

- ✓ ¿Cómo se analizaron las propuestas de solución?

- ✓ ¿Cómo se realizó el análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento?

- ✓ ¿Cómo se evaluaron los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad?

Tabla 2: Formulación del problema

<b>FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b>		
<b>Problema</b>	<b>Causas</b>	<b>Efectos</b>
El bajo soporte del proveedor y la poca disponibilidad de partes generan baja disponibilidad y elevados costos de mantenimiento de la flota de Rolas de tiro. Por ende, baja productividad.	Fallas constantes en las partes internas de los tambores de las Rolas (rodamientos y eje desbalanceado, proveedor no ofrece solución al problema.	Baja disponibilidad de flota, elevados costos de mantenimiento. Retrasos en la compactación del talud del dique de la presa de relaves.

Fuente: Elaboración propia

### **1.5. Justificación e Importancia de Estudio**

El presente trabajo de investigación se justifica en el hecho de presentar una alternativa de solución para evitar demoras por falta de recursos en procesos de importancia dentro de la empresa, el área de Mantenimiento Mina invierte recursos valiosos en el mantenimiento de la Rolas de Tiro que son esenciales en el proceso de compactación del talud del Dique de la presa de relaves, los costos de mantenimiento son elevados por las constantes fallas de la máquina y el bajo soporte ofrecido por el proveedor, sumado a la escases de los repuestos, todos estos factores generan también una baja disponibilidad de estos equipos bastante requeridos para el usuario final.

La importancia recae en la propuesta de mejora presentada, el análisis y factibilidad de modificación de la máquina y lo obtenido luego de ello se puede resumir en lo siguiente: elevar la disponibilidad de la flota de Rolas de Tiro para la compactación del talud del Dique de la presa de relaves, disminuir el costo de mantenimiento, aprovechamiento del recurso, presentar ideas de innovación en favor de mejorar los procesos de mantenimiento.

## **1.6. Hipótesis**

Es probable determinar como la gestión de mantenimiento incrementa la productividad en una empresa minera del sur.

## **1.7. Objetivos**

### **1.7.1. Objetivo General**

Determinar como la gestión de mantenimiento incrementa la productividad en una empresa minera del sur.

### **1.7.2. Objetivos Específicos**

- Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rodillos de Tiro.
- Analizar las propuestas de solución.
- Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.
- Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.

## II. MATERIAL Y MÉTODO

### 2.1. Tipo y diseño de investigación

#### **Tipo de investigación**

El presente trabajo de investigación es de tipo Descriptivo.

Según Hernández, R. y otros. (2014), comentan que con los Estudios Descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis.

#### **Diseño de investigación**

La presente investigación contempla un diseño No Experimental ya que no se va manipular la variable independiente.

Según Hernández, R. y otros. (2014), comentan que en un estudio No Experimental no se genera ninguna situación, sino que se observan situaciones ya existentes, no provocadas intencionalmente en la investigación por quien la desarrolla. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible su manipulación, no se tiene control directo sobre dichas variables ni se puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos.

### 2.2. Población y muestra

La presente investigación contempla una población referida a una flota de máquinas, en este caso tenemos:

- 06 rodillos de tiro.

Se define que, por ser una población pequeña referida a esta flota de máquinas, no se requirió de herramientas de análisis estadístico ni software relacionado para calcular la muestra.

La muestra fue referida a una de las máquinas de la flota, en ella se realiza el análisis de todo el proceso de producción e indicadores de productividad, de igual modo fue, para el caso del desarrollo de la propuesta de mejora, la cual consistió en la modificación y adaptaciones en la maquinaria, La supervisión del área solo aprobó la utilización de un rodillo de tiro y un tractor de orugas para esto, al finalizar este proceso, se analiza el proceso de mantenimiento y la productividad referida a esta máquina, luego de ello, quedó en decisión de la gerencia la implementación a toda la flota.

### **2.3. Variables y operacionalización**

Variable Independiente: Gestión del mantenimiento

Variable Dependiente: Productividad

Tabla 3: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	
<b>GESTIÓN DE MANTENIMIENTO</b>	Según Mora (1990), Definimos gestión de mantenimiento al conjunto de operaciones que garantiza la continuidad de toda actividad operativa, previniendo las demoras por falla en los equipos o maquinaria con los que se cuenta	Direccionamiento del proceso.	Tiempo estimado por trabajo programado	HH= (Tiempo laborado x cantidad de trabajadores)	Horas Hombre	Ordinal
			Relación entre el tiempo disponible de la maquinaria y sus paradas	$D (\%) = \frac{\text{Tiempo productivo}}{\text{Tiempo disponible}}$	Disponibilidad	Razón
		Costos del proceso productivo.	Inversión específica del proceso de mantenimiento	CT= (Costo de Repuestos + Costo anual combustible x rodillo)	Costos mantenimiento	Ordinal



<b>PRODUCTIVIDAD</b>	Según Prokopenko (1989), comenta que la Productividad es la relación entre la producción (resultados) obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla.		Producción del área en un determinado tiempo	$C = \frac{\text{Producción}}{\text{Tiempo}}$	Capacidad	Razón
	En mantenimiento la productividad va referida al cumplimiento de todo lo planificado en labores de corto, mediano y largo plazo.	Indicadores productivos de flota de rodillos de tiro	Relación entre los recursos utilizados en el proceso y los logros alcanzados	$E = \frac{\text{Prod. Real}}{\text{Prod. Efectiva}}$	Eficiencia	Razón
			Relación entre los resultados obtenidos y acciones realizadas	$E = \frac{\text{Prod. Real}}{\text{Prod. Efectiva}}$	Eficacia	Razón
			Uso del recurso disponible frente a lo utilizado	$U (\%) = \frac{\text{Disponibilidad}}{\text{Uso real de máquina}}$	Utilización	Razón
			Trabajo realizado frente a lo programado.	$R (\%) = \frac{\text{Trabajo útil}}{\text{Trabajo total}}$	Rendimiento	Razón

Fuente. Elaboración propia.

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Antes de comentar las técnicas e instrumentos de datos utilizados, se analiza la técnica para determinar el área específica de desarrollo de la presente investigación, el área de mantenimiento mina de esta empresa minera cuenta con 4 áreas principales:

**Mantenimiento Carguío:** área encargada del carguío de material a los camiones de acarreo, en esta área es la encargada de ofrecer mantenimiento a las palas eléctricas e hidráulicas, cargadores frontales y perforadoras.

**Mantenimiento Acarreo:** área encargada de dar mantenimiento a la flota de camiones gigantes, encargada básicamente del traslado del mineral de los tajos hacia las chancadoras.

**Mantenimiento de Flota auxiliar:** área encargada de dar mantenimiento a la flota de tractores de orugas, tractores de ruedas, excavadoras, motoniveladoras, rodillos compactadores, etc.

**Mantenimiento eléctrico mina:** área encargada de dar soporte y mantenimiento a toda actividad eléctrica relacionado a la maquinaria e instalaciones.

Si bien, la gerencia de mantenimiento mina abarca un campo extenso de áreas cuyo trabajo en conjunto permite la constante operatividad de la maquinaria involucrada en el proceso de minado, para determinar el área de mantenimiento específico de desarrollo de la presente investigación se emplea una tabla de evaluación de criterios, cuya matriz relaciona 3 factores principales, uno de ellos es el hecho de trabajar en el área donde se desarrolla la investigación y el acceso a la información, factor fundamental para el desarrollo del mismo, otro factor analizado es la

importancia de la maquinaria en el proceso que participa, los rodillos compactadores de ruedas y de tiro son considerados una de las principales flotas en el proceso de construcción de la presa de relaves de esta empresa minera, el constante y seguro crecimiento del mismo es garantizado por el normal cumplimiento de los planes de descarga y compactado de arenas. El tercer factor va relacionado al KPI de disponibilidad, la flota de rodillos compactadores de tiro, se veían seriamente afectados en este indicador por las constantes fallas en sus rodamientos internos. Se aplican los criterios de evaluación a las 3 primeras áreas principales, referidas netamente al mantenimiento mecánico de la maquinaria.

Tabla 4: Evaluación de criterios, áreas Mantenimiento Mina

ÁREAS MANTENIMIENTO MINA		CRITERIOS			RANKING
		ACCESO A LA INFORMACIÓN	IMPORTANCIA DE LA MAQUINARIA EN EL PROCESO	DISPONIBILIDAD DE FLOTA	
<b>CARGUÍO</b>	PALAS ELÉCTRICAS	1	3	1	5
	PALAS HIDRAÚLICAS Y CARGADORES FRONTALES	1	2	1	4
	PERFORADORAS	1	3	1	5
<b>ACARREO</b>	CAMIONES GIGANTES	1	2	2	5
<b>FLOTA AUXILIAR</b>	TRACTORES MINA (FLOTA AUX)	1	2	2	5
	<b>TRACTORES Y COMPACTADORES DE RELAVES</b>	3	3	3	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Matriz de evaluación de criterios.

ACCESO A LA INFORMACIÓN		IMPORTANCIA DE LA MAQUINARIA EN EL PROCESO		DISPONIBILIDAD DE FLOTA	
<b>Área permite acceso a la información</b>	3	Detención de maquinaria detiene el proceso, no cuenta con reemplazo	3	Disponibilidad de flota > 90%	1
<b>Área permite el acceso a información solo lectura o consulta</b>	2	Detención de maquinaria detiene el proceso por un determinado tiempo o cuenta con reemplazo.	2	Disponibilidad de flota < = 90%	2
<b>Área no permite acceso a la información</b>	1	Detención de maquinaria no detiene el proceso, cuenta con reemplazo	1	Disponibilidad de flota < 90%	3

Fuente: Elaboración propia.

Las técnicas empleadas en el presente trabajo de investigación fueron el Registro de Datos y el Análisis Documentario. Después del análisis del problema y factibilidad, se opta por la modificación de la maquinaria para mejorar el proceso, cada avance es registrado para analizar su evolución. Los datos registrados están referidos netamente a dimensiones técnicas medidas durante todo el proceso de modificación, luego de ello el análisis del impacto en el proceso de mantenimiento de esta flota y la repercusión en el proceso de compactación del Talud del Dique de la Presa de Relaves. En los instrumentos de recolección de datos se utilizan una Ficha de Registro de Datos y la Ficha de Análisis Documentario referente a manuales técnicos e informes de capacidad del área, estos documentos nos permiten en primer lugar, tomar las consideraciones de seguridad y cuidado del medio ambiente referidos en su parte inicial, para que cualquier persona asignada al trabajo pueda usar dichas fichas y poder aplicar los mismos criterios, luego de ello, registrar todas las observaciones técnicas de cada avance e ir evaluando su evolución en el tiempo.

La validación la realizaron 3 jueces expertos, la data relacionada a indicadores de productividad fue solicitada también al supervisor del área para el análisis, los instrumentos utilizados y validados se muestran en los anexos.

Tabla 6: Técnicas e instrumentos de recolección de datos

<b>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>UNIDADES DE ANÁLISIS</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>
Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rolas de Tiro.	-Proceso de mantenimiento (producción) -Flota de máquinas -Compactado de arenas	Horas hombre  Disponibilidad Costos	Análisis documentario	Ficha de registro documentario
Analizar las propuestas de solución.	Flota de máquinas		Análisis documentario	Ficha de registro documentario
Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.	Rola de tiro y Tractor de orugas (parte de la flota de máquinas)	Horas Hombre Plan ejecución	Registro de datos Registro de datos	Ficha de registro de datos Ficha de registro de datos
Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.	-Proceso de mantenimiento (producción) -Flota de máquinas -Compactado de arenas	Disponibilidad Eficiencia Capacidad Costos Eficacia	Análisis documentario	Ficha de registro documentario

Fuente. Elaboración propia

## 2.5. Procedimiento de análisis de datos

Para el análisis de los datos se usa el Excel, se comenta la secuencia relacionada a lo realizado y la estrategia desarrollada en todo este proceso. Se establece como procedimiento en la parte inicial, el análisis de la parte documentaria para observar los datos referidos a: costos, indicadores de mantenimiento, disponibilidad de maquinaria de soporte al área, etc. Toda esta data está contemplada en el software de gestión de la empresa. De acuerdo al análisis de esta documentación se estimó que, se requería revisar el proceso de mantenimiento de la flota de rodillos de tiro, ya que todo lo establecido en lo que respecta a metas no se había cumplido, adicional al impacto negativo generado en el usuario a cargo de la operación de la maquinaria.

En la siguiente fase se evalúan datos técnicos de manuales referidos a la capacidad de cada máquina (Tractor de Orugas y Rodillo de Tiro), en función de saber si mecánicamente es factible la modificación, temas relacionados a consumo de combustible, potencia del sistema hidráulico, temperaturas, rangos de vibración, etc. Son analizados, Los factores de seguridad y cuidado del medio ambiente relacionados son considerados.

Durante todo el proceso de modificación, como herramienta principal se utiliza la Ficha de Registro de Datos, se analizan todos los datos encontrados en cada etapa del proceso de modificación de la maquinaria, de acuerdo a las especificaciones técnicas consideradas, el campo de "Comentarios" era esencial para ofrecer una opinión acerca del avance y el siguiente pasó a desarrollar. En ciertas ocasiones las pruebas no ofrecían un avance y se tenía que remitir nuevamente a la información técnica del fabricante de cada máquina para analizarla y continuar con el desarrollo del proyecto.

En la parte final, luego de concluido la modificación y puesta en marcha del proyecto, nos referimos nuevamente al análisis documentario, el Informe de Capacidad del área es analizado para ver los cambios más significativos en los indicadores referidos al mantenimiento de la flota de rolas de tiro y su implicancia en el usuario final del equipo.

## 2.6. Criterios éticos

Alejos, R. (2008), comenta en el artículo Principios éticos y de calidad, “La ética es una teoría, exploración o descripción de un modelo de experiencia humana o forma de comportamiento de las personas: el de la moral, pero considerado en su totalidad, diversidad y variedad. El valor de la ética como teoría está en lo que interpreta, no en prescribir o recomendar con vistas a la acción en situaciones concretas”.

De ello mencionamos los siguientes criterios éticos utilizados:

**Autenticidad.** - la presente investigación presenta autenticidad ya que la propuesta de mejora fue desarrollada y el impacto en el área fue relevante, se asegura la disponibilidad de la flota en estudio y se revierte la situación de falta de maquinaria para el cumplimiento del compactado de arenas del talud de la presa de relaves, al ser implementado un sistema sellado de rodamientos la disponibilidad se incrementa de 68% a 90%.

**Aplicabilidad.** - la propuesta de mejora, es aplicable a otras áreas de la empresa o a otras empresas que cuenten con equipos similares, el identificar el problema en una máquina que participa en un determinado proceso y luego de ello determinar modificarlo, recae en decisiones que contemplen su factibilidad de ejecución, es este caso fue posible implementar lo propuesto. El promedio en costos de implementación bordeó los U\$D 80.000.

**Relevancia.** - la presente investigación presenta relevancia, ya que definir una propuesta de solución y que sea aceptada para ejecución, nos permite entender la necesidad de esta flota de equipos en el proceso en el que participan, asegurar su disponibilidad por encima del 90% representa una prioridad dentro del marco de ejecución.

**Replicabilidad.** - el presente trabajo de investigación y su propuesta de mejora pueden ser replicables en otras organizaciones que cuenten con maquinaria similar, el presupuesto de ejecución tiene que ser considerado, procedimientos de seguridad relacionados a las pruebas tienen que ser considerados, ya que se está trabajando con fluido hidráulico a alta presión.

## 2.7. Criterios de rigor científico

El rigor científico, considera el cumplimiento de los principios planteados en el CRI (Conducta responsable en investigación), los mismos que bajo ningún tipo de actividad o hecho podrá ser modificado a lo largo de la investigación. La actividad científica, debe desarrollarse en base a la honestidad, el análisis riguroso de los datos, el compromiso con la verdad y el seguimiento de normas profesionales.

De ello mencionamos los siguientes criterios de rigor científico utilizados:

**Credibilidad.** - la culminación y puesta en marcha del proyecto, basado en la modificación del rodillo compactador, fue validado por los participantes y por los supervisores de área, los datos técnicos considerados en la presente investigación son extraídos de los manuales de fabricante y los datos relacionados a la modificación, pueden ser replicados a otras realidades.

**Fiabilidad.** - los datos expuestos en la investigación ofrecen resultados acertados y acorde con los objetivos alcanzados. La disponibilidad de maquinaria se incrementa en promedio un 15% y los costos se reducen en más del 50%.



**Objetividad.** - la presente investigación detalla una realidad relacionada a esta empresa minera, por ende, la idea de lo expuesto como mejora, es contemplada en el proceso de esta área en particular, si fuera el caso puede ser considerado como propuesta de mejora en otras realidades, pero hay que tener en cuenta lo considerado en la parte inicial de la propuesta de mejora.

**Consistencia.** - todos los elementos relacionados a la presente investigación están integrados en relación y secuencia, acorde al estudio desarrollado.

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Diagnóstico de la empresa**

La empresa donde se desarrolla la investigación es una empresa minera dedicada a la explotación de cobre y molibdeno, con una política de seguridad y cuidado del medio ambiente bien definidos. En ese aspecto es que, se incide constantemente en el cumplimiento de todo lo establecido para realizar un trabajo seguro y la búsqueda de mejoras en los procesos, con la finalidad de garantizar la seguridad y el bienestar de todos sus integrantes al igual que sus familias, aspectos como la observación de falencias y/o cuellos de botella en los procesos productivos, puntos no considerados los cuales requieren revisión, el ofrecer ideas para corregirlos y trabajar en su posterior implementación, son aspectos en los que se incide constantemente, en este panorama que impulsa la empresa, es que se identifica la problemática planteada. la empresa como parte de su política de privacidad y cuidado de información no permite la divulgación de datos relacionados a sus procesos productivos, lo evidenciado pertenece a un caso real cuyo planteamiento resuelve una necesidad clara en un área específica.

##### **3.1.1. Información general de la empresa**

La presente investigación es desarrollada en una mina de cobre, Ubicada en el sur del Perú.

Actualmente esta empresa explota cobre y molibdeno a través del minado a tajo abierto, todo este mineral es procesado por sistemas de lixiviación y concentrado de mineral.

El proceso de lixiviación permite la obtención de cátodos de cobre, en cambio, el proceso de concentrado de mineral, se realiza en la planta concentradora, aquí se producen los concentrados de cobre, molibdeno y los relaves.

### **3.1.2. Descripción del proceso productivo o de servicio**

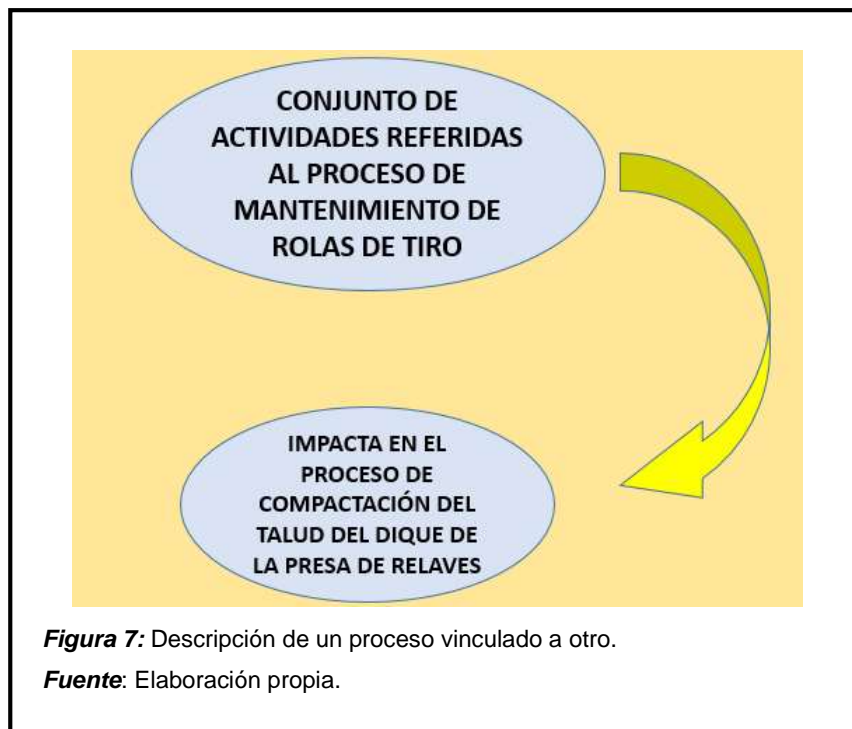
El área de Mantenimiento Mina, provee el mantenimiento a una amplia diversidad de máquinas, dependiendo del proceso productivo al cual pertenezcan, se tiene la maquinaria que intervienen en el carguío de mineral, el acarreo, el chanchado, mantenimiento de vías, compactación de superficies, etc.

La investigación está centrada en la maquinaria que interviene en la compactación del talud de la presa de relaves, en esta área se tienen tractores de oruga, retroexcavadoras, rodillos compactadores autopropulsados y rolas de tiro.

El área de mantenimiento de tractores de relaves es la encargada de dar mantenimiento a esta maquinaria.

El proceso inicia con el planeamiento de todo lo relacionado al mantenimiento programado de estos equipos, esta programación consta de evaluar los próximos trabajos a realizar, evaluación del recurso necesario para realizarlo, solicitud de partes, etc., el garantizar la operatividad de la maquinaria involucrada en el proceso de compactado de la superficie del talud de la presa de relaves es el objetivo principal de esta área, ya que se identifica que el proceso de compactado de arenas es un factor primordial considerado en la construcción del mismo.

Las rolas de tiro específicamente, realizan la compactación del talud de la presa de relaves, esta flota de 6 máquinas compactan en un determinado lapso de tiempo un volumen estimado de arenas descargadas en el talud, no se utiliza otro tipo de maquinaria por la pendiente del mismo, esta máquina es jalada por un tractor de orugas, la disponibilidad de esta flota es un indicador bastante relevante, refleja el desempeño del área de mantenimiento de tractores de relaves, la disponibilidad de esta flota también tiene un impacto directo en la productividad del proceso de compactado. Se concluye que, el proceso de mantenimiento y la disponibilidad de la flota de rolas de tiro impacta directamente en el proceso productivo de compactado de arenas descargadas en el talud de la presa de relaves.



### 3.1.3. Análisis de la problemática

La problemática es identificada en el área de mantenimiento de tractores de relaves, la baja disponibilidad de la flota de rolas de tiro y el impacto que genera en el proceso de compactación de arenas del talud de la presa de relaves, refieren el siguiente análisis.

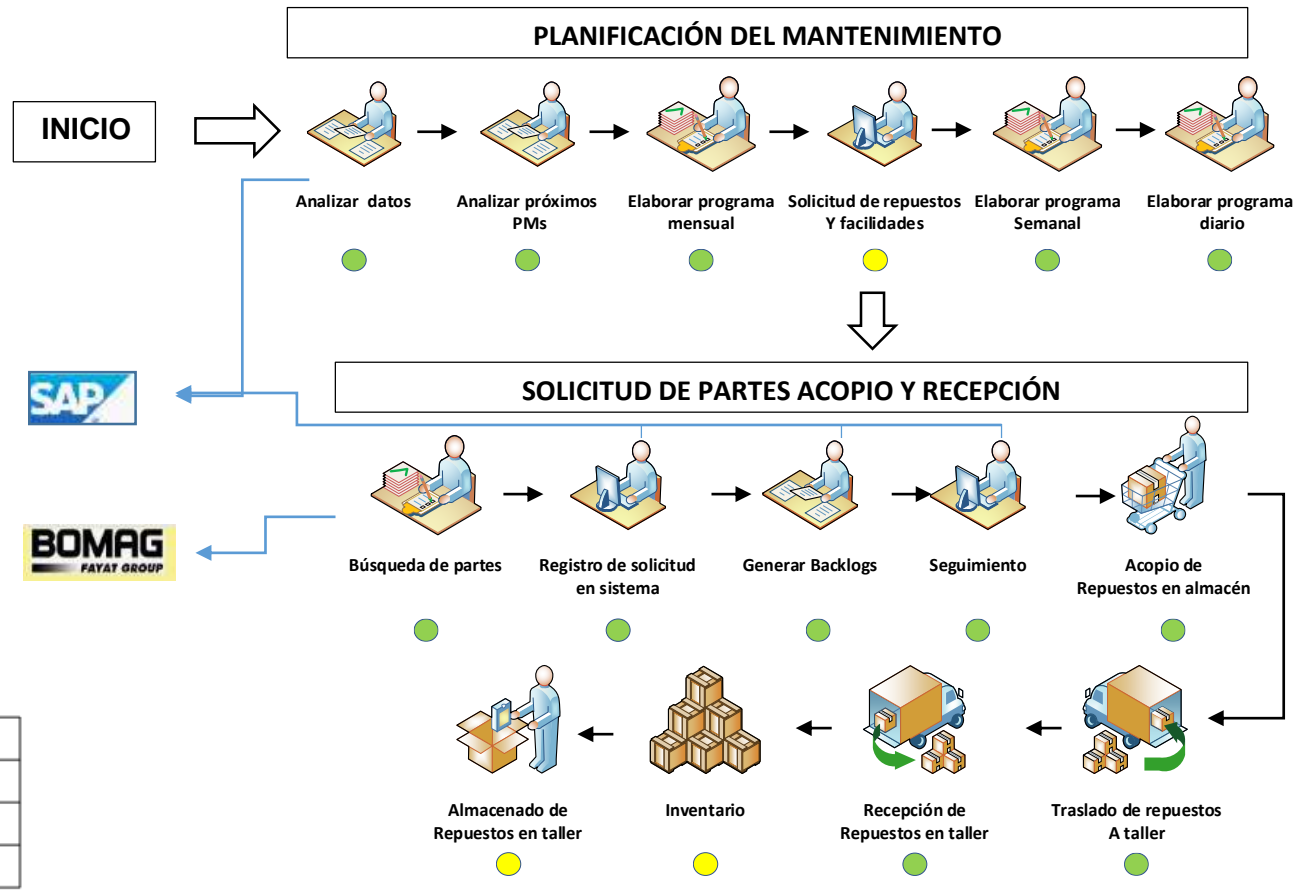
Se menciona que lo especificado a continuación se realiza a una de las rolas de tiro, en la cual se desarrolla el análisis de producción y productividad en el área de mantenimiento y el área en la cual se desempeña, la presa de relaves, la supervisión del área da indicaciones claras de que se trabaje con la Rola 08 y dependiendo de los resultados encontrados, el replicarlo a toda la flota de 06 Rolas quedaría a decisión de la gerencia del área.

Tabla 7: Secuencia de análisis de la problemática

<b>ITEM</b>	<b>SECUENCIA DE ANÁLISIS</b>
<b>1</b>	MAPEO DE PROCESO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN
<b>2</b>	MAPEO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE RODILLOS DE TIRO
<b>3</b>	DIAGRAMA DAP (MEDIR TIEMPOS DE OPERACIONES)
<b>4</b>	ANÁLISIS DE DISPONIBILIDAD DE ROLA X (2017)
<b>5</b>	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS TOTALES REFERIDOS AL CAMBIO DE RODAMIENTOS DE ROLA X (2017)
<b>6</b>	RESUMEN DE COSTOS Y TIEMPOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO ROLA X (2017)
<b>7</b>	ANÁLISIS DEL IMPACTO EN EL PROCESO PRODUCTIVO DEL COMPACTADO DE ARENAS DEL TALUD DE LA PRESA DE RELAVES

Fuente: Elaboración propia.

## MAPEO DEL PROCESO DE PLANIFICACIÓN



CÓDIGO DE COLORES	
●	BUENO
●	OBSERVADO
●	REQUIERE REVISIÓN

**Figura 8:** Mapeo de procesos, Planificación del mantenimiento

**Fuente:** Elaboración Propia

## MAPEO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE RODILLOS DE TIRO

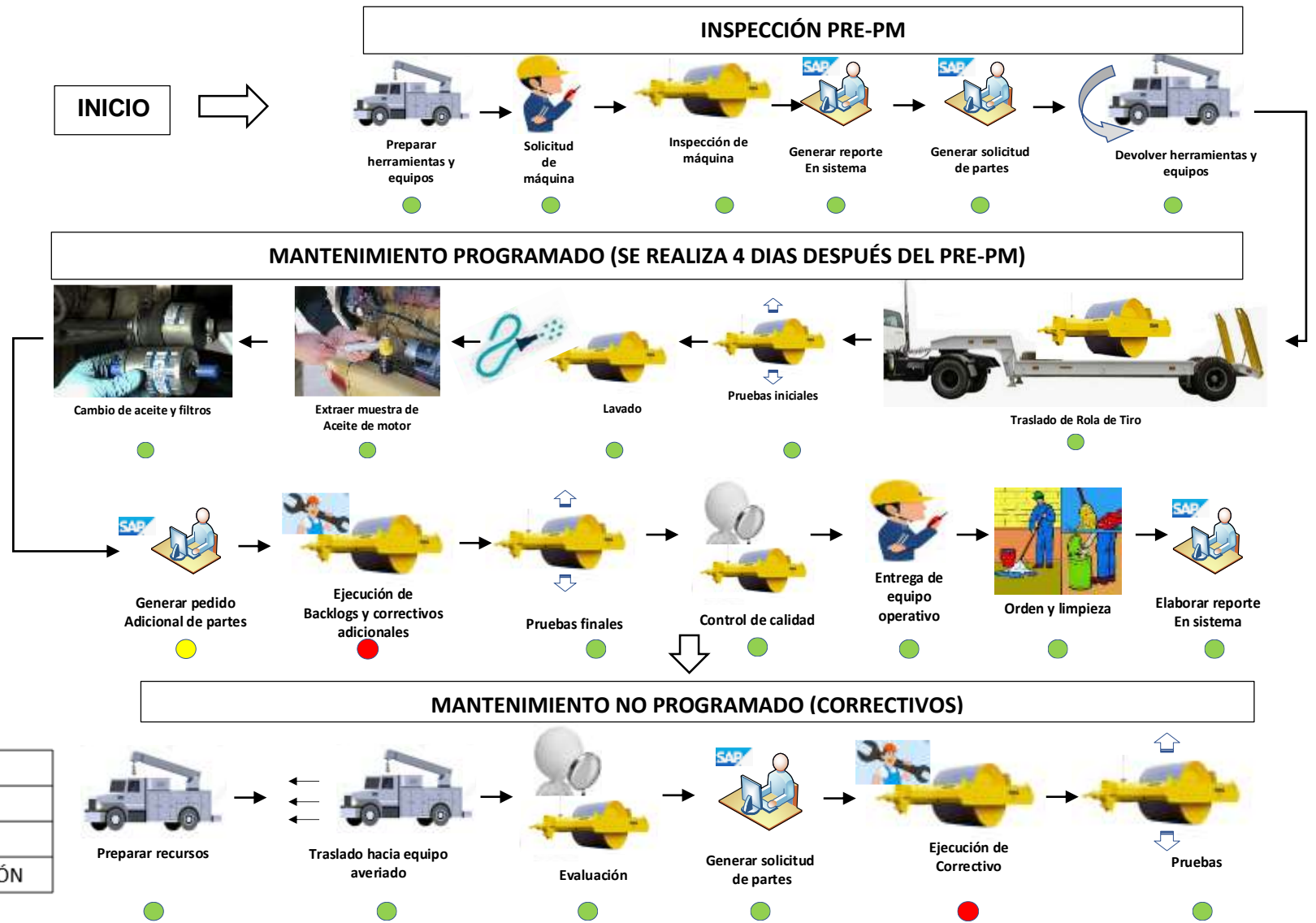


Figura 9: Mapeo de procesos, Mantenimiento de rodillos de tiro

Fuente: *Elaboración Propia.*

El mapeo de los principales procesos de mantenimiento de Rolas de Tiro de esta empresa minera contempla 2 principales áreas: el área de planificación, encargada netamente de la programación de todos los mantenimientos relacionados a estos equipos, solicitud de repuestos y facilidades y el área de mantenimiento encargada netamente a labores referidas al mantenimiento de esta flota de equipos y al cumplimiento de la programación realizada por el área de planificación, ambos procesos se distinguen por reportar a superintendencias distintas (Soporte y servicios y Mantenimiento Mina), pero en la práctica son 2 procesos ligados uno al otro por la labor conjunta realizada.

La Planificación del mantenimiento inicia con el análisis de datos, es la operación en la que se analiza la información como reportes de fallas, horómetros, próximos cambios de componentes, Stock de repuestos, mantenimiento a los equipos de soporte, etc. Para realizar la proyección y solicitud de recursos, de ello deriva la programación de los próximos mantenimientos a realizar, la programación mensual y semanal, de mantenimiento, el programa diario, es un plan más específico desarrollado con los actuales reportes de fallas y reporte de pre-inspección elaborado por el área de mantenimiento, el programa que se usa para el registro de todo lo detallado es el SAP, el Excel se usa registro de datos usados en todas las programaciones de mantenimiento.

- La operación observada, Solicitud de repuestos y facilidades, cuenta con el siguiente subproceso: solicitud de partes acopio y recepción, el cual refiere las siguientes operaciones:

Búsqueda de partes, registro en sistema, generación de backlogs, seguimiento, acopio en almacén de repuestos, traslado de repuestos, recepción en taller y almacenamiento, se observa las operaciones de inventario porque, se han tenido inconvenientes en esta operación ya que al momento de realizar el inventario en personal encargado no lo realizaba adecuadamente y se recurría constantemente en ítems



faltantes luego de culminado el inventario. El almacenaje de los repuestos recepcionados no era el correcto ya que no se realizaba un adecuado relevo de los mismos, dándose por perdidos algunos repuestos y generando nuevos pedidos de partes.

Para el caso del mapeo de los principales procesos de mantenimiento de las Rolas de tiro tenemos: la inspección Pre-PM, que consta de una serie de operaciones realizadas en campo, cuya finalidad es detectar fallas en el equipo para ser solucionadas en el próximo mantenimiento programado, por lo general se realiza con 4 días de antelación, esto relacionado al tiempo de respuesta del almacén de repuestos.

El proceso de mantenimiento programado se realiza luego de 4 días de desarrollado el Pre-PM, aquí tenemos las operaciones de traslado de la rola de tiro de campo hacia talleres, las pruebas iniciales en el equipo, el lavado antes de ingresarlo al taller, como inicio del PM se extrae la muestra de aceite del motor Diesel para análisis, se realiza el cambio de filtros y aceite de Motor. Luego de ello se observan las siguientes operaciones:

- generar pedido adicional de partes y ejecución de backlogs y correctivos adicionales, estas operaciones se observan por tener constantes ítems de solicitudes de partes realizadas por olvido, pérdida o deterioro, lo que genera una demora en el proceso y un incremento en el costo del mantenimiento.

El punto más crítico y el cual requiere un enfoque de solución es la ejecución de correctivos adicionales, aquí se detecta constantemente, la falla de los rodamientos de traslación y de vibración, lo cual implica realizar un trabajo que no estaba contemplado en el plan diario, el cual incurre en sumarle en promedio 48 horas más de parada al equipo (tiempo promedio de cambio de ambos rodamientos).

Continuando con el mantenimiento programado tenemos la operación de pruebas finales, control de calidad, entrega del equipo, orden y limpieza del taller y realizar el reporte. El mantenimiento programado se realiza en promedio en horas, 2 técnicos mecánicos realizan dicho proceso.

El Mantenimiento no Programado o la realización de trabajos correctivos es parte del proceso de mantenimiento de las rolas de tiro, las operaciones consideradas son: la preparación de recursos, equipos y herramientas, el traslado al lugar exacto donde se encuentra la máquina, la evaluación de la falla, la ejecución del trabajo correctivo, esta operación es observada por lo siguiente:

- En un gran porcentaje las detenciones de la máquina son relacionadas a la falla de los rodamientos de traslación y vibración originalmente y de diseño expuestos a agentes externos del ambiente de trabajo como: sílice y agua. Las demás detenciones están relacionados a fallas en sistema eléctrico, fugas de aceite, fugas de combustible, fallas en el sistema de transmisión de potencia.

Tabla 8: Diagrama (DAP) análisis mantenimiento rodillos de tiro

Diagrama de Análisis de Proceso: Mantenimiento programado de Rolas de Tiro							
DESCRIPCIÓN	D	T	Total				Observación
			○	➡	D	□	
Traslado de Rola de Tiro		90'		●			
Pruebas iniciales		15'				●	Inspección
Lavado		40'	●				
Extraer muestra de aceite de Motor		10'	●				Inspección
Cambio de aceite y filtros		120'	●				
Generar pedido adicional de partes		15'		●			
Ejecución de Backlogs		120'	●				
Ejecución de correctivos adicionales		2621.4'			●		Cambio de rodamientos
Pruebas finales		15'				●	Inspección
Control de Calidad		10'				●	Inspección
Entrega de equipo operativo		2'	●				
Orden y limpieza		30'	●				
Elaborar reporte en sistema		15'	●				

Resumen:

Actividad	Símbolo	Número	Tiempo total (min)
Operación	○	7	337'
Transporte	➡	1	90'
Demora	D	2	2621.4'
Inspección	□	3	40'
Almacenamiento	▽	0	-
			3088.4'

En resumen, el análisis del diagrama del proceso de mantenimiento de la flota de Rolas de Tiro de esta empresa minera, refieren a observar el proceso de mantenimiento, directamente relacionado con las fallas en los rodamientos de traslación y vibración y su implicancia en la productividad del área y el impacto que genera en el proceso de compactación de la superficie del talud de la presa de relaves.

La siguiente tabla extraída del SAP refiere todas las fallas relacionadas a Rodamientos de traslación y vibración, tiempos de ejecución, disponibilidad de maquinaria para la ejecución de la compactación del talud de la presa de relaves, costos programados Vs. Reales, de ello se determina la integración de ideas para la puesta en marcha de la modificación de esta máquina.

Tabla 9: Costos y tiempos de parada Rola X -2017.

ANÁLISIS COSTOS Y TIEMPOS DE PARADA ROLA X						
MES	FECHA	DESCRIPCION	TIEMPO PARADA (Hr.)	COSTO PLAN	COSTO REAL	DISPONIBILIDAD
ENE	13/01/2017	OC RODX CAMBIO DE BATERIAS	6.2	897.75	1003.44	103.60
	23/01/2017	BO COMPACX REPARAR SISTEMA DE VIBRACION	49.3	6310.4	5320.78	<b>85.6%</b>
	27/01/2017	OC RODX FALLA DE RODAMIENTOS INTERNOS	38.7	12454.48	12683.64	
	31/01/2017	NP RODX CAMBIAR FAJAS DE SISTEMA DE VIBRACION	6.2	1030.18	829.05	
	31/01/2017	OC COMPACX CAMBIO DE FAJAS	3.2	829.05	829.05	
FEB	3/02/2017	PM4 BWX SERVICIO MTTO 250HR	8.6	93.14	94.39	100.3
	8/02/2017	OC RODOX REP SIST TRANSMISIÓN	12.3	5094.27	7108.08	<b>86.1%</b>
	23/02/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	3531.58	3290.29	
	25/02/2017	BO COMPACX CAMBIO DE POLEA CENTRIFUGA	5.2	10409.09	10089.68	
	26/02/2017	NP COMPACX REPARAR RASPADOR	12.5	234.23	185.26	
	28/02/2017	OC RODX CAMBIO DE RODAMIENTOS DEL DRUM	52.6	27319.71	28464.44	
MAR	16/03/2017	NP CAMBIO DE RODAMIENTOS VIBRAC	49.5	22035.5	21893.89	89.5
	18/03/2017	NP REPARAR POLEA EJE CENTRAL	7	256	210	<b>87.57%</b>
	20/03/2017	NP REPARAR FUGA ACEITE MOTOR	15	656	595.98	
	24/03/2017	OC BOMAG BW6 REPARAR MECANISMO DE TIRO	18	894.22	795.31	
ABR	10/04/2017	BO COMPACX CAMBIO DE RODAMIENTOS EJE EXC	53.4	45487.62	40806.21	92.8
	12/04/2017	OC COMPACX REGULAR RASPADOR	5.4	0	0	<b>87.11%</b>
	16/04/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	627.66	627.66	
	20/04/2017	OC COMPACX REPARAR BASE RASPADOR	24.9	0	0	
MAY	2/05/2017	RP RODX CAMBIO DE COMPONENTES ELECTRICOS MENORES	12.5	12504.92	10432.64	101.6
	16/05/2017	RP RODX CAMBIO RODAMIEN SIST VIBRAC X DESG	45.4	7098.67	7098.67	<b>85.89%</b>
	21/05/2017	OC COMPACX CAMBIO DE RODAMIENTOS	23.4	25615.73	25615.73	
	28/05/2017	CM RODILLOX CAMBIO DE MOTOR POR PCR	18.2	55868.41	63922.66	

	30/05/2017	OC COMPACX EVAL. Y/O REPARAC.MOTOR DIESSEL	2.1	0	0	
<b>JUN</b>	2/06/2017	OC COMPX CAMBIO DE COMPONENTES DE MOTOR	28.3	6856.03	6006.41	105.1
	12/06/2017	OC ROLAX CAMBIO FILTRO COMBUSTIBLE	2	15.65	16.69	<b>85.40%</b>
	15/06/2017	NP BOMAGX CAMBIO DE RODAMIENTOS DE VIBRACIÓN	49.8	6257.22	6001.25	
	16/06/2017	RP RODX INSTAL SIST OPERAC A CTRL INALAM	6.3	0	1773.8	
	20/06/2017	NP RODX REPARAR FRAME	12.5	0	0	
	22/06/2017	NP BOMAGX CAMBIO DE FAJAS SISTEMA VIBRAC	6.2	356.25	356.25	
<b>JUL</b>	3/07/2017	OC COMPACX EVALUAC.EJES EXCENTR.D/VIBRAC	2.3	0	0	85.2
	3/07/2017	CO COMPACTADORX CAMBIO DE MOTOR	22.5	6509.56	5243.06	<b>88.17%</b>
	11/07/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.5	627.66	0	
	16/07/2017	NP BW6 EVAL RUIDO EXTRAÑO EN DRUM	22.6	3565.89	3246.26	
	21/07/2017	RP RODX INSTALACIÓN FAROS LED	3.2	1772.61	1795.68	
	21/07/2017	OC COMPACX REPARACION POLEA CENTRIFUGA	4.1	0	0	
	25/07/2017	BO RODX NCBIO COMP DEL MOTOR X HRS	22	12284.59	11124.26	
<b>AGO</b>	12/08/2017	OC COMPACX INSTAL FAROS/CAMARAS EMPESE	5.2	757.98	757.98	97.9
	13/08/2017	NP COMPACX REPARAR CORTOCIRCUITO SIST.	8.4	265.89	625.89	<b>86.40%</b>
	14/08/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	10.3	627.66	0	
	21/08/2017	CM RODX CAMBIO DE MOTOR X PCR	22.1	50953.52	49753.53	
	25/08/2017	NP RODX CAMBIO ROD DRUM	42.8	23654	20654.88	
	29/08/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	627.66	272.71	
<b>SEP</b>	7/09/2017	OC BW6 FALLA EN RODAMIENTOS DE VIBRAC	52.3	23789.12	22.364.85	87.60
	15/09/2017	NP COMPACX EVALUAR FUGA MOTOR	26.8	235.12	235.12	<b>87.8%</b>
	23/09/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.5	627.01	811.74	
<b>OCT</b>	3/10/2017	OC COMPACX REPARACION SISTEMA VIBRACIO	32.6	10957.97	10777.29	102.1
	9/10/2017	OC COMPACX INSTALAR RASCADORES	9.2	287.68	389.7	<b>85.8%</b>
	16/10/2017	RP COMPACX ALINEAMIENTO EJE EXCENTRICO	2.3	0	0	
	20/10/2017	OC BOMAGX CAMBIO DE BATERIAS	3.2	1795.5	2081.45	
	22/10/2017	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.8	627.01	276.78	

	22/10/2017	OC COMPACX CAMBIO DE BLOQUEO ARRANQUE	2.1	189.88	132.41	
	24/10/2017	OC COMPACX CAMBIO DE BATERIA	3.3	897.75	1042.88	
	25/10/2017	OC ROLAX REPARACION SISTEMA DE VIBRACION	39.6	31559.57	31559.57	
<b>NOV</b>	20/11/2017	PG COMPACX INSTALACION DE RASPADORES	8.2	0	0	98
	21/11/2017	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTTO PREV 500HRS	8.2	414.88	0	<b>86.4%</b>
	21/11/2017	NP COMPACX FABRIC BASE PARA RASPADOR	26.1	159.37	305	
	23/11/2017	OC COMPACX RODAMIENTO SIST VIBRACION	55.5	113460.99	39414.14	
<b>DIC</b>	4/12/2017	OC COMPACX CAMBIO RODAMIENTOS	49.5	0	0	143.2
	15/12/2017	OC COMPACX CABIO CHAPA DE ARRANQUE	3	293.36	269.64	<b>80.1%</b>
	17/12/2017	OC COMPACX REPARACION POR DESALINEAMIENT	3.5	0	1509.4	
	17/12/2017	OC COMPACX DESARMADO DE ROLA	27.9	0	617.48	
	17/12/2017	OC COMPACX INSPECCION DE ROLA	2.5	0	907.82	
	19/12/2017	PG COMPACX ROTULAR PART LATERALES/SUPERI	6.9	0	0	
	19/12/2017	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTTO PREV 250HRS	7.9	414.92	201.17	
	22/12/2017	PR COMPACX CAMBIO DE RODAMIENTOS ROLA	42	18568.8	18568.8	
		DESCRIPCIÓN	PERIODO	COSTO PLAN	COSTO REAL	
		TOTAL, U\$D	2017	558659.71	458625.89	
		DIFERENCIA(PROGRAM/REAL), U\$D		100033.82		
		VARIACION (+ -10%)		17.91%		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Resumen de disponibilidad 2017

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
2017	ENERO	85.61%
	FEBRERO	86.07%
	MARZO	87.57%
	ABRIL	87.11%
	MAYO	85.89%
	JUNIO	85.40%
	JULIO	88.17%
	AGOSTO	86.40%
	SETIEMBRE	87.83%
	OCTUBRE	85.82%
	NOVIEMBRE	86.39%
	DICIEMBRE	80.11%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>86.03%</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra los porcentajes de disponibilidad del rodillo X en el periodo 2017, este indicador es uno de los más representativos en lo que respecta a productividad, ya que de ello podemos definir el tiempo que el equipo está disponible para realizar una determinada labor, en este caso la compactación del talud de la presa de relaves, la diferencia entre el objetivo y el alcanzado es de 3.97%, esto representa que en este periodo, esta máquina no ha estado disponible en el proceso productivo de compactado un aproximado de 343 hrs. Esto es significativo ya que el compactado se da en determinados horarios por la humedad específica del terreno, período y volumen de descarga. La tabla 7 muestra también la variación en costos programados y la inversión real, en este caso es del 17.91%, esto representa que en este período se ha asignado mas capital ha trabajos de mantenimiento. Esto sucede por la falla constante en esta máquina, para el área de planeamiento le resultaba difícil la consideración del presupuesto, ya que las fallas en la máquina eran constantes y sin patrones definidos.



Tabla 11: Tabla resumen, cambio de rodamientos 2017

<b>CAMBIO RODAMIENTOS</b>			
<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>CAMBIO RODAMIENTOS (Hr.)</b>	<b>COSTO REAL (\$USD)</b>
2017	ENERO	49.3	5320.78
		38.7	12683.64
	FEBRERO	52.6	28464.44
	MARZO	49.5	21893.89
	ABRIL	53.4	40806.21
	MAYO	45.4	7098.67
		23.4	25615.73
	JUNIO	49.8	6001.25
	JULIO	22.6	3246.26
	AGOSTO	42.8	20654.88
	SEPTIEMBRE	52.3	10777.29
	OCTUBRE	32.6	31559.57
	39.6	39414.14	
	NOVIEMBRE	55.5	0
	DICIEMBRE	49.5	18568.8
		42	22.364.85
	<b>TOTAL</b>	<b>699.00</b>	<b>272105.55</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>43.69</b>	
	<b>% Vs COSTO TOTAL REAL</b>		<b>40.67%</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra el tiempo invertido en el periodo 2017 en cambio de rodamientos, esto tiene que ser multiplicado por 2, ya que son 2 técnicos los que realizan esta labor, el porcentaje que representa con respecto al costo total real durante este periodo es del 40.67%.



**Figura 10:** Rodamiento de traslación

**Fuente:** Manual Bomag



**Figura 11:** Rodamiento de vibración

**Fuente:** Manual Bomag

Tabla 12: Resumen costos y tiempos PMs.

<b>COSTOS Y TIEMPOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO ROLA X</b>				
<b>FECHA</b>	<b>MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS REALIZADOS</b>	<b>TIEMPO DURACION (Hr.)</b>	<b>COSTO PROGRAM (\$USD)</b>	<b>COSTO REAL (\$USD)</b>
<b>3/02/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO 250HR	8.6	93.14	94.39
<b>23/02/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	3531.58	3290.29
<b>16/04/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	627.66	627.66
<b>11/07/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.5	627.66	0
<b>14/08/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	10.3	627.66	0
<b>29/08/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.1	627.66	272.71
<b>23/09/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.5	627.01	811.74
<b>22/10/2017</b>	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	9.8	627.01	276.78
<b>21/11/2017</b>	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500HRS	8.2	414.88	0
<b>19/12/2017</b>	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 250HRS	7.9	414.92	201.17
	<b>TOTAL</b>	<b>89.1</b>	<b>8219.18</b>	<b>5574.74</b>

Fuente: Elaboración propia.

Se referencia la tabla de costos relacionados al mantenimiento programado ya que en la propuesta se reducen los costos relacionados al mismo.

De todo lo referido en cuanto a la identificación del problema de los rodamientos en las Rolas de tiro y su implicancia en la disponibilidad de la máquina, se determina que, la disponibilidad de la máquina impactaba en el proceso productivo de compactación del talud de la presa de relaves, el cual, en un periodo de compactación, comprende un volumen específico de arenas para compactar, en un lapso de tiempo determinado.

Tabla 13: Volumen STD de descarga de arenas en talud

PRESIONES EN LINEA 18"			PRESIONES EN LINEA 18"		
Zona de descarga Talud 2 - 8 spool L-132			Zona de descarga Talud 1B, 2a - Spool A L-102		
Hora	10.00 am	11.30 am	Hora	10.30 am	11.30 am
Manómetros	Presión PSI	Presión PSI	Manómetros	Presión PSI	Presión PSI
P 44 <sup>a</sup>	130	150	P 44 <sup>a</sup>	142	147
P 66	104	109	P 66	100	102
P 72	98	102	P 72	94	90
P 81	87	92	P 81	82	78
P 99	85	88	P 99	78	75
P 102	62	72	P 102	50	48
P 122	45	55	Flujo JH m <sup>3</sup> /h	1650	1700
P 123	40	45	%Sólidos	70.2	70.4
P 132	25	30	V bomba PP 1808	87	90
Flujo JH m <sup>3</sup> /h	1610	1580	Nivel L8B	70	92
%Sólidos	70.2	70			

Fuente: Elaboración propia

La tabla 11, muestra un periodo de descarga de arenas en 4 zonas distintas del talud de la presa de relaves, cada zona está programada para descargar por el lapso de 1 hora, la descarga en las 4 zonas suma 6540 m<sup>3</sup> de material de relave con un determinado porcentaje de sólidos, este material descargado debe ser conformado, drenado y finalmente compactado.



**Figura 12:** descarga de arenas.

**Fuente:** la empresa

Tabla 14: Análisis de indicadores

<b>1 CICLO NOMINAL DE DESCARGA DE ARENAS Y COMPACTADO</b>					
<b>CANT. MAQUINAS (Flota)</b>	<b>CAPACIDAD STD BW6 (m3/hr.)</b>	<b>HORAS/ (x turno 12horas)</b>	<b>CAPACIDAD STD (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>Disponibilidad (5 máquinas)</b>	<b>Productividad (m3/hr.)</b>
<b>6</b>	360	4	8640	83.0%	1308.00
<b>Capacidad Real (m3/hr.)</b>	<b>Capacidad efectiva (m3/hr.)</b>	<b>Utilización %</b>	<b>Eficiencia %</b>	<b>Rendimiento (m3/hr.)</b>	<b>Eficacia (m3/hr.)</b>
<b>6540</b>	7171.20	33.3%	91.20%	322.5	1434.2

Fuente: Elaboración propia

El cuadro representa un escenario habitual de descarga de arenas en el talud en el lapso de 1 hora, el promedio de descarga por turno es de 6540 m<sup>3</sup>. luego de ello los tractores de oruga realizan la conformación de ese material, seguidamente entran a trabajar los rodillos de tiro, para el compactado del material conformado, en una capa de 30cm. Se menciona que la flota de Rodillos de Tiro consta de 6 máquinas, pero en la operación solo trabajan 5, ya que se cuenta con 5 tractores D6R para remolcarlos y poder compactar las arenas, la Rola extra, es considerada para mantenimiento, si una de las que está trabajando falla, entra al proceso el rodillo en Stand By, se decide esto por el indicador de capacidad efectiva de 5 Rodillos, en este escenario se cuenta con un 8% de margen de capacidad respecto a lo que se puede compactar y el volumen del material descargado. Adicional, la utilización de la maquinaria en este periodo de 4 horas llega al 33.3%.

Con este panorama se puede decir que la situación está controlada, pero el problema de los rodamientos y su implicancia en la Disponibilidad, se replica en toda la flota. Ahora mostramos un escenario real, donde fallan 2 rodillos de tiro en la misma temporalidad afectando considerablemente al proceso de compactado.

Tabla 15: Análisis situacional de falla

Equipo	Coment.	Feb-17							Mar-17																							
RODILLO X	Día	23	24	25	26	27	28	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
	Hrs. Prda.	9		5.2	12.5			52.6															49.5	7		15						18
RODILLO Y	Hrs. Prda.				3.5			46.2								9.6																

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Análisis de indicadores

<b>1 CICLO NOMINAL DE DESCARGA DE ARENAS Y COMPACTADO</b>					
<b>CANT. MAQUINAS (Flota)</b>	<b>CAPACIDAD STD BW6 (m3/hr.)</b>	<b>HORAS/ (x turno 12horas)</b>	<b>CAPACIDAD STD (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>Disponibilidad (4 máquinas)</b>	<b>Productividad (m3/hr.)</b>
<b>6</b>	360	4	8640	67%	1157.76
<b>Capacidad Real (m3/hr.)</b>	<b>Capacidad efectiva (m3/hr.)</b>	<b>Utilización %</b>	<b>Eficiencia %</b>	<b>Rendimiento (m3/hr.)</b>	<b>Eficacia (m3/hr.)</b>
<b>6540</b>	5788.80	33.3%	112.98%	403.125	1157.8

Fuente: elaboración propia

La tabla muestra el escenario con 4 Rodillos disponibles en el proceso, ya que el 1 y 2 de marzo del 2017 tenemos 2 Rodillos inoperativos, la capacidad real descargada de arenas supera en un 11% la capacidad efectiva de las 4 Rolas, la productividad también, se ve reducida en un 11% con respecto a la productividad con 5 Rodillos, esto indica que nos está haciendo falta una máquina para cumplir con la compactación del volumen de arenas descargadas. Este panorama durante el tiempo de análisis fue recurrente, se observó que, esta situación obligaba al área de Operaciones Relaves a modificar sus planes de descarga, considerar la compra y/o alquiler de otra maquinaria.

Como enfoque principal de solución por parte del área de mantenimiento se determina asegurar el porcentaje de disponibilidad de la máquina por encima del 90%, ya que el volumen de compactación de arenas siempre es el mismo.

### **3.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos**

Los resultados obtenidos con los instrumentos, reflejan el análisis inicial mostrado en el apartado anterior y lo sucesivo relacionado cada uno, a los objetivos específicos, Las operaciones desarrolladas para obtener la mejora en el proceso de producción e incrementar la productividad en esta empresa minera en el área de mantenimiento de equipos de relaves.

La ficha de registro de datos, está centrada en registrar los datos relacionados a la propuesta de mejora, basada en la modificación de la maquinaria, posterior seguimiento y observación de su funcionamiento en el tiempo, el registro también permite analizar el avance progresivo de todo lo relacionado a detalles a tomar en cuenta en el siguiente paso a realizar y no repetirlos y permitir el alcance del objetivo en los plazos definidos.

La ficha de registro de análisis documentario, permite el registro de datos que están en el software de proceso de información de la empresa, el registro de tiempos y costos referidos al mantenimiento son analizados, se registra también la revisión de los manuales técnicos de cada máquina para extraer datos técnicos que ayudaran también en el alcance de los objetivos, el software de análisis utilizado para procesar toda esta información es el EXCEL.

La siguiente tabla detalla por objetivo, el instrumento utilizado, la herramienta para procesar datos, software de análisis de información, manuales técnicos y/o herramientas de análisis empleados.

Tabla 17: Instrumentos utilizados por objetivo

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Software, manual y/o herramienta utilizada</b>	<b>Anexo y/o tabla</b>
Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rolas de Tiro.	-Ficha de análisis documentario -Ficha de registro de datos	-SAP -Excel -Manual Bomag -Diagrama causa efecto -DAP	Anexo  Tabla: 6, 7
Analizar las propuestas de solución.	-Ficha de análisis documentario -Ficha de registro de datos	-Manual Bomag -Manual Hamm -Excel	Anexo
Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.	-Ficha de registro de datos	-Excel -Plano de modificación	Anexo
Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.	-Ficha de análisis documentario -Ficha de registro de datos	-SAP -Excel	Anexo  Tabla: 23, 24, 28

Fuente: Elaboración propia.



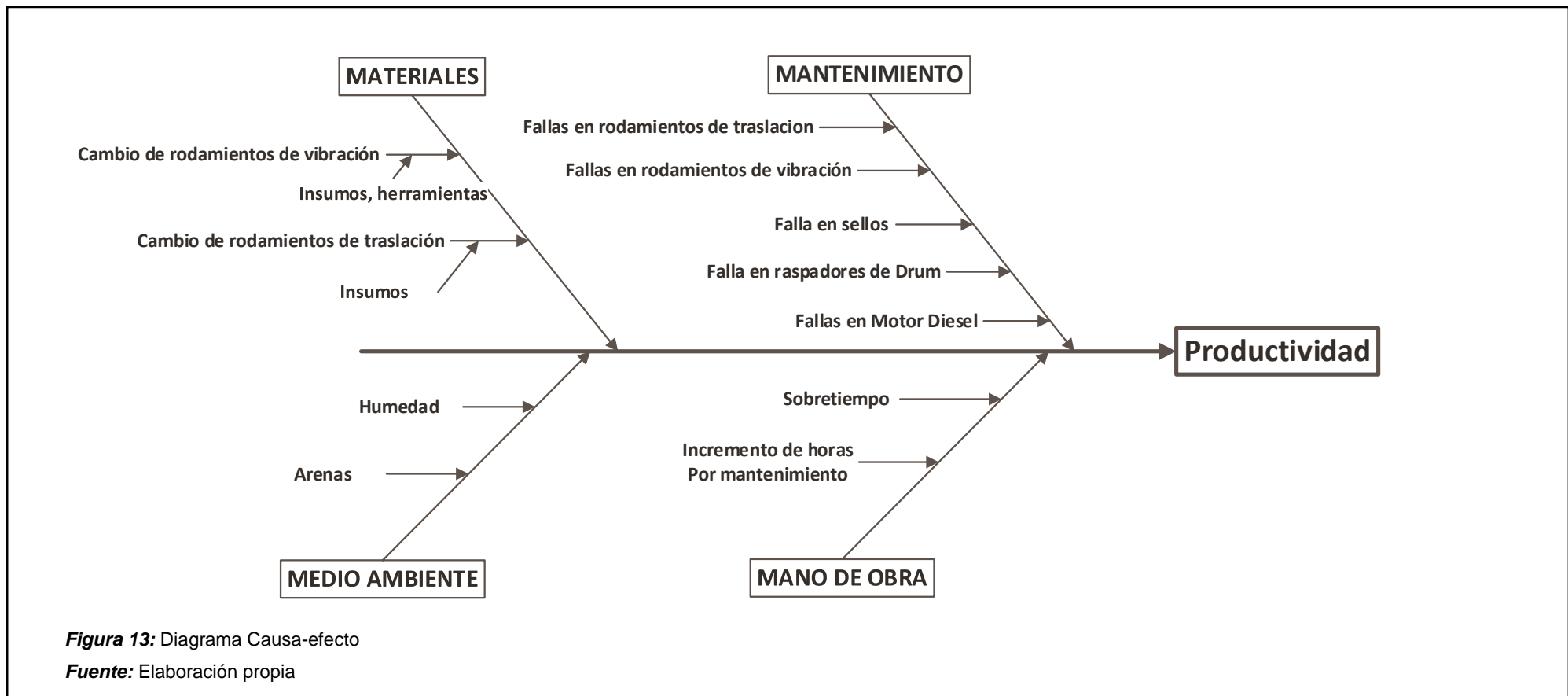
### 3.1.3.2. Herramientas de diagnóstico

Las herramientas de diagnóstico utilizadas son el diagrama Causa-Efecto y el diagrama de Pareto, la siguiente tabla resume la problemática analizada en el área de mantenimiento específicamente ya que allí donde se acentúa la problemática identificada, las operaciones identificadas como observadas y que requieren revisión. Son en las que al final, se realiza la propuesta de mejora.

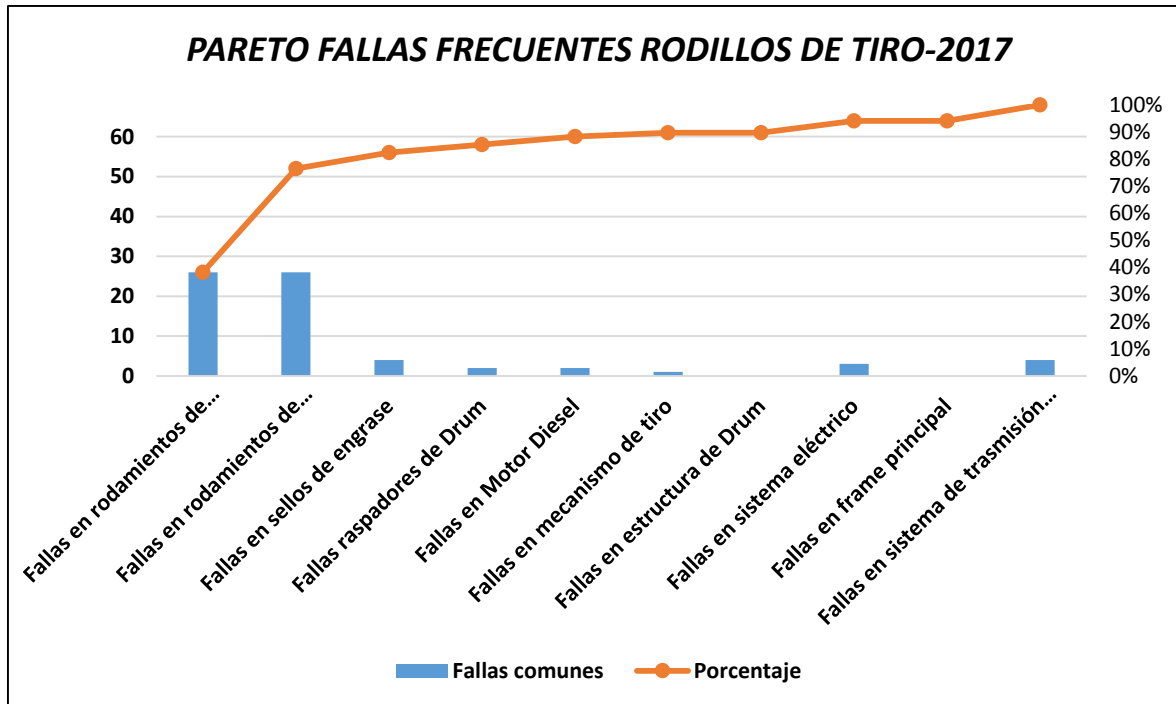
Tabla 18: análisis de operaciones observadas.

PROCESO	SUB-PROCESO	NÚMERO	OPERACIÓN	PROBLEMA
MANTENIMIENTO DE RODILLOS DE TIRO		6	GENERAR PEDIDO ADICIONAL DE PARTES	Observado, el generar pedido adicional de partes y ejecución de backlogs y correctivos adicionales, estas operaciones se observan por tener constantes ítems de solicitudes de partes realizadas por olvido, pérdida o deterioro, lo que genera una demora en el proceso y un incremento en el costo del mantenimiento.
		7	EJECUCIÓN DE BACKLOGS Y CORRECTIVOS ADICIONALES	El punto más crítico y el cual requiere un enfoque de solución es la ejecución de correctivos adicionales, aquí se detecta constantemente, la falla de los rodamientos de traslación y de vibración, lo cual implica realizar un trabajo que no estaba contemplado en el plan diario, el cual incurre en sumarle en promedio 48 horas más de parada al equipo (tiempo promedio de cambio de ambos rodamientos).
	<b>MANTENIMIENTO NO PROGRAMADO (CORRECTIVOS)</b>	5	EJECUCIÓN DE CORRECTIVO	En un gran porcentaje las detenciones de la máquina son relacionadas a la falla de los rodamientos de traslación y vibración, originalmente y de diseño expuestos a agentes externos del ambiente de trabajo como: sílice y lodos. Las demás detenciones están relacionados a fallas en sistema eléctrico, fugas de aceite, fugas de combustible, fallas en el sistema de transmisión de potencia.

Fuente: elaboración propia



El Diagrama Causa-Efecto indica que la baja productividad de esta flota de máquinas está referido básicamente a la falla en los rodamientos de vibración y traslación, lo cual tiene una implicancia en los costos del mantenimiento y el aumento de horas hombre empleados en la ejecución de trabajos correctivos.



**Figura 14:** Diagrama de Pareto.

**Fuente:** Elaboración propia.

El Diagrama de Pareto muestra que en todo el período 2017, las fallas en los rodamientos de traslación y vibración son una constante en el análisis de la baja productividad de esta flota de máquinas, durante todo este periodo de tiempo se buscaron alternativas para reemplazar dichos rodamientos por otros de diferente diseño, con mejor cobertura y sellado, pero para este modelo de máquina los rodamientos actualmente utilizados son los únicos disponibles.

### 3.1.4. Situación actual de la variable dependiente

La variable dependiente, muestra a la disponibilidad de la flota como factor crítico y relevante en el proceso productivo de compactado de arenas, lo mostrado refleja el escenario de trabajo de 4 rolas de las 6 con las que cuenta la flota, El peor escenario recurrente en estas máquinas. La maquinaria siempre tiene que estar disponible ya que solo se compacta en determinados periodos de tiempo.

Tabla 19: Estado de variable dependiente

Variable	Rangos	Indicador	Promedios
<b>Productividad</b>	1157.76	Disponibilidad	Disponibilidad promedio de 4 Rodillos, es del 67%.
	(m <sup>3</sup> /hr.) de	Capacidad	La capacidad efectiva disminuye en un 11%
	arenas compactadas	Eficacia	La eficacia de flota es de 1157.8 m <sup>3</sup> /hr.
	Target,	Utilización	La utilización de máquina es del 33.3%
	1308.00	Rendimiento	El rendimiento de flota es de 403.125 m <sup>3</sup> /hr.
(m <sup>3</sup> /hr.)			

Fuente: Elaboración propia.

Este escenario muestra una reducción en la productividad de compactado de arenas del 11%.

La disponibilidad de flota es del 67%.

### 3.2. Discusión de resultados

De acuerdo al primer objetivo específico, Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rodillos de Tiro.

Se analiza la disponibilidad de la flota de 6 rodillos, se identifica de acuerdo al análisis de datos registrados en SAP, que la presente flota de máquinas presentaba una baja disponibilidad por fallas recurrentes en sus rodamientos internos, esto a su vez generaba una baja productividad en relación al proceso de compactado de arenas relacionado a la construcción de la presa

de relaves de esta empresa minera, de ello se determina un conjunto de alternativas de solución a la problemática identificada ya que la flota en mención es de suma importancia para el cumplimiento del plan de compactado.

De lo expuesto se comenta que en el año 2018 Díaz del Olmo, realiza una investigación en una empresa dedicada a las reparaciones automotrices, identifica en la operación de recuperación de carrocería y pintado, un ingreso económico importante para la empresa, pero también un alto número de reclamos, propone reducir los tiempos muertos en las actividades, diseña un plan basado en la filosofía de las 5s para eliminar desperdicios y realizar un ordenamiento en el taller de esta empresa, la satisfacción del cliente como punto fundamental en su propuesta es lo resaltante, la investigación concluye en sus resultados en el incremento de los valores de los indicadores y el ahorro de los costos referidos al proceso.

De acuerdo al segundo objetivo específico, Analizar las propuestas de solución.

Se analizaron las diferentes propuestas de solución en orden de complejidad, luego de ser aplicadas ninguna de ellas ofreció una solución definitiva en el tiempo, al final se determinó la modificación de la máquina, luego de analizar datos técnicos, como presiones de trabajo, potencia del motor Diesel del tractor de orugas para el remolque del rodillo modificado, repuestos necesarios para llevar a cabo el proyecto, luego de verificar todo lo requerido, se aprobó la ejecución del proyecto en uno de los rodillos de tiro.

De lo expuesto se comenta que Ramos en el año 2018, En su investigación resume el planteamiento de diseño e implementación de un método para la mejora de procesos operativos de una empresa de bebidas en la ciudad de Arequipa, concluye como resultado de la investigación la mejora en los indicadores de gestión de los procesos, los resultados obtenidos se ven evidenciados en la mejora de 7 de los 8 indicadores relacionados a medir la gestión en recursos humanos, producción y calidad, dando validez a la eficacia de lo propuesto.

De acuerdo al tercer objetivo específico, Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.

Se analizan los datos referidos directamente a la modificación de la máquina, inicialmente se retira el motor Diesel del rodillo compactador, se instala una masa metálica de 350 kg. en su lugar para balancear el chasis, se retira el tambor original y se instala uno de accionamiento hidráulico, se elabora un plano hidráulico para el ruteo de las mangueras en el tractor de orugas y rodillo compactador y válvula check instalada, en el proceso de pruebas se regulan las presiones de trabajo para obtener la vibración requerida, se analizan datos como temperaturas de trabajo y consumo de combustible del tractor, los datos técnicos son registrados para posterior consulta.

De lo expuesto se comenta que Choquehuanca en el 2018, en su investigación implementa una mejora en el sistema de trituración de roca de una planta, la mejora en sus procesos e incremento en el rendimiento es el principal objetivo, en sus resultados expone una reducción en los costos de producción y un incremento en la productividad, para el alcance de los objetivos modifica el proceso, intercambiando operaciones ligadas directamente a la productividad, los indicadores de producción y productividad reflejan lo redituable de lo propuesto.

De acuerdo al cuarto objetivo específico, Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.

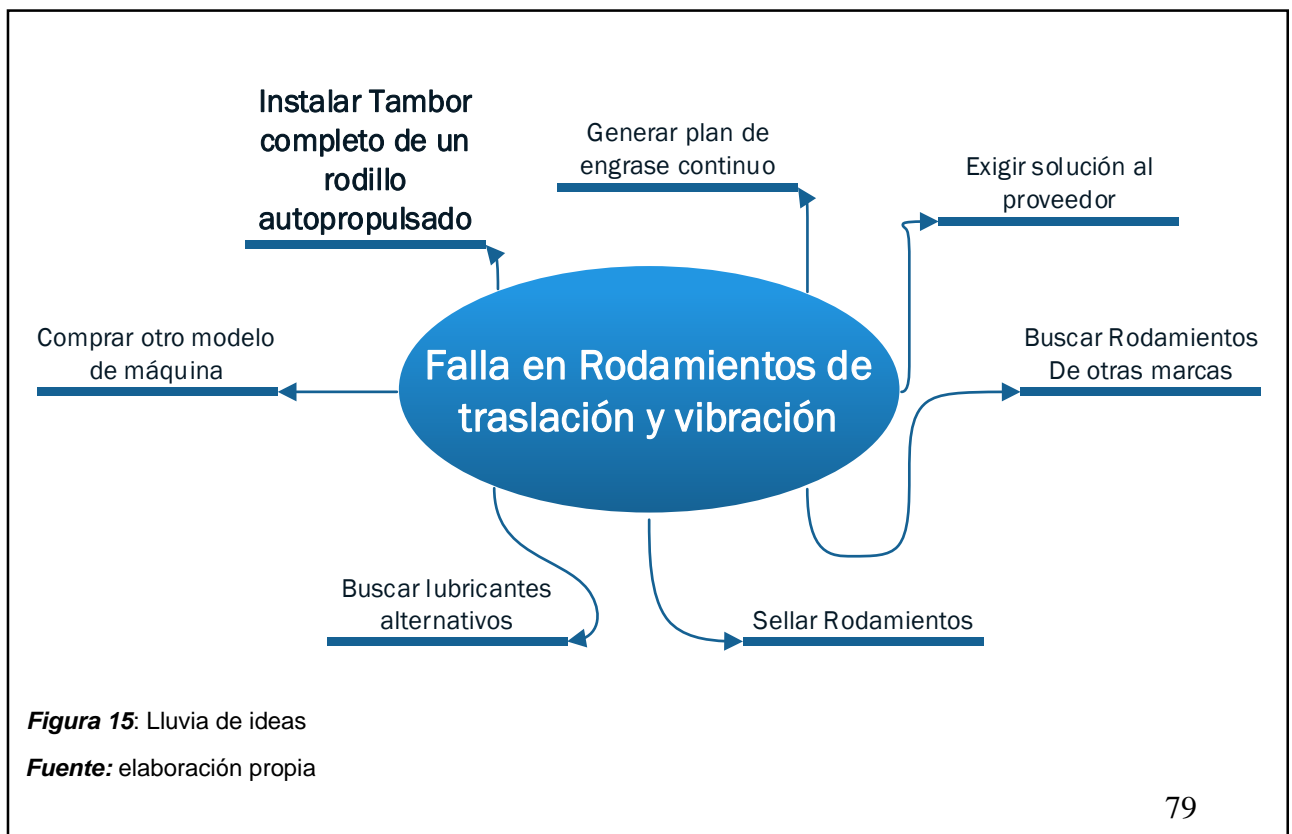
Con la mejora implementada, se elimina la causa raíz de la baja disponibilidad de la flota de rodillos de tiro, la productividad relacionada al proceso de compactado de arenas del talud de la presa de relaves de esta empresa minera se ve incrementada, se reducen costos de mantenimiento, en cuanto al normal proceso de mantenimiento de la máquina modificada se ve modificado positivamente ya que el motor Diesel no es requerido para generar la vibración del rodillo en su lugar se aprovecha la potencia hidráulica disponible en el tractor de orugas que lo remolca.

De acuerdo a ello se comenta que en el 2017 Benítez, analiza y propone una mejora en los procesos de una empresa metalmecánica de sistemas de izaje para centros mineros, en sus resultados estructura y menciona un orden a

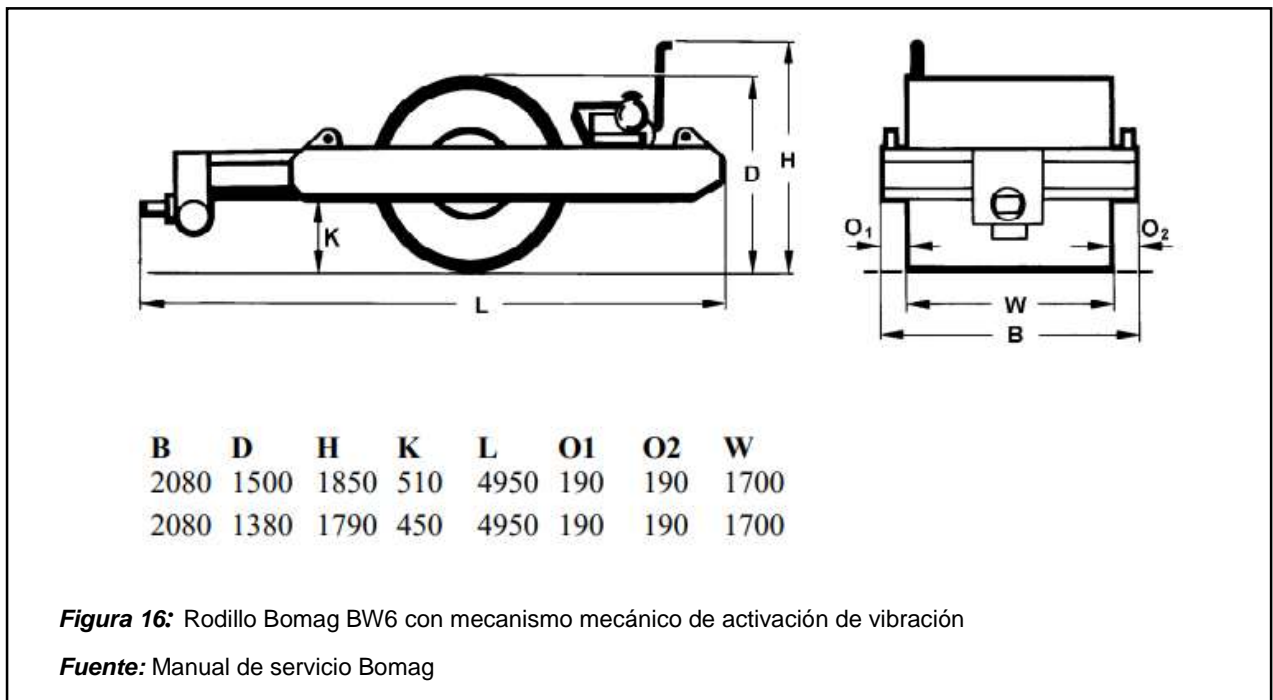
seguir para la implementación de las herramientas Lean. Su implementación seguida de la metodología 5s, reduce las horas hombre perdidas en actividades no redituables en horas efectivas de producción, del mismo modo reduce en un 20% el consumo de acero usado en la fabricación de sus productos, adiciona que el mantenimiento autónomo permite el incremento a un 90% el rendimiento de la planta, la disponibilidad de la maquinaria se ve incrementada hasta un 91% permitiendo un ahorro de S/. 4000.00 por cada Hora-máquina y hora- hombre.

### 3.3. Propuesta de investigación

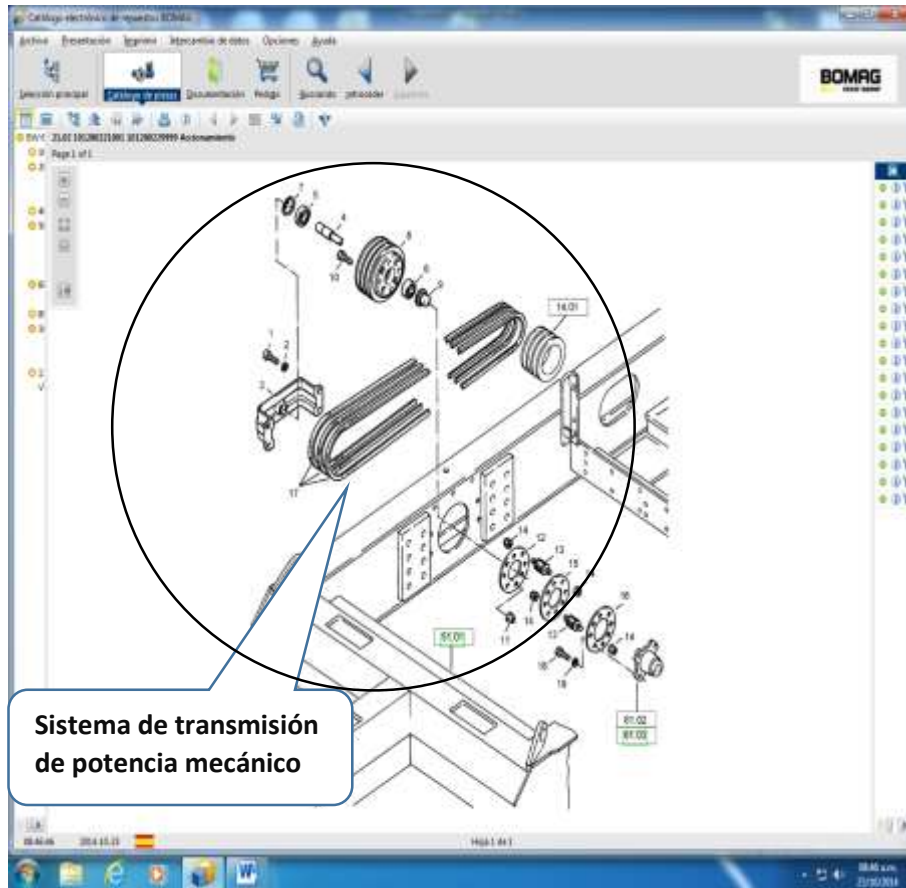
Después de analizar el proceso productivo del área de mantenimiento referido a la flota de rolas de tiro y enfocados en ofrecer una propuesta de mejora, se determina realizar una lluvia de ideas (BRAINSTORMING) y optar por lo más viable y mejorar los indicadores. La propuesta expuesta en su momento fue llevada a cabo, lo que se detalla a continuación, va relacionado con toda la estrategia para alcanzar el objetivo general y específicos de la propuesta de mejora y el efecto generado en la variable dependiente.



De las ideas mostradas en la figura, se analizaron y realizaron en orden de complejidad o dificultad, se generó un plan de engrase continuo, el cual no ayudó en la solución, se realizaron varios comunicados al proveedor sobre el problema, pero no se obtuvo respuesta, se buscaron rodamientos de otras marcas pero no se obtuvieron resultados, se hizo la prueba de sellar los rodamientos con sellos fabricados a medida, sin buenos resultados, se buscaron lubricantes alternativos, se buscaron otros modelos de máquina, pero en el mercado no existen modelos similares, la única opción viable fue el instalar el tambor completo de accionamiento hidráulico de un rodillo autopropulsado el cual cuenta con un sistema totalmente sellado de rodamientos.

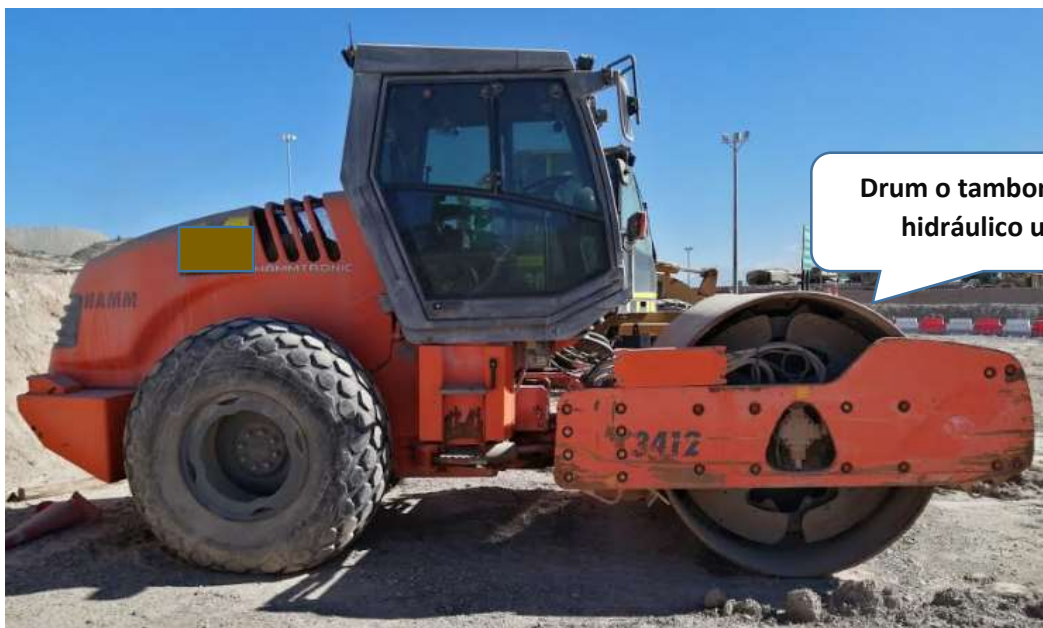






**Figura 17:** Accionamiento mecánico Rola de tiro.

**Fuente:** Manual de partes Bomag BW6.



**Figura 18:** Rodillo autopulsado.

**Fuente:** Equipo Hamm



**Figura 19:** Motor hidráulico, sistema de vibración aprovechado  
**Fuente:** Equipo Hamm

### 3.3.1. Fundamentación

Lo propuesto se fundamenta en el hecho de que la Disponibilidad de la flota de Rolas de tiro otorgada por el área de mantenimiento, impacta directamente en el proceso productivo de compactado de arenas de la presa de relaves, con constantes reprogramaciones en el plan de descarga u compactación, una clara necesidad de mejora es observada, los datos validan lo expuesto.

Tabla 20: Análisis variable dependiente.

Variable	Rangos	Indicador	Promedios
Productividad	1157.76 (m <sup>3</sup> /hr.) de arenas compactadas	Disponibilidad	Disponibilidad promedio de 4 Rolas, es del 67%.
		Capacidad	La capacidad efectiva disminuye en un 30%
	Target, 1308.00 (m <sup>3</sup> /hr.)	Eficiencia	La eficiencia del área de mantenimiento es del 74%

Fuente: elaboración propia.

La problemática identificada en la baja disponibilidad del rodillo de tiro, observada en el área de mantenimiento en este panorama recurrente es del 67%, solo se generaba una capacidad de compactado del 70%, esto requería de una pronta solución, ya que afectaba directamente al proceso productivo de compactado de arenas.

### 3.3.2. Objetivos de la propuesta

El siguiente cuadro muestra los objetivos planteados en su momento y se justificó con los efectos que estos producirían en el proceso de mantenimiento.

Tabla 21: objetivos de propuesta

Objetivos	Descripción	Efecto en el proceso
Objetivo general	Mejora del proceso de producción del área de mantenimiento de Rolas de tiro	-Reducción de costos -Reducción horas hombre -Incremento en la disponibilidad
	Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rodillos de Tiro.	
Objetivos específicos	Analizar las propuestas de solución.	Incremento en la productividad.
	Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.	
	Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.	

Fuente: elaboración propia.

### 3.3.3. Desarrollo de la propuesta

La estrategia de solución propuesta, es basada básicamente en la modificación de la maquinaria, la innovación como concepto es aplicado en el proyecto ya que no se tenía precedentes de haber realizado algo similar en la empresa.

Se planteó el siguiente cronograma para ejecución de todo lo relacionado a la propuesta, la demora se dio en el periodo de modificación de la maquinaria, se otorgó el plazo de 12 meses para la ejecución de la modificación, pero al final duró 14 meses, la responsabilidad de todo el proceso recayó sobre la persona que propuso la solución a la problemática identificada.

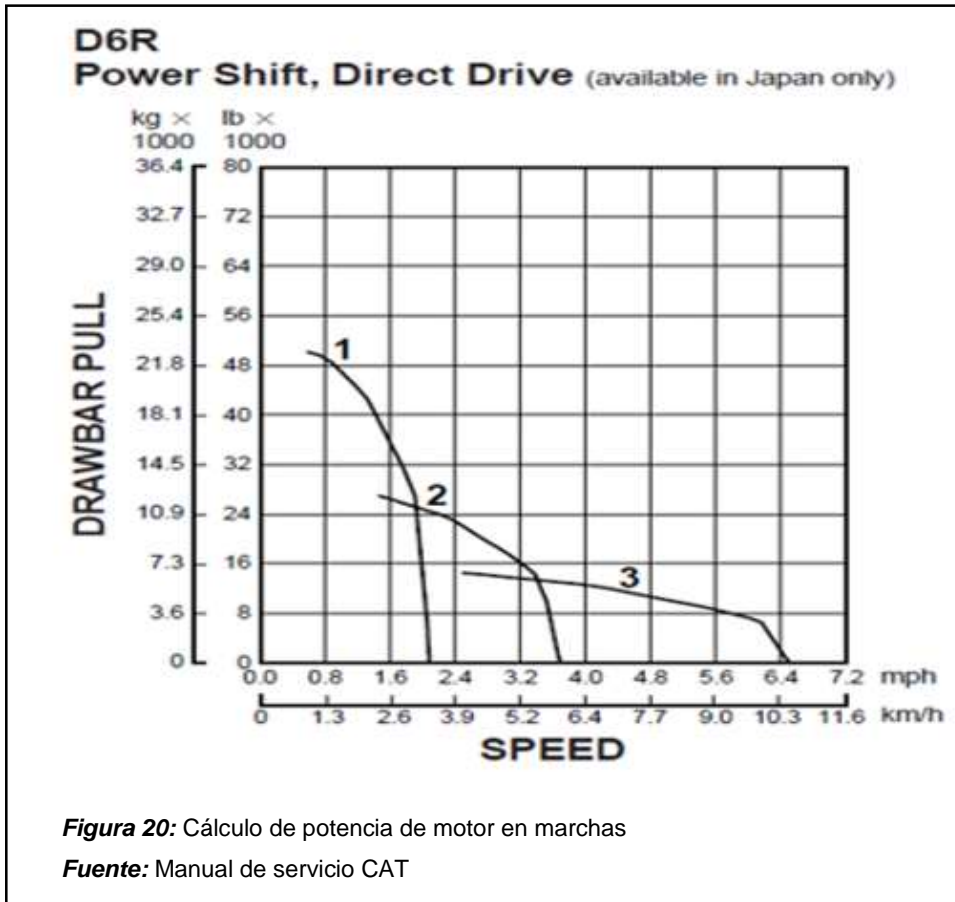
Tabla 22: Cronograma de ejecución de propuesta

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN DE PROPUESTA												
Año/Mes	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
2017	ANÁLISIS INI.				MODIFICACIÓN							
2018	MODIFICACIÓN				DEMORA		PRUEBAS Y SEGUIMIENTO					
2019	SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE MEJORA											

■	ANÁLISIS INICIAL Y PROPUESTA
■	MODIFICACION DE MÁQUINA
■	DEMORA
■	PRUEBAS Y SEGUIMIENTO
■	SEGUIMIENTO Y ANÁLISIS DE MEJORA

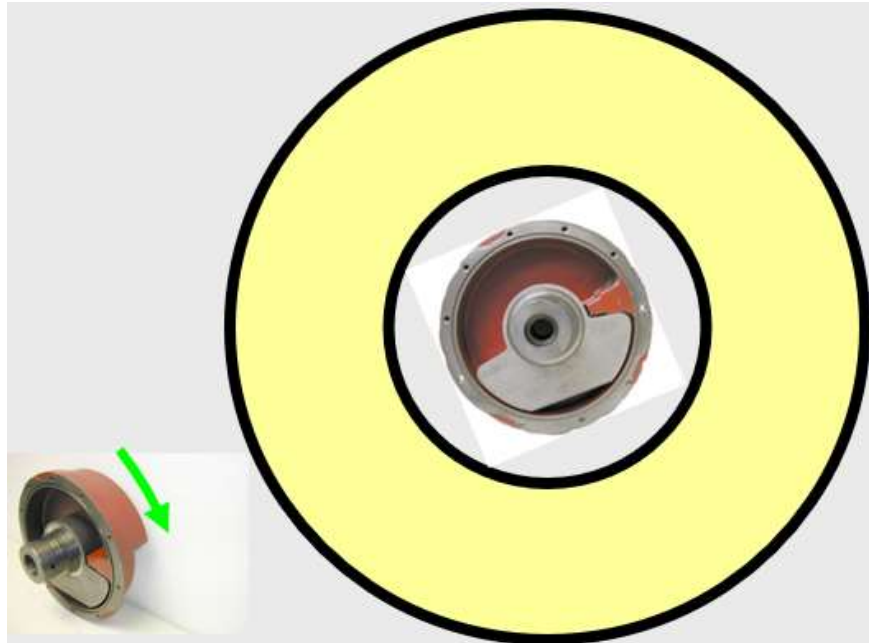
Fuente: elaboración propia.

Enfocados en alcanzar el objetivo general de lo propuesto, se inicia con el análisis de la potencia disponible en el tractor, el producto final es un rodillo compactador de 6.5 tn. la máquina originalmente pesa 6.0 tn. de ello podemos determinar si el tractor tiene la suficiente potencia para el arrastre del equipo modificado.



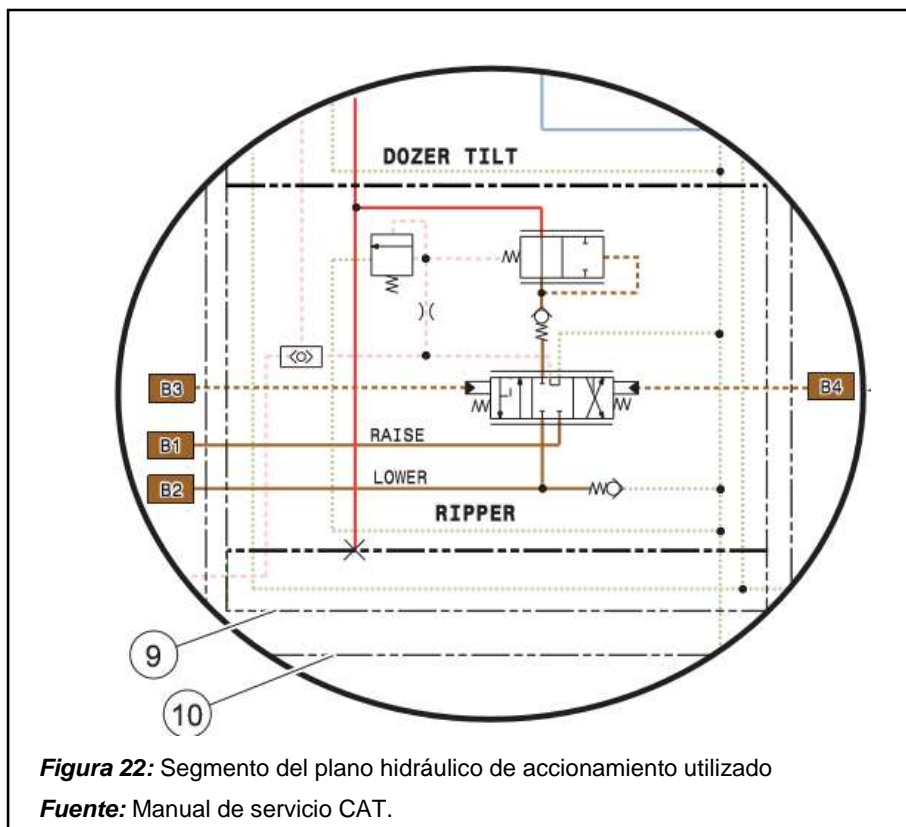
En la imagen podemos observar que el tractor de orugas en 2da. Marcha tiene una fuerza de tracción de 7300kg. La rola modificada pesa en total 6500kg.

Para migrar la rola de tiro a un sistema de accionamiento hidráulico se tuvo que usar un tambor vibratorio completo y en buenas condiciones de una máquina dada de baja. Realizar modificaciones al sistema de accionamiento hidráulico del tractor, conexiones hidráulicas e instalación de válvulas.



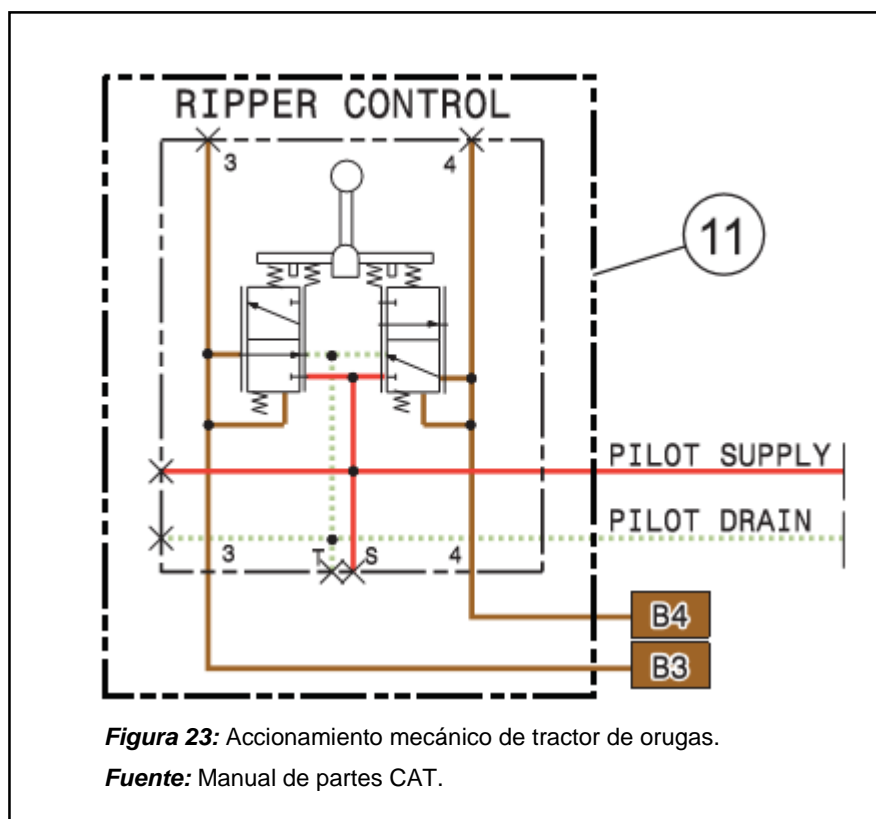
**Figura 21:** Vista de perfil del mecanismo de vibración del Rodillo autopropulsado  
**Fuente:** Manual Hamm

En la figura 25 se muestra una vista del tambor utilizado en la modificación, este componente es retirado de la maquina mostrada en la figura 21.



**Figura 22:** Segmento del plano hidráulico de accionamiento utilizado  
**Fuente:** Manual de servicio CAT.

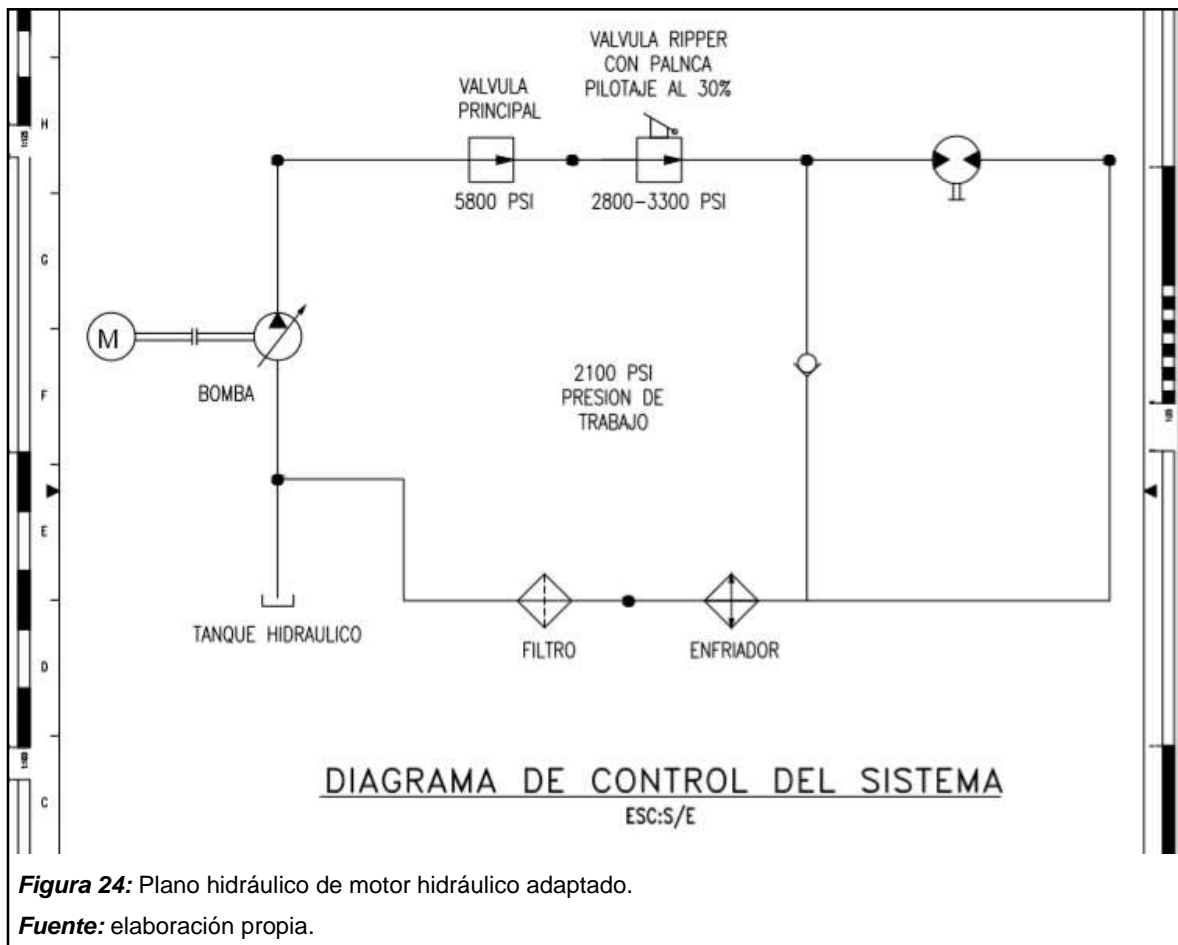
La imagen 29 muestra una sección del plano hidráulico del tractor de orugas el punto B1 y B2 son los puertos por donde se aprovechó la potencia hidráulica, originalmente el implemento del Ripper va conectado a estos puertos, pero, en este equipo no esta habilitado, estos puertos hidráulicos se utilizaron para hacer funcionar un motor hidráulico que moverá las unidades de vibración (a 1800 RPM) en la Rola modificada, permitiendo así, que el tambor vibre a las frecuencia de trabajo habitual de los rodillos BW6 (30 HZ) sin tener que utilizar un motor de combustión y sin afectar la eficiencia de compactación.



La imagen muestra una sección del plano hidráulico referido al accionamiento mecánico utilizado para activar el sistema de vibración de la Rodillo de tiro modificado.

En lo que respecta al análisis del proceso de modificación detallamos lo realizado.

Como primer paso se elabora un plano hidráulico para el control de la máquina modificada. Este plano involucra tanto al Tractor de Orugas como a la Rodillo de Tiro.



En la imagen se aprecia lo adicional del sistema, el motor hidráulico bidireccional en la parte superior derecha, la palanca de pilotaje regulada a un 30% de su capacidad para conseguir la vibración adecuada y la válvula check para el frenado paulatino de la vibración cuando se haya dejado de usar la Rola de tiro hidráulica.



Referidos a la modificación específica realizada en cada equipo tenemos:

- En los Rodillos BOMAG BW6 se realizan los siguientes trabajos:  
Se retira el motor de combustión interna marca Deutz modelo F3L914, el motor tiene un peso de 350 kg. En su reemplazo se colocará masa metálica de plancha de acero equivalente al peso del motor. Se retira el sistema de accionamiento mecánico por fajas para la activación del sistema de vibración del tambor de Rola. Se retira el tambor de rola (incluye sistema de contrapeso equivalentes a las unidades de vibración). En reemplazo del tambor de rola del rodillo Bomag - BW06 se utilizará un tambor de rola de rodillo autopropulsado de marca Hamm – 3412 (incluye unidades de vibración laterales), el sistema de vibración de dicho tambor de rola es accionado mediante un motor hidráulico.



**Figura 25:** bastidor de rola de tiro sin tambor de accionamiento mecánico

**Fuente:** La empresa

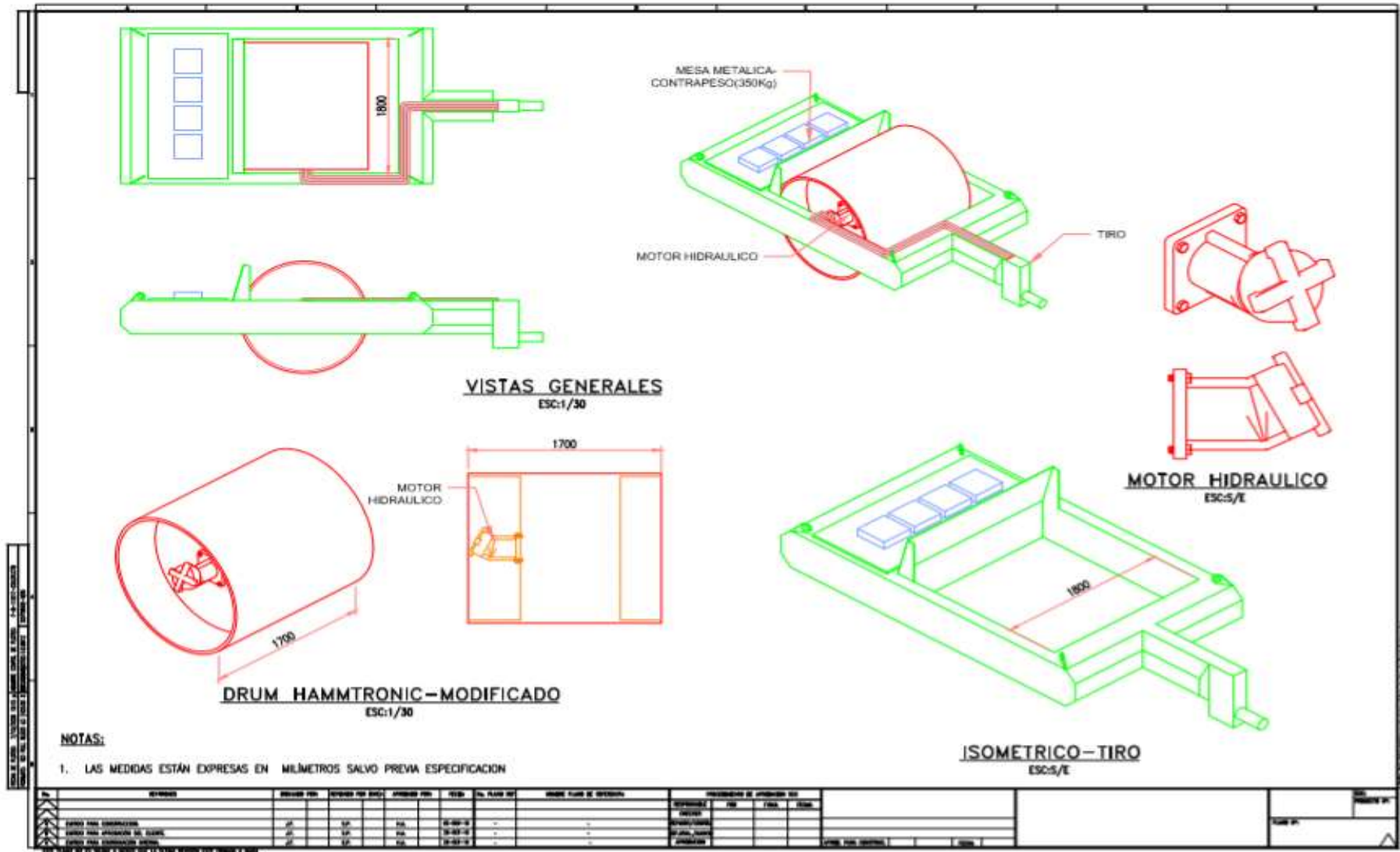
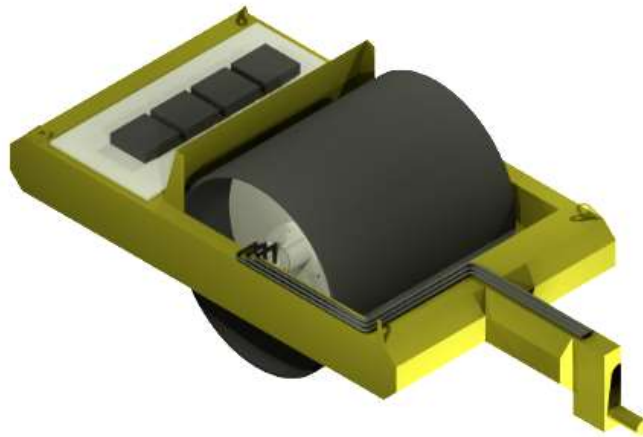
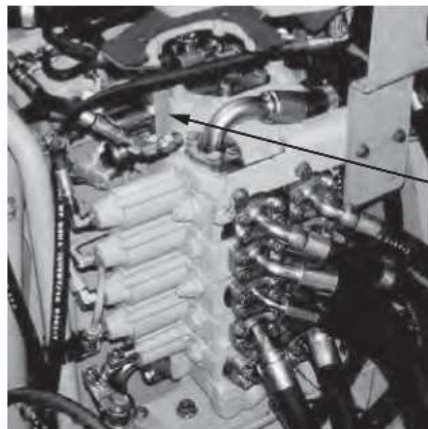


Figura 26: plano de modificación de Rola de Tiro  
Fuente: *Elaboración propia*



**Figura 27:** Tambor con accionamiento hidráulico instalado en bastidor y líneas hidráulicas  
**Fuente:** Elaboración propia

- En el Tractor de Orugas CAT D6R se realizan los siguientes trabajos:  
El tractor de Orugas cuenta con un bloque de control hidráulico que permite la activación del sistema de Ripper, esta válvula es habilitada ya que en este equipo estaba clausurado.



**IMPLEMENT VALVE STACK**

**Figura 28:** Bloque de válvulas de control de sistema hidráulico  
**Fuente:** manual CAT

Los tractores de orugas que remolcan los rodillos de tiro, no cuentan con Ripper, estas líneas hidráulicas serán utilizadas para poder accionar el motor hidráulico del sistema de vibración del tambor de rola Hamm – 3412; dichas líneas hidráulicas tienen la siguiente configuración:

- ✓ 01 línea de presión hacia el ingreso de la bomba hidráulica.
- ✓ 01 línea de salida del motor hidráulico hacia tanque.
- ✓ 01 línea de drenaje de carcaza del motor hidráulico hacia el enfriador de aceite hidráulico.

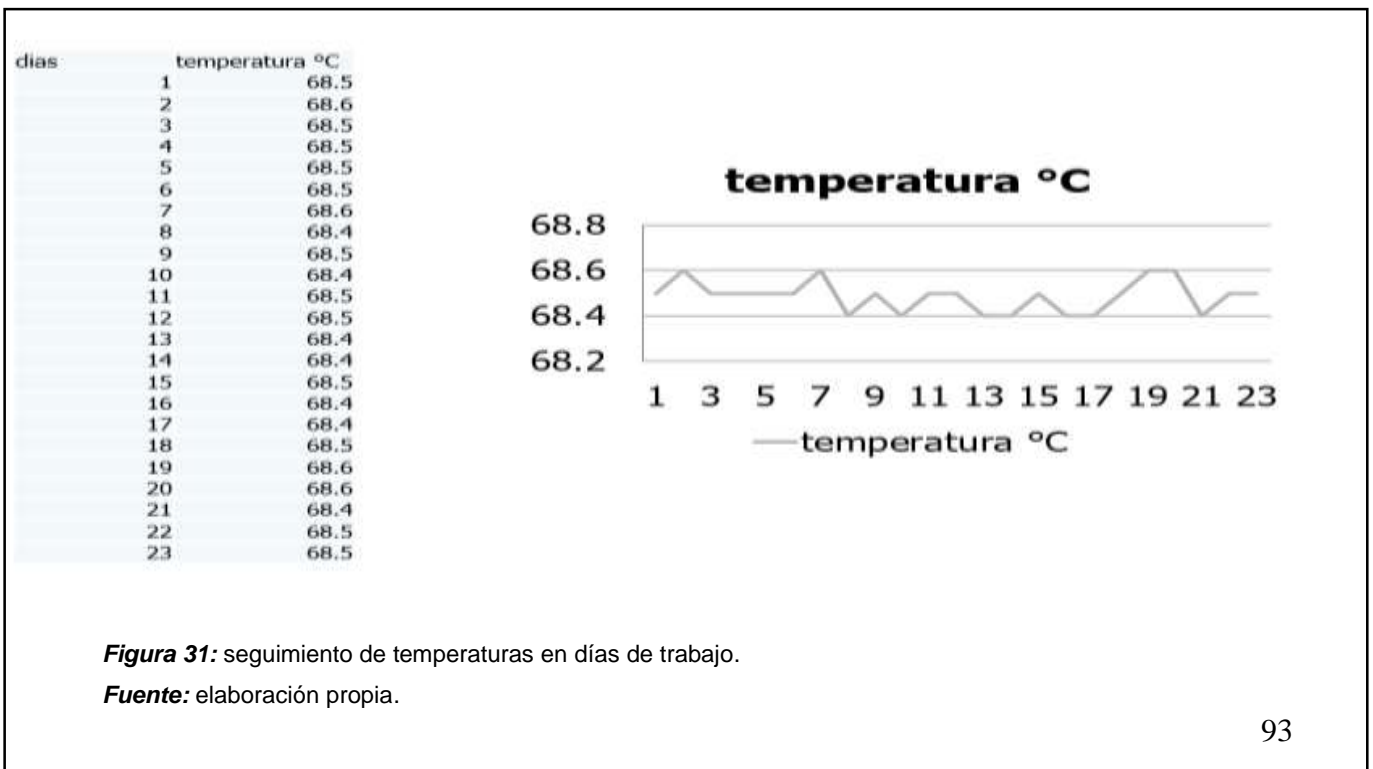
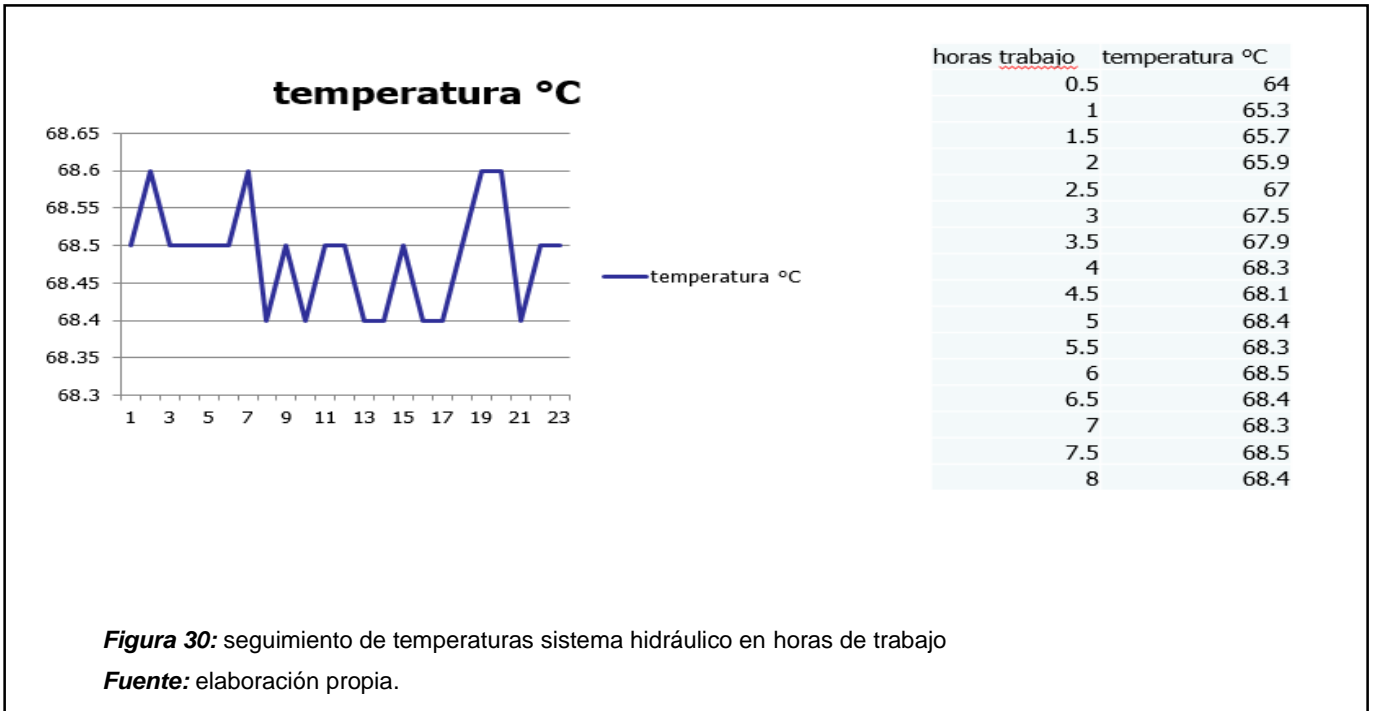
Para poder alcanzar las RPM del motor hidráulico y accionar el sistema de vibración se requiere controlar el flujo de aceite hacia el motor hidráulico para lo cual se usa la Válvula Piloto de Ripper ubicado en la cabina. Concluida la modificación se realiza el seguimiento de temperaturas en el sistema hidráulico y calado del Motor Diesel del tractor de orugas para garantizar su óptimo funcionamiento en conjunto con la rola de tiro hidráulica.



**Figura 29:** Modificación realizada en palanca de control en cabina

**Fuente:** la empresa

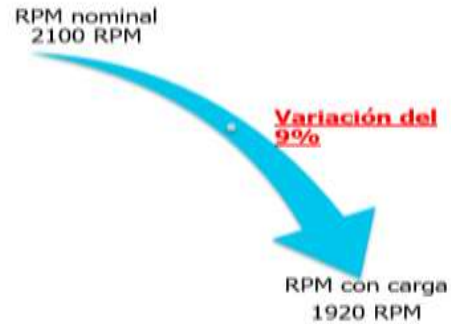
Culminada la modificación se realiza el seguimiento de la maquina modificada, esto consta de evaluaciones de temperatura del sistema hidráulico del tractor, calado de Motor Diesel y consumo de combustible del tractor, en el caso de la Rola de tiro el consumo de combustible es 0 ya que su Motor Diesel fue retirado.



Desde la implementación del proyecto se ha venido monitoreando contantemente el TRACTOR

▪ Variación en RPM:

Podemos observar que Las RPM solo decrecen Un 9%, considerando que El tractor esta diseñado Para condiciones de trabajo mas Duras, se puede decir que esta Dentro del rango.



**Figura 32:** Porcentaje de calado de motor durante operación con Rola Hidráulica

**Fuente:** elaboración propia

Durante el tiempo de operación de nuevo rodillo hidráulico no se ha notado diferencia de incremento en el consumo de combustible del tractor de orugas D6R.

Ratio de consumo de Combustible de Tractor de Orugas D6R – 2018

Tabla 23: Ratio de consumo de combustible.

RATIO DE CONSUMO COMB (GLN/HR) TRAC-B												
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DEC
2018	8.1	7.37	8.1	8.09	9.52	7.8	9.98	8.4	8.1	8.16	7.78	8.67

Fuente: Elaboración propia.



## Plan de mantenimiento

El plan de mantenimiento contempla el conjunto de tareas que se realizan en una instalación con la finalidad de cumplir con los objetivos propuestos, en este caso, disponibilidad, confiabilidad y costos, a su vez maximizar la vida útil de la máquina y permitir su permanencia en el tiempo en el proceso productivo.

**Propósito.** - El plan de mantenimiento referido a la propuesta contempla las recomendaciones y actividades orientadas a la continua operatividad en el tiempo de la maquinaria modificada, el soporte posterior a la modificación será otorgado por el equipo de trabajo relacionado al desarrollo de la modificación.

**Plan de mantenimiento actual.** - El plan de mantenimiento contempla una serie de parámetros para realizar el cálculo de la fecha de los próximos mantenimientos de la maquinaria, la base de cálculo son las horas de operación por día de cada máquina, los mantenimientos son programados en un periodo de 250 horas de operación, con una frecuencia diaria promedio de trabajo, el siguiente cuadro resume los datos considerados para la programación de mantenimientos de la flota de rodillos de tiro.

Los costos y tiempos relacionados al mantenimiento programado actual se encuentran en la tabla 12, resumen costos y tiempos PMs (2017), pág. 66.

Tabla 24: Cálculo de fecha programa de mantenimiento flota rodillos de tiro.

EQUIPO	Modelo	HOROMETRO ULTIMO PM	FECHA ULTIMO PM	DIAS ULTIMO PM	HOROMETRO ACTUAL	FECHA ACTUAL	DELTA	FREC DIARIA (HR/DIA)	HORAS REMINDER	DIAS PARA PROX PM	FECHA PROX PM
COMPAC10	BW6	146	9/02/2018	27	340	8/03/2018	194	10.5	250	5	13/03/18
COMPAC5	BW6	327	15/02/2018	18	485	5/03/2018	158	10.5	250	9	14/03/18
COMPAC6	BW6	11213	31/01/2018	36	11384	8/03/2018	171	10.5	250	8	16/03/18
COMPAC7	BW6	8214	12/01/2018	52	8290	5/03/2018	76	10.5	250	17	22/03/18
COMPAC9	BW6	6281	15/02/2018	21	6368	8/03/2018	87	10.5	250	16	24/03/18
COMPAC8	BW6	2329	10/02/2018	26	2337	8/03/2018	8	10.5	250	23	31/03/18

Fuente: La empresa.

Tabla 25: Cartilla de mantenimiento programado (actual)

REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPACTADOR BW 6 (RODILLO #5,#6,#7,#8,#9,#10)										
EQUIPO		HOROMETRO								
OM		H. INICIO			FECHA					
TIPO PM		H.TERMINO								
Llenar con un check (✓) el campo correspondiente a la actividad realizada, y con una (X) si no se realizo, indicando en el espacio de OBSERVACIONES el motivo. El detalle de las actividades a realizar mencionadas en esta cartilla se encuentra en las "Instrucciones de Servicio y Mantenimiento" - Rodillo Autopropulsado BW 6/BW6S". N° Catalogo - 008 151 63.										
V°B° SUPERVISOR					FIRMA					
Nro.	TECNICO				NOMBRE				FIRMA	
1										
2										
3										
4										
ITEM	NIVELES				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES/RECOMENDACIONES	
1	Aceite de motor									
ITEM	MUESTRAS				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES	
1	Aceite de Motor								FRASCO / ALM1	
ITEM	CAMBIOS DE ACEITE				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES	
1	Aceite de Motor								SAE 15W40	
ITEM	LUBRICACION				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES	
1	Engrase de rodamientos internos de Drum								SRI GREASE2	
2	Engrase de rodamientos externos de Drum								SRI GREASE2	
ITEM	CAMBIO DE FILTROS				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES	
1	Filtro de Aceite de Motor								N°PARTE CANT	
2	Filtro de Combustible Primario								05716339 1	
4	Filtro de Aire Primario								05711730 1	
3	Filtro de Aire Secundario								05821013 1	
									Según evaluación 05821015 1	
ITEM	INSPECCION / LIMPIEZA/CAMBIO				250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES	
1	Inspeccionar/limpiar/purgar/cambiar/ el separador de agua									
2	Inspeccionar/limpiar/drenar/ el lodo del deposito de combustible									
3	Inspeccionar Fugas en Mangueras y Tuberías de aceite y combustible									
4	Inspeccionar el ajuste de los rascadores									
5	Inspeccion y Evaluación de tiro (Seguridad)									
6	Inspeccionar cadena de seguridad									
7	Inspeccionar Guarda de Motor								Reparar inmediatamente o generar backlog según criticidad	
8	Inspeccionar gomas amortiguacion Drum									
9	Inspeccion auditiva de rodamientos sistema vibracion del tambor								Reparar inmediatamente o generar backlog según criticidad	
10	Verificar Numeración reflectiva/Cintas reflectivas									
11	Evaluar Soporte de Baterías, abrazaderas, esparragos									
12	Inspección embrague Centrífugo									
13	Evaluar Baterías con analizador									
14	Inspeccion abolladuras en zonas de impacto con Tractor								Comunicar inmediatamente para realizar reparación	
15	Inspeccion de pin, cadena de remolque									
ITEM	MEDICION ESPESORES DRUM				M1	M2	M3	M4	M5	OBSERVACIONES
1	MEDICION ESPESORES DRUM				MEDIDA 0°					CODIGO DE ROLA:
1					MEDIDA 180°					

Fuente: La empresa.

La cartilla actual de mantenimiento programado incluye actividades referidas al mantenimiento del motor Diesel, barra de tiro, engrase de máquina, mantenimiento del sistema eléctrico y sistema de transmisión de potencia, cada mantenimiento es desarrollado en períodos de 250 horas de operación.



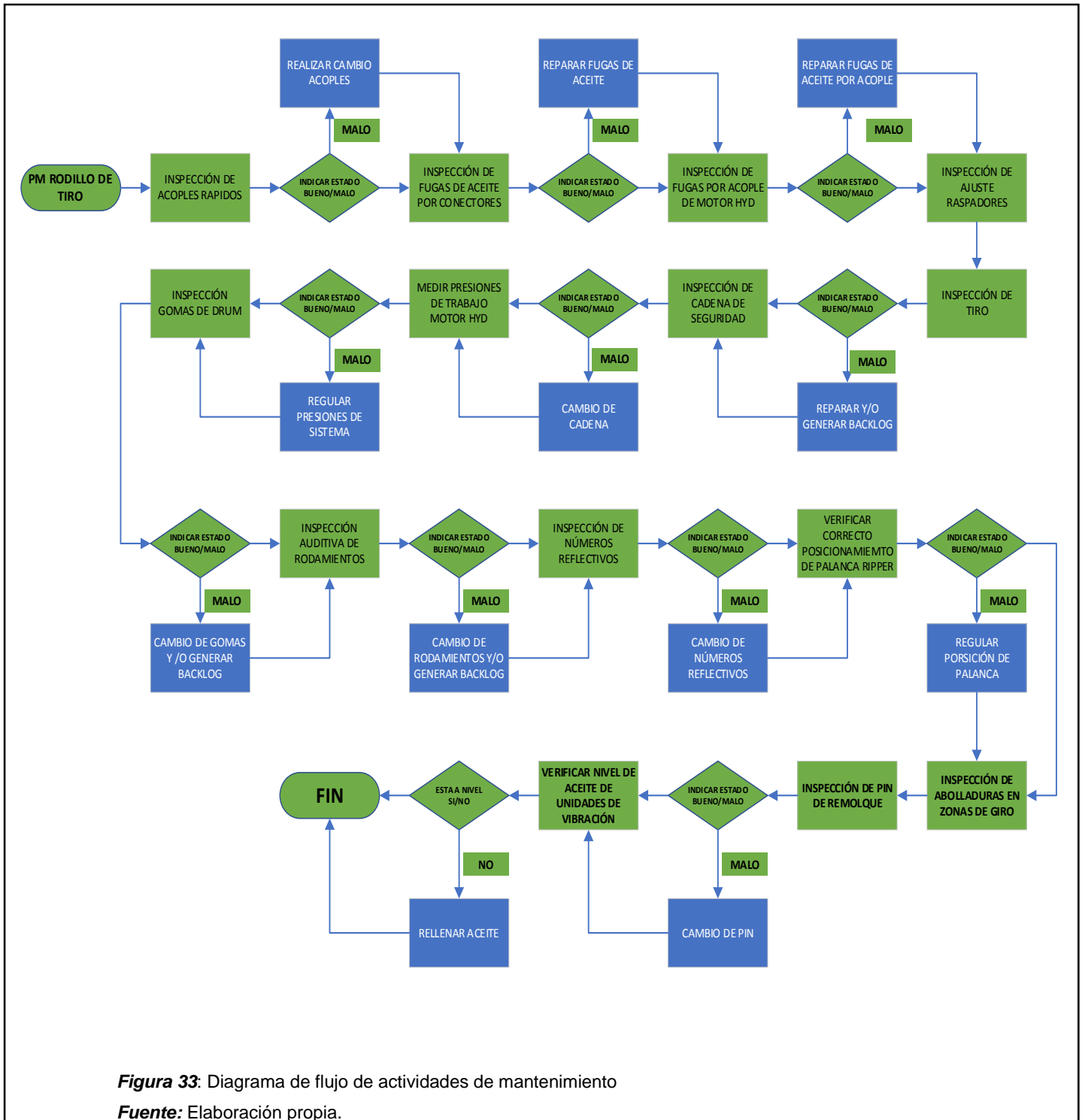
**Plan de mantenimiento propuesto.** - El plan de mantenimiento desarrollado para el rodillo compactador modificado comprende la eliminación de actividades rutinarias referidas al mantenimiento del motor Diesel, sistema eléctrico y sistema de transmisión de potencia, en su lugar de reemplazan por actividades referidas al mantenimiento del sistema hidráulico adaptado.

El cálculo de la fecha de ejecución del mantenimiento programado es considerado de la misma manera como se viene considerando en el plan actual, ver tabla 22.

La implementación del plan propuesto es de manera inmediata, posterior a la modificación, ya que solo se requiere modificar la actual cartilla a las nuevas actividades a desarrollar.

Los costos y tiempos relacionados al mantenimiento programado propuesto se encuentran en la tabla 35, Análisis de tiempos y costos PMs (2019), pág. 116.

## DIAGRAMA DE FLUJO ACTIVIDADES DE PM (RODILLO MODIFICADO)



**Figura 33:** Diagrama de flujo de actividades de mantenimiento

**Fuente:** Elaboración propia.

## **Descripción de actividades de PM (rodillo de tiro modificado)**

1. Inspeccionar fugas de aceite por acoples rápidos de mangueras: inspección visual de los acoples rápidos instalados, verificar que no presenten fugas de aceites, correcto ajuste y limpieza de los mismos.
2. Verificar fijas de aceite por conectores hidráulicos: inspeccionar visualmente el estado de los conectores instalados en mangueras y terminales, verificar que no presenten fugas de aceite correcto ajuste y limpieza de los mismos.
3. Verificar fuga de aceite por acople de motor hidráulico de vibración: inspeccionar visualmente el estado del acople mecánico del motor hidráulico de vibración, verificar que no presente fugas de aceite y correcto ajuste de los pernos de sujeción.
4. Inspeccionar ajuste de los rascadores de Drum: consiste en la inspección visual de la correcta separación del labio rascador del Drum y el Drum, la correcta separación permite una correcta limpieza y pérdida de capacidad de compactado.
5. Inspección y evaluación del tiro: consiste en la evaluación del mecanismo de tiro, verificar desgaste de acoples mecánicos, correcto engrase, golpes y averías en partes internas.
6. Inspección de cadena de seguridad, el equipo cuenta con una cadena de seguridad adaptada por si el tiro se separa del tractor, verificar estado de eslabones, buscar desgaste, golpes y fisuras.
7. Verificar presiones de trabajo de motor hidráulico: consiste en medir las presiones de trabajo del sistema hidráulico de vibración.
  - Presión de trabajo motor hyd: 2100 psi a 2000 rpm de motor Diesel
  - Presión de carcasa de motor hyd: 6 psi.

8. Verificar estado de gomas de amortiguación de Drum: inspección visual de las gomas que sujetan el Frame Principal, buscar rajaduras, verificar limpieza y correcto ajuste de los pernos de sujeción.
9. Inspección auditiva de sistema de rodamientos de sistema de vibración del tambor: búsqueda de sonidos extraños o anormales en los rodamientos del sistema de vibración (zumbidos y ronquidos).
10. Verificar numeración reflectiva de equipo: consiste en verificar el estado de la numeración interna colocada en el equipo para identificación.
11. Verificar correcto posicionamiento de palanca de accionamiento de Ripper en tractor (anclaje), verificar ajuste de la traba mecánica que regula el flujo de aceite de la bomba del sistema hidráulico del tractor al motor hidráulico en el rodillo compactador.
12. Inspeccionar abolladuras en zonas de impacto con tractor: consiste en la inspección de zonas de posible impacto del tractor con el rodillo compactador al realizar giros cerrados.
13. Inspección de pin de remolque: evaluar estado del pin de remolque, evaluar desgaste, golpes y posibles fisuras.
14. Verificar nivel de aceite de unidades de vibración: colocar en posición tapón indicador de nivel, retirarlo y verificar nivel, rellenar si fuera necesario.

Tabla 26: Cartilla de mantenimiento, rodillo de tiro modificado

REPORTE DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO - COMPACTADOR BW 6 (RODILLO #5,#6,#7,#8,#9,#10)										
<b>EQUIPO</b>		<b>HOROMETRO</b>								
<b>OM</b>		<b>H. INICIO</b>								<b>FECHA</b>
<b>TIPO PM</b>		<b>H.TERMINO</b>								
Llenar con un check (✓) el campo correspondiente a la actividad realizada, y con una (X) si no se realiza, indicando en el espacio de OBSERVACIONES el motivo. El detalle de las actividades a realizar mencionadas en esta cartilla se encuentra en las "Instrucciones de Servicio y Mantenimiento" - Rodillo Autopropulsado BW 6/BW6S". N° Catalogo - 008 151 63.										
<b>V°B° SUPERVISOR</b>								<b>FIRMA</b>		
<b>Nro.</b>	<b>TECNICO</b>	<b>NOMBRE</b>						<b>FIRMA</b>		
1										
2										
ITEM	INSPECCION / LIMPIEZA/CAMBIO	250	500	1000	2000	OBSERVACIONES / RECOMENDACIONES				
1	Inspeccionar fugas por acoples rápidos de mangueras									
2	Inspeccionar fugas de aceite por conectores de mangueras									
3	Inspeccionar fugas de aceite por acople de motor hidráulico de vibración									
4	Inspeccionar el ajuste de los rascadores									
5	Inspeccion y Evaluación de tiro (Seguridad)									
6	Inspeccionar cadena de seguridad									
7	Verificar presiones de trabajo de Motor Hidráulico									
8	Inspeccionar gomas amortiguacion Drum									
9	Inspeccion auditiva de rodamientos sistema vibracion del tambor					Reparar inmediatamente o generar backlog según criticidad				
10	Verificar Numeración reflectiva/Cintas reflectivas									
11	Verificar correcto posicionamiento de palanca RIPPER en tractor (anclaje)									
12	Inspeccion abolladuras en zonas de impacto con Tractor					Comunicar inmediatamente para realizar reparación				
13	Inspeccion de pin, cadena de remolque									
14	Verificar nivel de aceite de unidades de vibración									
ITEM	MEDICION ESPESORES DRUM	M1	M2	M3	M4	M5	OBSERVACIONES			
1	MEDICION ESPESORES DRUM	MEDIDA 0°								CODIGO DE ROLA:
1		MEDIDA 180°								

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.4. Situación de la variable dependiente con la propuesta

Para determinar la situación de la variable dependiente con la propuesta, se elabora la siguiente secuencia:

Tabla 27: secuencia de análisis de variable dependiente.

ITEM	SECUENCIA DE ANÁLISIS
1	MAPEO DE PROCESO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO
2	DIAGRAMA DAP (MEDIR TIEMPOS DE OPERACIONES)
3	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS TOTALES REFERIDOS DE ROLA X (2018)
6	RESUMEN DISPONIBILIDAD (2018)
7	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS REFERIDOS AL CAMBIO DE RODAMIENTOS (2018)
8	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO (2018)
9	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS TOTALES REFERIDOS DE ROLA X (2018)
10	RESUMEN DISPONIBILIDAD (2018)
11	ANÁLISIS DE TIEMPOS Y COSTOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO (2018)
12	ANÁLISIS DE AHORRO EN CONSUMO DE COMBUSTIBLE
13	RESUMEN DE INDICADORES POR AÑO
14	ESTADO DE LA VARIABLE DEPENDIENTE CON LA PROPUESTA

Fuente: Elaboración propia.

En lo que respecta a la evaluación de los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad, retornamos al análisis inicial, la identificación de las falencias en el proceso productivo y su efecto generado en la productividad de esta máquina en específico, ya que, de la flota de 6 Rolas de Tiro, solo se trabajó con una de ellas por decisión de la supervisión del área.

## MAPEO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LA FLOTA DE RODILLOS DE TIRO

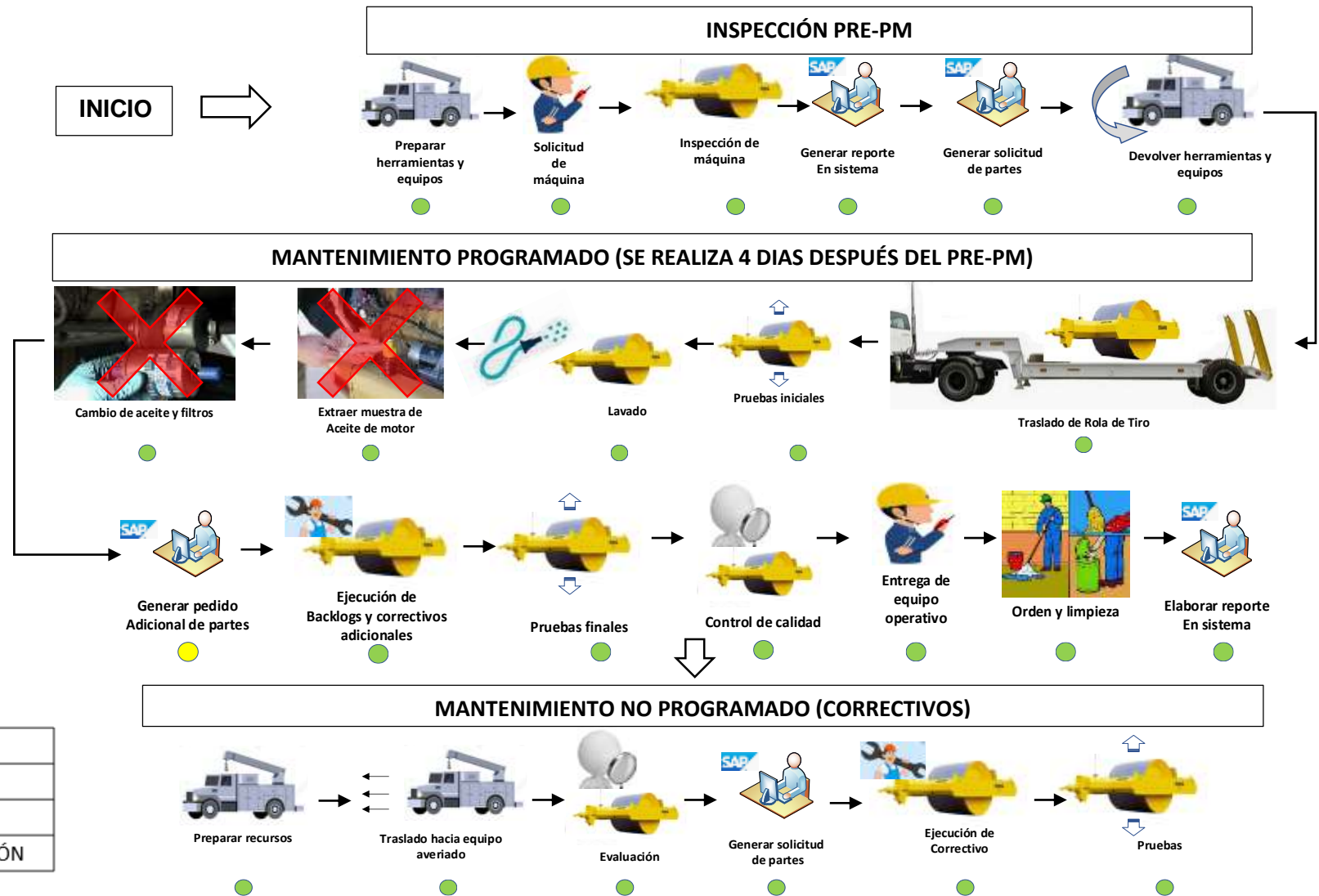


Figura 34. Mapeo de procesos con la propuesta implementada, Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

El mapeo del proceso referido al mantenimiento de los rodillos de tiro a sufrido variaciones con la modificación realizada a la máquina, el mantenimiento programado por el momento solo es inspección y evaluación del sistema de vibración e hidráulico. No se considera el proceso de planificación ya que las observaciones revisadas corresponden directamente al proceso de mantenimiento.






Tabla 28: Análisis de proceso DAP, mejora proceso de producción

Diagrama de Análisis de Proceso: Mantenimiento programado de Rolas de Tiro								
DESCRIPCIÓN	D	T	Total				Observación	
			○	⇒	□	▽		
Traslado de Rola de Tiro		90'		●				
Pruebas iniciales		15'			●		Inspección	
Lavado		40'	●					
Evaluar sist. Vibración e hidráulico)		60'	●				Operación reemplazada	
Cambio de aceite y filtros							Operación retirada	
Generar pedido adicional de partes		15'			●			
Ejecución de Backlogs		120'	●					
Ejecución de correctivos adicionales (Promedio)		347.69'			●		Reparar fallas sist. hidráulico	
Pruebas finales		15'				●	Inspección	
Control de Calidad		10'				●	Inspección	
Entrega de equipo operativo		2'	●					
Orden y limpieza		30'	●					
Elaborar reporte en sistema		15'	●					

Fuente: elaboración propia



## Resumen DAP

Actividad	Símbolo	Número	Tiempo total (min)
Operación		6	267'
Transporte		1	90'
Demora		2	362.69'
Inspección		3	40'
Almacenamiento		0	-
			759.69'

Resumiendo, el DAP, tenemos la eliminación de una operación y el reemplazo de otra, el tiempo de demora se redujo en un 86%.

Continuando con el análisis de costos y tiempos referidos al mantenimiento mostramos en cuadro de detenciones, costos, disponibilidad correspondiente al periodo 2018.

Tabla 29: Análisis de costos y tiempos Rodillo X - 2018

ANÁLISIS COSTOS Y TIEMPOS DE PARADA RODILLO X						
MES	FECHA	DESCRIPCION	TIEMPO PARADA (Hr.)	COSTO PLAN	COSTO REAL	DISPONIBILIDAD
ENE	19/01/2018	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	9.4	702.85	359.87	67.8
	19/01/2018	PG COMPACX EVAL CAMBIO DE RASPADOR	7.2	0	0	<b>90.58%</b>
	21/01/2018	OC RODILLO CAMBIO DE SWITCH PRINCIPAL	2.3	137.97	137.97	
	26/01/2018	NP COMPACX CAMBIO DE RODAMIENTOS DRUM	48.9	25.658.00	24358	
FEB	19/02/2018	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.9	627.01	0	
	20/02/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	6.1	410.57	202.55	<b>97.92%</b>
MAR	3/03/2018	OC COMPACX CAMBIO DE BATERIAS	3.1	1795.5	2179.58	44.4
	10/03/2018	OC RODX REPARACION DE SIST VIBRACION	32.5	3347.39	3347.39	<b>93.83%</b>
	21/03/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	8.8	410.57	202.63	
ABR	1/04/2018	CAMBIO DE FITTING PARA ENGRASE COMPACX	1	49.48	0	55.3
	21/04/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	6.2	410.64	200.83	<b>92.32%</b>
	23/04/2018	NP COMPACX CAMBIO DE RODAMIENTOS DRUM	48.1	18.684	18.684	
MAY	5/05/2018	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV1000 HRS	7.8	626.05	290.81	136.1
	6/05/2018	OC COMPACX REPARACION RASPADOR DRUM	9.8	0	0	<b>81%</b>
	13/05/2018	OC COMPAC X CAMBIO DE RODAMIENTOS EXCENTRICA	38.9	31604.83	29119.61	
	19/05/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.8	410.71	205.3	
	19/05/2018	OC COMPAC X VERIFICACION DE MEDIDA EJE	3.4	0	0	
	21/05/2018	PG COMPACX EVALUACION SISTEMA VIBRACION	2.4	0	0	
	24/05/2018	OC COMPACX CAMBIO DE COMPONENTES	24	1164.18	1164.18	
	25/05/2018	CM ROD8 CAMB MOTOR DIESEL X CONDICION	12	70210.01	61400.7	

	25/05/2018	OC RODX CAMBIO DE RODAJES SIST VIBRACION	32	4295.16	4295.16	
<b>JUN</b>	1/06/2018	OC COMPACX REPARACION SISTEMA VIBRACION	24	2293.51	2293.51	203.1
	9/06/2018	OC COMPACX REPARACION SISTEMA VIBRACION	32	10928.81	14082.38	<b>71.79%</b>
	9/06/2018	OC COMPACX REPARAR SHIM EJE EXENTRICA	5.5	0	0	
	19/06/2018	BO COMPACX CAMBIO ZAPATAS CENTRIFUGAS	3.2	10465.91	10364.35	
	19/06/2018	OC RODILLO X REP EJE EXENTRICO	7.4	106.88	96.45	
	24/06/2018	OC RODX MAQUINADO ALOJAM BASE TAPA	23.1	0	0	
	25/06/2018	OC RODX CAMBIO ACCIONAMIENTO HYD	24	435.5	685.16	
	26/06/2018	PG COMPACX CONVERSION SISTEMA HYD	12	0	1742.65	
	26/06/2018	OC COMPACX MAQUINADO BASE MOTOR HYD	32.5	84.22	0	
	29/06/2018	OC ROLAX CAMBIO DE ROLA INNOVA	39.4	5723.48	6534.61	
<b>JUL</b>	4/07/2018	OC ROLAX INSTALAR MANGUERAS SIST HYD	8.9	631.12	459.08	20.8
	17/07/2018	OC COMPX CAMBIO HOSES HYD	5.2	694.77	0	<b>97%</b>
	20/07/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTTO PREV 500 HRS	6.7	411.75	0	
<b>AGO</b>	4/08/2018	BO COMPACX CBIO COMPON X DESGASTE DE TIRO	6.4	18127.67	18166.63	38.5
	8/08/2018	OC COMPACX CAMBIO LINEA HIDRAULICA	2.3	1878.58	2158.82	<b>94.65%</b>
	14/08/2018	OC COMPACX REPARACION SISTEMAVIBRACION	7.8	6595.2	9956.44	
	17/08/2018	BO COMPACX CAMBIO DE COMPONENTES ELECTRICO	8.4	9515.45	9173.82	
	18/08/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTTO PREV250 HRS	4.8	411.76	209.67	
	22/08/2018	BO COMPACX CBIO SHIM SIST IB X FISURAS	5.1	1197.93	1186.59	
	27/08/2018	PG COMPACX EVAL Y/O REPARACION TIRO	3.7	0	0	
<b>SEP</b>	9/09/2018	OC COMPACX CAMBIO GOMAS VIBRACION	4.5	0	0	40.6
	10/09/2018	BO COMPACX CBIO EJE EXENTRICA	29.7	30753.67	29585.76	<b>94.36%</b>

	18/09/2018	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	6.4	627.15	297.5	
<b>OCT</b>	14/10/2018	BO COMPACX CAMBIO DE BASE DE MOTOR	9.5	921.75	921.09	48.9
	18/10/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.4	411.8	0	<b>93.21%</b>
	20/10/2018	BO COMPACX CAMBIO DE BASE DE MOTOR	7.8	928.77	876.55	
	20/10/2018	BO ROLA X REPARACION SISTEMA DE VIBRACION	15.6	5863.76	5840.29	
	21/10/2018	BO COMPACX REPARACION BARRA DE TIRO	4.5	7100.2	7241.1	
	29/10/2018	BO COMPACX REPARAC SISTEMA REMOLQUE	6.1	10190.82	10979.29	
<b>NOV</b>	15/11/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	2	411.86	213.46	<b>99.72%</b>
<b>DIC</b>	1/12/2018	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	2.9
	15/12/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	2.4	428.25	17.53	<b>99.60%</b>

DESCRIPCIÓN	PERIODO	INV PROGRAM	INV REAL
TOTAL (\$USD)	2018	243362.17	260565.99
DIFERENCIA(PROGRAM/REAL)		-17203.82	
VARIACION (+ -10%)		-7.07%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Análisis disponibilidad 2018

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
2018	ENERO	90.58%
	FEBRERO	97.92%
	MARZO	93.83%
	ABRIL	92.32%
	MAYO	81.00%
	JUNIO	71.79%
	JULIO	97.00%
	AGOSTO	94.65%
	SETIEMBRE	94.36%
	OCTUBRE	93.21%
	NOVIEMBRE	99.72%
	DICIEMBRE	99.60%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>92.17%</b>

Fuente: Elaboración propia

El cuadro de disponibilidad en este periodo, se aprecia un aumento del 6% con respecto al periodo 2017. considerando que el proyecto se entregó finalizado a finales de junio del 2018.

Tabla 31: Análisis cambio de rodamientos

<b>AÑO</b>	<b>MES</b>	<b>CAMBIO RODAMIENTOS (Hr.)</b>
<b>2018</b>	ENERO	48.9
	FEBRERO	0
	MARZO	32.5
	ABRIL	48.1
	MAYO	38.5
		32
	JUNIO	24
		32
	JULIO	0
	AGOSTO	0
	SEPTIEMBRE	0
	OCTUBRE	0
NOVIEMBRE	0	
DICIEMBRE	0	
	<b>TOTAL</b>	<b>256.00</b>
	<b>PROMEDIO</b>	<b>21.33</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra una reducción en las horas de atención por cambio de rodamientos, la reducción con respecto al 2017 es de 443 horas.

Tabla 32: Análisis de tiempos y costos referidos a los PMs - 2018

<b>COSTOS Y TIEMPOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO ROLA 8</b>				
<b>FECHA</b>	<b>MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS REALIZADOS</b>	<b>TIEMPO DURACION (Hr.)</b>	<b>COSTO PROGRAM (\$USD)</b>	<b>COSTO REAL (\$USD)</b>
19/01/2018	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	9.4	702.85	359.87
19/02/2018	PM4 BW6 SERVICIO MTTO2000HR (48 DIAS)	8.9	627.01	0
20/02/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	6.1	410.57	202.55
21/03/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	8.8	410.57	202.63
21/04/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	6.2	410.64	200.83
5/05/2018	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV1000 HRS	7.8	626.05	290.81
19/05/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.8	410.71	205.3
20/07/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	6.7	411.75	0
18/08/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.8	411.76	209.67
18/09/2018	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	6.4	627.15	297.5
18/10/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.4	411.8	0
15/11/2018	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	2	411.86	213.46
15/12/2018	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	2.4	428.25	17.53
	<b>TOTAL</b>	<b>80.7</b>	<b>6300.97</b>	<b>2200.15</b>

Fuente: Elaboración propia

La reducción en los costos y horas invertidas en el mantenimiento programado se ven reducidas con respecto al 2017, 9% en las horas de ejecución del PM y cerca del 40% en los costos reales, se comenta que este factor no debería tener variación, pero acotamos que a partir de julio del 2018 este equipo ya no cuenta con Motor Diesel para su funcionamiento.

La siguiente tabla muestra el análisis de costos y tiempos referidos al mantenimiento mostramos el cuadro de detenciones, costos, disponibilidad correspondiente al periodo 2019.

Tabla 33: análisis de costos y tiempos de parada Rodillo X - 2019

ANÁLISIS COSTOS Y TIEMPOS DE PARADA RODILLO X							
MES	FECHA	DESCRIPCION	TIEMPO PARADA (Hr.)	COSTO PLAN	COSTO REAL	DISPONIBILIDAD	
ENE	15/01/2019	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 1000HRS	4.2	630.62	0	19.8	
	18/01/2019	OC COMPACX SISTEMA VIBRACION	15.6	42.7	53.52	<b>97.25%</b>	
FEB	6/02/2019	BO COMPACX SISTEMA DE VIBRACION	10.6	15431.11	15681.83	13.1	
	13/02/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	2.5	419.03	0	<b>98.18%</b>	
MAR	2/03/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	6.9	
	14/03/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	6.4	0	0	<b>99.04%</b>	
ABR	5/04/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	3.9	
	13/04/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	3.4	0	0	<b>99.46%</b>	
MAY	3/05/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	10.2	
	12/05/2019	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	4.2	634.96	0	<b>98.58%</b>	
	30/05/2019	OC COMPACX EVALUAR SISTEMA VIBRACION	2.1	106.91	128.11		
	31/05/2019	BO COMPACX CAMBIO ABRAZADER VALVULA CHECK	3.4	1133.55	1120.56		
JUN	2/06/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	4.6	
	10/06/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	419.58	0	<b>99.36%</b>	
JUL	1/07/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	8.5	
	5/07/2019	OC COMPACX CBIO CONECTOR HYD SIST VIBRAC	3.8	21.35	25.12	<b>98.82%</b>	
	12/07/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	4.2	419.57	0		
AGO	3/08/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	4.6	
	31/08/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	0	0	<b>99.36%</b>	
SEP	6/09/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	9.2	
	9/09/2019	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV1000 HRS	3.9	632.48	0	<b>98.72%</b>	



	12/09/2019	OC COMPACX- FUGA HYD	4.8	94.49	113.24	
<b>OCT</b>	1/10/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	5.6
	10/10/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.1	418.03	0	<b>99.22%</b>
<b>NO</b>	9/11/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	6.1	418.24	0	11.4
	22/11/2019	OC COMPACX- FUGA ACEITE HIDRAULICO	4.7	116.9	140.98	<b>98.42%</b>
	30/11/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.6	0	0	
<b>DEC</b>	1/12/2019	30D COMPACX INSPECCION EXTINTOR	0.5	0	0	4.6
	7/12/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	0	0	<b>99.36%</b>
		DESCRIPCIÓN	PERIODO	INV PROGRAM	INV REAL	
		TOTAL (\$USD)	2019	20939.52	17263.36	
		DIFERENCIA(PROGRAM/REAL)		3676.16		
		VARIACION (+ -10%)		17.56%		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 34: Análisis de disponibilidad

AÑO	MES	DISPONIBILIDAD
2019	ENERO	97.25%
	FEBRERO	98.18%
	MARZO	99.04%
	ABRIL	99.46%
	MAYO	98.58%
	JUNIO	99.36%
	JULIO	98.82%
	AGOSTO	99.36%
	SETIEMBRE	98.72%
	OCTUBRE	99.22%
	NOVIEMBRE	98.42%
	DICIEMBRE	99.36%
	<b>PROMEDIO</b>	<b>98.81%</b>

Fuente: Elaboración propia

La tabla muestra un incremento en la disponibilidad de 6.64% con respecto al periodo 2017 y un 14.8% con respecto al 2018.

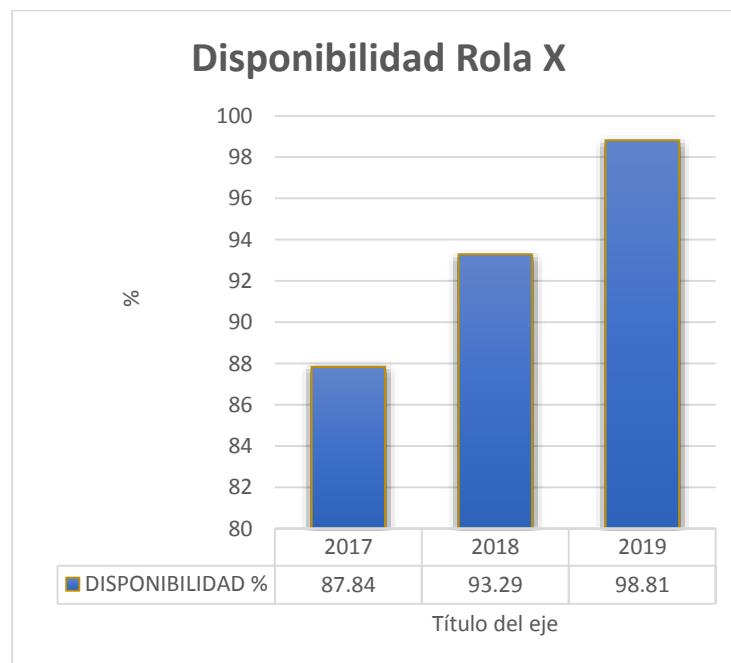


Figura 35: Disponibilidad de máquina por año

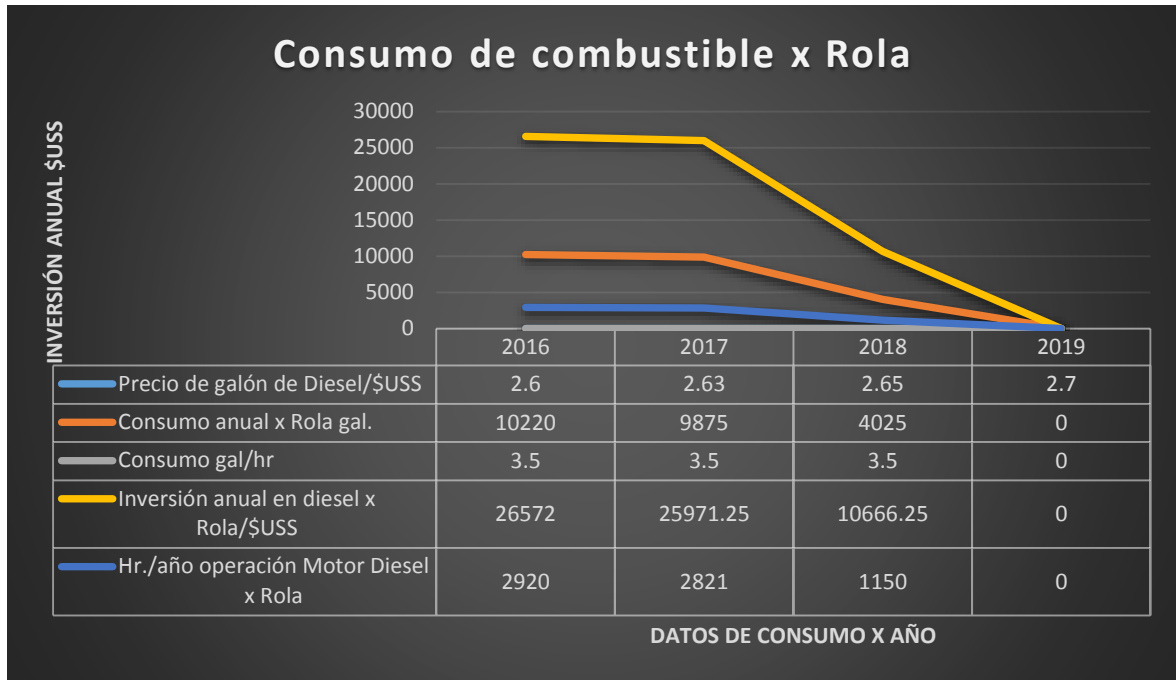
Fuente: Elaboración propia

Tabla 35: análisis de tiempos y costos de PMs -2019

<b>COSTOS Y TIEMPOS REFERIDOS AL MANTENIMIENTO PROGRAMADO RODILLO X</b>				
<b>FECHA</b>	<b>MANTENIMIENTOS PROGRAMADOS REALIZADOS</b>	<b>TIEMPO DURACION (Hr.)</b>	<b>COSTO PROGRAM (\$USD)</b>	<b>COSTO REAL (\$USD)</b>
15/01/2019	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 1000HRS	4.2	630.62	0
13/02/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	2.5	419.03	0
14/03/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	6.4	0	0
13/04/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	3.4	0	0
12/05/2019	PM4 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 2000 HRS	4.2	634.96	0
10/06/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	419.58	0
12/07/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	4.2	419.57	0
31/08/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	0	0
9/09/2019	PM3 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV1000 HRS	3.9	632.48	0
10/10/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	5.1	418.03	0
9/11/2019	PM2 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV 500 HRS	6.1	418.24	0
7/12/2019	PM1 BOMAG BW6 SERVICIO MTTO PREV250 HRS	4.1	0	0
<b>TOTAL</b>		<b>52.3</b>	<b>3992.51</b>	<b>0</b>

Fuente: SAP, la empresa

La reducción en los costos y horas invertidas en el mantenimiento programado se ven reducidas con respecto al 2018, en este caso las horas de mantenimiento se ven reducidas a realizar seguimiento a la maquinaria modificada, también en atender fallas en el equipo modificado como: fugas de aceite, regulaciones de válvulas, etc., no se tienen costos relacionados al mantenimiento programado, ya que se han dejado de usar filtros, aceites e insumos.



**Figura 36:** ahorro de costos, consumo de combustible

**Fuente:** elaboración propia

El gráfico muestra que a partir del 2019 se dejaría de quemar en promedio 51100 glns. de combustible en toda la flota, generando un ahorro de \$132,860 por año, ratio de consumo 3.5 gal/hr. Según manual del fabricante, Precio promedio estimado por galón USD 2.6.

De los resultados obtenidos por cada objetivo específico y su efecto en la variable dependiente e independiente, se resumen los promedios en la siguiente tabla y gráfico de costos totales realizados en el mantenimiento de esta máquina.

Tabla 36: Resumen de resultados por año.

RESULTADOS X AÑO			
RODILLO X	2017	2018	2019
COMBUSTIBLE CONSUMO (Gln.)	9875	4025	0
PARADA X MANT PREV (Hrs.)	89.1	80.7	0
TIEMPO X CAMBIO RODAMIENTOS x 2(Hrs)	1398	512	0
COSTO TOTAL REAL \$USD	458625.89	236189.31	17623
HH AHORRADO X CBIO ROD (X2)	0	770	1088
HH AHORRADO X PMs (X2)	0	16.8	36.2
DISPONIBILIDAD %	87.84	93.29	98.81

Fuente: Elaboración propia



**Figura 37:** Costos totales del mantenimiento x año

**Fuente:** Elaboración propia.

Tabla 37: estado de la variable dependiente con la propuesta

<b>1 CICLO NOMINAL DE DESCARGA DE ARENAS Y COMPACTADO (ANTES)</b>					
<b>CANT. MAQUINAS (Flota)</b>	<b>CAPACIDAD STD BW6 (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>HORAS/ (x turno 12horas)</b>	<b>CAPACIDAD STD (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>Disponibilidad (4 máquinas)</b>	<b>Productividad (m<sup>3</sup>/hr.)</b>
<b>6</b>	360	4	8640	<b>67%</b>	<b>1157.76</b>
<b>Capacidad Real (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	Capacidad efectiva (m <sup>3</sup> /hr.)	Utilización %	Eficiencia %	Rendimiento (m <sup>3</sup> /hr.)	Eficacia (m <sup>3</sup> /hr.)
<b>6540</b>	5788.8	33.30%	112.98%	403.125	1157.8
<b>1 CICLO NOMINAL DE DESCARGA DE ARENAS Y COMPACTADO (DESPUES)</b>					
<b>CANT. MAQUINAS (Flota)</b>	<b>CAPACIDAD STD BW6 (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>HORAS/ (x turno 12horas)</b>	<b>CAPACIDAD STD (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	<b>Disponibilidad (5 máquinas)</b>	<b>Productividad (m<sup>3</sup>/hr.)</b>
<b>6</b>	360	4	8640	<b>98%</b>	<b>1308</b>
<b>Capacidad Real (m<sup>3</sup>/hr.)</b>	Capacidad efectiva (m <sup>3</sup> /hr.)	Utilización %	Eficiencia %	Rendimiento (m <sup>3</sup> /hr.)	Eficacia (m <sup>3</sup> /hr.)
<b>6540</b>	8465.45	33.30%	77.26%	322.5	1693.1
<b>Variable</b>	<b>Rangos</b>	<b>Indicador</b>	<b>Promedios</b>		
<b>Productividad</b>	1308.00 (m <sup>3</sup> /hr.) de arenas compactadas	Disponibilidad	Disponibilidad promedio de Rodillo X supera el 95%.		
		Capacidad	La capacidad efectiva de flota supera en 23% a la capacidad real		
	Target, 1308.00 (m <sup>3</sup> /hr.)	Eficacia	La eficacia de flota aumenta en un 15%		
		Utilización	La utilización de máquina es del 33.3%		
		Rendimiento	El rendimiento de flota es de 322.5 m <sup>3</sup> /hr.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 38: Resumen variable dependiente con la propuesta.

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>PROCESO</b>	<b>PRINCIPALES INDICADORES</b>	<b>VALORES OBTENIDOS</b>
<b>PRODUCTIVIDAD</b>	Compactado de arenas	Disponibilidad de máquina	Se supera el 95%
		Costos de Mantenimiento	Se reducen en más del 80%
		Horas Hombre	Se consigue un adecuado uso del recurso humano, en el periodo 2019 se ahorra más de 1000 horas hombre en labores de mantenimiento.

Fuente: elaboración propia.

En conclusión, la mejora en la gestión del proceso de producción del área de mantenimiento permite un efecto en la productividad de la misma área referenciado en la disponibilidad de maquinaria, otorgada al área de operaciones relaves, esto a su vez permite que la productividad en el proceso de compactado de arenas medido en m<sup>3</sup>/hr. no se vea afectado. Con esto Operaciones Relaves proyectó el cumplimiento de compactado de arenas al 100%. El efecto en la productividad fue notorio, Con ello se contrasta la hipótesis planteada y se responde a la pregunta general de la presente investigación.

# INDICADORES DE IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD



**Figura 38:** Resumen del impacto en la productividad del Proyecto implementado.

**Fuente:** Elaboración propia.



### **3.3.5. Análisis beneficioso/costo de la propuesta**

Como propuesta de costo de implementación y/o inversión tenemos:

Para poder implementar dicha mejora en la modificación de esta máquina se utiliza un tambor disponible de máquina dada de baja, pero, si se decide modificar los demás rodillos de tiro Bomag - BW6, se debe de realizar la compra de tambor y sistema de vibración completo de rodillo Hamm 3412 u otro alternativo, el costo en promedio es de US\$ 80,000 por rodillo de tiro; dicho costo se recupera en un intervalo de tiempo de 01 año, tomando como referencia los gastos y frecuencia de reparación de sistema de vibración accionados mecánicamente, así como el costo de combustible generado por el motor diésel.

Tabla 39: Análisis costo beneficio de implementación de Proyecto.

<b>COMPARACIÓN DE COSTOS SISTEMA ANTERIOR VS SISTEMA NUEVO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>HRS OPERACIÓN</b>	<b>FRECUENCIA HRS (A)</b>	<b>US\$/Hr (B/A)</b>	<b>COSTO US\$ (B)</b>
<b>Implementación rola accionada hidráulicamente</b>				
Repuesto de accionamiento sistema Hidráulico	6000	14000	4,29	60.000,00
Tambor de rola	6000	60000	0,33	20.000,00
TOTAL, US\$/hr (C)			4,62	<b>80.000,00</b>
<b>Rola de tiro accionadamente mecánicamente</b>				
Motor diésel	6000	8000	2,25	18.000,00
Reparación de sistema de vibración	6000	2000	10,00	20.000,00
* Combustible (consumo de 3 gal/hr; precio diésel 2,6 US\$/gl)	6000		7,80	
TOTAL, US\$/hr (D)			20,05	38.000,00
<b>Ítems.</b>	<b>US\$/hr</b>	<b>Hr/año operación</b>	<b>US\$/año operación</b>	
Rola de Tiro sistema anterior (accionada mecánicamente) (a)	20.05	3000	60150	
Rola de Tiro sistema nuevo (accionada hidráulicamente) (b)	4.62	3000	13860	
Ahorro US\$ para implementación proyecto (1-(b/a) x 100)	<b>76.95%</b>		46290	

Fuente: elaboración propia.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. Conclusiones

De acuerdo al primer objetivo específico, Diagnosticar la productividad del área de mantenimiento, relacionado a la flota de Rodillos de Tiro.

Durante el diagnóstico de la productividad del área de mantenimiento relacionada a esta flota de máquinas, se determina que la disponibilidad de esta flota, impacta directamente en el proceso productivo de compactado de arenas del talud de la presa de relaves, esto produce una baja productividad en el proceso de compactado de arenas, un elevado costo de mantenimiento y horas hombre en labores de mantenimiento no programado o correctivos, esto nos refiere a ofrecer alternativas de solución a la problemática identificada.

De acuerdo al segundo objetivo específico, Analizar las propuestas de solución.

Durante el proceso de lluvia de ideas para poder dar solución al problema identificado, se otorgan las ideas en orden de complejidad o dificultad de realización, de acuerdo a ello se determinó que muchos de ellos (ideas) ya se habían realizado y como opción más factible se determina la modificación de la máquina para asegurar su disponibilidad en el proceso productivo.

De acuerdo al tercer objetivo específico, Realizar un análisis de todo el proceso de modificación, pruebas y seguimiento.

El proceso de modificación se extendió más de lo planificado, pero el producto final cumplió las expectativas, el sistema sellado implementado resultó eficiente, el factor ambiental (arenas y humedad) relacionado a la falla de rodamientos se eliminó, ya que el nuevo sistema es sellado, como se comentó en los resultados, el producto final pesa 500 kg. más, eso de acuerdo a principios de compactación otorga más capacidad de compactación, pero ese factor no fue medido, por estándares del proceso ya definidos en el área.

De acuerdo al cuarto objetivo específico, Evaluar los resultados de la mejora del proceso de producción y su efecto en la productividad.

El análisis del proceso productivo del área de mantenimiento, luego de realizar la modificación fue significativo, la disponibilidad de flota quedó asegurado, los costos de mantenimiento programado y no programado se redujeron significativamente, factores como el consumo de combustible se redujeron de forma considerable. El proceso productivo en el cual participan estas máquinas se vio incrementado.

## **4.2. Recomendaciones**

Para la presente investigación se recomienda lo siguiente:

PRIMERA: Los objetivos de lo propuesto como mejora de la presente investigación, requiere más que en cumplimiento de tiempos, el análisis inicial antes de la realización, de lo considerado en la presente investigación para que el producto final cumpla con las expectativas. Esto puede replicarse para otras realidades similares, ya que en diferentes empresas mineras se realizan procesos de compactado de talud de presas de relaves.

SEGUNDA: Para el caso de modificación de maquinaria debe considerarse los aspectos de seguridad relacionados a lo operacional durante el período de pruebas, ya que si bien, se ha hecho un análisis inicial de factibilidad, los resultados no siempre pueden ser los esperados.

TERCERA: En este caso se demuestra que los procesos productivos pueden mejorarse, la presente investigación permite apreciar el efecto en la productividad al mejorarse el proceso de producción de un área en específico, a los investigadores se recomienda que este caso en específico puede replicarse en otras organizaciones y/o proseguir con la presente investigación y ser usado como base en otras iniciativas.


## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alejos, R. (2008), Principios éticos y de calidad: Buenas prácticas en la organización del conocimiento. Primera Edición. Biblios Perú. Lima, Perú. p. 5.
- Benítez Aliaga, V. (2017). Análisis y propuesta de mejora de procesos para una empresa metalmecánica de sistemas de izaje para centros mineros. Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Cabrera, R. (2018), Análisis del sistema de monitoreo para el control de estabilidad de la presa de relaves, U. M Yauricocha, Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú.
- Colquehuanca, M. (2018). Implementación de mejora al sistema de una planta de trituración de roca, para optimizar el rendimiento en el proceso de producción de agregados. Universidad Privada del Norte. Trujillo, Perú.
- Díaz del Olmo, L. (2018). Diagnóstico, diseño y estrategia de implementación de propuestas de mejora para el proceso de reparación de carrocería y pintura en un taller automotriz, Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- García, G. (2018). Propuesta de mejora de la gestión de mantenimiento en una empresa de elaboración de alimentos balanceados, mediante el mantenimiento productivo total (TPM), Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Hernández y Rodríguez, S. (2017). Introducción a la administración. Quinta Edición. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V. México D.F. México. p. 5.
- Hernández, R. Fernández, C. Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación. Sexta Edición. Interamericana Editores de C.V. México D.F, México. p. 4 – 105.
- Heyzer, J. Render, B. (2009). Principios de Administración de Operaciones. Séptima Edición. Pearson Educación de México S.A. México D.F. México. p.36.
- Hindle, T. (2008). MANAGEMENT las 100 ideas que hicieron historia. Primera edición en español. El Comercio S.A. Lima, Perú. p. 121.

- Minem (1995), Guía para el manejo de relaves mineros, única edición. Minem.gob. Lima, Perú, p. 1.
- Prokopenko, J. (1989). La Gestión de la Productividad. Primera Edición. Oficina Internacional de Trabajo. Ginebra, Suiza. p. 3.
- Ramos, F. (2018). Método basado en procesos para mejorar la productividad y calidad en el área de planta de una empresa de bebidas en la ciudad de Arequipa, Universidad Nacional San Agustín. Arequipa, Perú.
- Reyes, C. (2012), ANÁLISIS Y MEJORA DE PROCESOS EN UNA EMPRESA EMBOTELLADORA DE BEBIDAS REHIDRATANTES, Pontifica Universidad Católica del Perú. Lima, Perú.
- Infobae. (2018). Los avances científicos más destacados de 2018. Extraído el 13 de junio del 2020 de <https://n9.cl/gcson>
- Mora, A. (2009). Mantenimiento: Planeación, ejecución y control. Extraído el 03 de febrero del 2020 de <https://n9.cl/mi2dh>
- Pérez, Y. (2016), La mejora continua de los procesos en una organización fortalecida mediante el uso de herramientas de apoyo a la toma de decisiones. Extraído el 13 de junio del 2020 de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5580335>
- Portal Andina. (2018). Aporte de minera Cerro Verde equivale al 2.3% del PBI del Perú. Extraído el 17 de marzo del 2020 de <https://n9.cl/f3cj>
- Portal Andina. (2019). Actividad minera en Perú representó 9% del PBI en últimos diez años. Extraído el 15 de marzo del 2020 de <https://n9.cl/r9453>

## ANEXOS

### Anexo 1: ficha de registro de datos

FICHA DE REGISTRO DE DATOS						
NOMBRE:	<i>Andrés Pérez</i>					
ÁREA:	<i>Mantenimiento de tractores de relevés.</i>					
FECHA:	<i>08.09.2018</i>					
ADVERTENCIA		Fluido hidráulico sometido a altas presiones están presentes en esta labor, los siguientes riesgos asociados están presentes: movimientos imprevistos de implementos, liberación de fluido, superficies resbalosas, el fluido hidráulico es inflamable, quemaduras, inyección de fluido por la piel, asegúrese de tomar los controles necesarios.				
CONSIDERACIONES MEDIO AMBIENTE		Verificar la existencia del Kit antiderrames en el área de trabajo Verificar la existencia de los tachos para la disposición de residuos y la correcta disposición de los mismos, respetando el código de colores				
CONSIDERACIONES DE SEGURIDAD		El presente trabajo NO cuenta con un procedimiento específico de trabajo seguro PETS, para su desarrollo se requiere realizar el ATS, ARO y PETAR si las circunstancias lo ameritan, para cada caso el supervisor debe firmar en conformidad los documentos relacionados a la tarea.				
DOCUMENTOS CONSIDERADOS		ATS	ARO	PETS	PETAR	AT
		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
DATOS TÉCNICOS						
PRESIONES (PSI)	IN	<i>3000</i>	OUT	<i>50</i>	REMAIN	<i>6</i>
TEMPERATURA (C°)	IN	<i>60</i>	OUT	<i>64</i>		
FRECUENCIA (HERTZ)	START	<i>30</i>	END	<i>30</i>		
RPM	START	<i>1900</i>	END	<i>1900</i>		
TIEMPO DE PRUEBA		<i>1 hora</i>				
COMENTARIOS	Durante el periodo de prueba se observa oscilación de la presión de entrada al motor hyd, requiere endurecer el sistema en movimiento de trabajo, se solicita preste con operador.					

## Anexo 2: Ficha de registro de revisión documentaria

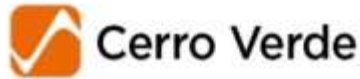
FICHA DE REGISTRO DE REVISIÓN DOCUMENTARIA					
NOMBRE:	<i>Libros referidos</i>				
ÁREA:	<i>Mantenimiento factores relevos.</i>				
FECHA DE REVISIÓN:	<i>03 de 09. 2017.</i>				
DOCUMENTOS / SISTEMAS REVISADOS					
Descripción	Página	Referencia	Capítulo	Anexo	Sistema
<del>MANUAL DE FABRICANTE</del>					
<del>SAP / BUSINESS OBJECT</del>					
ARCHIVOS DE ANÁLISIS DE CAPACIDAD MINA	<i>Disponibilidad.</i>				
<del>REGISTROS DE INDICADORES</del>					
REGISTROS DE COSTOS	<i>Registro Costos. / Horas / hombre.</i>				
REFERENCIAS TÉCNICAS	<i>Manual Bomey.</i>				
<del>LIBROS RELACIONADOS</del>					
<del>PÁGINAS DE INTERNET</del>					
COMENTARIOS					
<i>Se solicitan datos para el análisis de indicadores del área de mantenimiento de rodillos de tiro.</i>					



## Anexo 3: Carta de autorización para el uso de datos



Carta de Autorización Para Uso de Datos (1).pdf



### CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Arequipa, 01 de julio del 2021

Quien suscribe:

Sr.

**Gerente General Mina – Sociedad Minera Cerro Verde S.A.A**

AUTORIZA: permiso para recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación, denominado: "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR".

Por el Presente, el que suscribe TOMAS GONZALES PAIHUA, Gerente General Mina de la empresa: SOCIEDAD MINERA CERRO VERDE S.A.A., AUTORIZO al alumno: LUIS ALBERTO MARCA SAICO, con DNI N° 40388989, estudiante de la escuela profesional de INGENIERIA INDUSTRIAL, y autor del trabajo de investigación denominado: "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR", al uso de dicha información que conforma el expediente técnico así como hojas de memorias, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de la tesis enunciada líneas arriba.

Se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente,

Tomas  
Gonzales

Digitally signed by Tomas  
Gonzales  
Date: 2021.07.01 08:02:25  
-05'00'

Tomas Gonzales Paihua

T (51 54) 381515  
Asiento Minero Cerro Verde  
Uchumayo  
AV. Alfonso Ugarte 304  
Casilla 299 Arequipa - Perú  
[www.cerroverde.pe](http://www.cerroverde.pe)

## Anexo 4: Fichas de opinión de expertos



**UNIVERSIDAD  
SEÑOR DE SIPÁN**

**Universidad Señor de Sipán.**

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial**

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS.**

Apellido y nombres del experto: *Hexxera Campos Branca Jaquez*

Grado Académico: *Ingeniería Mecatrónica*

Cargo e Institución: *Supervisión de mantenimiento Mina - Sociedad Minera Cerro Verde*

Nombre del instrumento a validar: **Ficha de registro de datos y Ficha de registro documentario**

Autor del instrumento: **LUIS ALBERTO MARCA SAICO**

Título del Proyecto de Tesis: **"GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR"**

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Buena	Muy Buena
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems.				X
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables.				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20)..... *18*

Calificación: (De Deficiente a Muy Bien)..... *Muy bien*

**Observaciones:**

.....

Fecha: *01 de Julio de 2021*

Firma: 

DNI: *41548999*

*CIP 462685*

Universidad Señor de Sipán.

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

**FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS.**

Apellido y nombres del experto: SALAS PAGO PIERRE GERSON

Grado Académico: INGENIERO MECANICO

Cargo e Institución: SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO MINA - SOCIEDAD MINERA CERRO USQUE

Nombre del instrumento a validar: Ficha de registro de datos y Ficha de registro documentario

Autor del instrumento: LUIS ALBERTO MARCA SAICO

Título del Proyecto de Tesis: "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR"

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems.				X
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables.				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X

**Valoración**

Puntaje: (De 0 a 20) 19

Calificación: (De Deficiente a Muy Bien) MUY BIEN

**Observaciones:**

.....

.....

Fecha: 03 DE JULIO 2021

Firma: [Firma] cip. 189716

DNI: 41952197

Universidad Señor de Sipán.

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

FICHA DE OPINIÓN DE EXPERTOS.

Apellido y nombres del experto: Alvarez Zeballos Javier Andy

Grado Académico: Ingeniero Mecánico

Cargo e Institución: Supervisor Senior Mantenimiento - SMCV

Nombre del instrumento a validar: Ficha de registro de datos y Ficha de registro documentario

Autor del instrumento: LUIS ALBERTO MARCA SAICO

Título del Proyecto de Tesis: "GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PARA INCREMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA EMPRESA MINERA DEL SUR"

Indicadores	Criterios	Calificación			
		Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno
		De 0 a 5	De 6 a 10	De 11 a 15	De 16 a 20
Claridad	Los ítems están formulados con lenguaje apropiado y comprensible				X
Organización	Existe una organización lógica en la redacción de los ítems.				X
Suficiencia	Los ítems son suficientes para medir los indicadores de las variables.				X
Validez	El instrumento es capaz de medir lo que se requiere.				X
Viabilidad	Es viable su aplicación				X

Valoración

Puntaje: (De 0 a 20) 19.

Calificación: (De Deficiente a Muy Bien) Muy Bien.

Observaciones:

Fecha: 12 de Julio del 2021

Firma:

DNI:

40041205

CIP 126169.