

**UNIVERSIDAD ANTONIO RUIZ DE MONTOYA**

Facultad de Ingeniería y Gestión



**PROPUESTA DE MEJORA DE LOS PROCESOS DE  
MANTENIMIENTO DEL TALLER DE CAMIONES 793 MEDIANTE  
EL ESTUDIO DE MÉTODOS Y MEDICIÓN DE TRABAJO EN UNA  
EMPRESA MINERA.**

Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller en Ingeniería  
Industrial

**ALDO BRIAN CONDORI BRAVO  
DANNY WILSON QUIZA PAYE**

**Asesor**

**José Zabala**

**Luis García**

**Abril de 2019**

## **EPIGRAFE**

El que siembra escasamente, escasamente también cosechará; y el que siembra abundantemente, abundantemente también recogerá. – 2 Corintios 9:6

## **DEDICATORIA**

A nuestras familias, por su apoyo incondicional a lo largo del desarrollo de este trabajo. Por sus consejos y amor abnegado que nos han motivado siempre a buscar la mejora en nuestra vida espiritual, personal y profesional. A nuestros asesores por su continuo apoyo, orientación, críticas y recomendaciones en el desarrollo de este trabajo.

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo el desarrollo de una propuesta de mejora en procesos de mantenimiento seleccionados dentro de un taller mecánico de camiones de acarreo de una empresa minera a través del estudio de métodos y medición del trabajo.

Para ello inicialmente se estudió los principales procesos de mantenimiento desarrollados en el taller, para luego identificar el proceso que registraba problemas operativos. Como problema central se identificó los tiempos elevados de mantenimiento los cuales a su vez tenían relación directa con la reprogramación de trabajos, así como la condición general del taller, el cual registraba congestión. Los procesos de mantenimiento por cambio de componentes, específicamente los cambios de transmisión y diferencial fueron los trabajos seleccionados en este estudio. La causa principal se determinó gracias al estudio de métodos y medición del trabajo. Las herramientas propuestas por esta metodología permitieron identificar los tiempos actuales en las etapas del desarrollo, las distancias y las demoras del proceso.

Con la identificación de las actividades limitantes de la productividad dentro de los procesos seleccionados, se propuso un nuevo método, que requirió el cambio del equipo principal de trabajo, camión de grúa articulada, por otro equipo estacionario, el cual eliminará las demoras propias del manejo del equipo actual. Además de la propuesta en cuanto al cambio de otras herramientas de trabajo y formatos de gestión adicional.

Finalmente el cambio del método actual por el propuesto permitiría aumentar la productividad dentro de los procesos de mantenimiento seleccionados, debido a que reduciría el tiempo de parada de los camiones 793 dentro del taller, y permitiría que los mismos estén más horas al año en producción, lo que se traduciría en beneficios económicos y ergonómicos del trabajador.

**Palabras clave:** mantenimiento, camiones, 793, métodos, medición, tiempo

## **ABSTRACT**

The objective of this work is the development of an improvement proposal in the maintenance processes selected within a mechanical workshop of haulage trucks of a mining company through study of methods and measurement of work.

Initially, we have studied the main maintenance processes to then identify the process that registered operational problems. The main problem identified was the high maintenance times, which had a direct relationship with the reprogramming of jobs, as well as the general condition of the workshop, which registered congestion. The maintenance processes of transmission and differential changes were the works selected. The main cause was determined through the study of methods and measurement of work. The tools proposed for this methodology allowed to identify the current times in the stages of development, distances and delays of the process.

With the identification of productivity limiting activities, we have proposed a new method, the change of main work equipment, articulated crane truck, by other stationary equipment was required, which will eliminate the delays of the management of the current equipment.

Finally, the change of current method by the result will allow to increase the performance, and reduce the truck stop time. Which translates into an economic and ergonomic benefits.

**Keywords:** maintenance, trucks, 793, methods, measurement, time.

## TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	17
1.1. Problemática actual .....	17
1.2. Justificación de la investigación.....	17
1.3. Objetivos .....	18
1.3.1. Objetivo General .....	18
1.3.2. Objetivos Específicos .....	18
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO .....	19
2.1. El estudio del trabajo.....	19
2.1.1. Objetivo del estudio del trabajo.....	19
2.1.2. Los procesos .....	20
2.1.3. Conceptos generales de productividad. ....	20
2.1.4. La productividad en el mantenimiento .....	22
2.2. Diseño del trabajo o métodos:.....	23
2.2.1. Áreas de actividades de la ingeniería de métodos. ....	23
2.2.2. Estudio de los métodos de trabajo.....	24
2.2.3. Pasos del enfoque en el estudio de métodos.....	25
2.3. Herramientas del estudio de métodos. ....	26
2.3.1. Procedimientos gráficos Diagramas de flujo.....	26
2.3.2. Procedimientos gráficos Diagramas de proceso. ....	28
2.3.3. Diagrama Causa Efecto .....	29
2.3.4. Histogramas.....	30
2.4. Medición del trabajo. ....	31
2.4.1. Objetivos de la medición del trabajo. ....	31
2.4.2. Aplicación de la medición del trabajo. ....	31
2.4.3. Estudio de tiempos con cronómetro .....	33

CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....	39
3.1. La industria minera .....	39
3.1.1. Conceptos generales .....	39
3.1.2. Industria minera del Perú.....	39
3.1.3. Características generales de las grandes empresas mineras en el Perú. ....	40
3.1.4. Enfoque al proceso de Extracción. ....	40
3.1.5. Relación del carguío y transporte con el resto de actividades .....	41
3.2. Descripción de la empresa .....	41
3.2.1. La Organización .....	41
3.2.2. Instalaciones y medios operativos .....	41
3.2.3. Flota de trabajo .....	45
3.2.4. Trabajos realizados en el taller de mantenimiento. ....	51
3.2.5. Procesos para el Mantenimiento.....	56
CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA .....	59
4.1. Servicios del taller de camiones:.....	59
4.1.1. Servicios de mantenimiento Preventivo. ....	59
a. Análisis en la programación de mantenimientos preventivos.....	59
b. Análisis por cantidad de servicios de mantenimiento preventivo.....	61
c. Análisis del tiempo de servicio de mantenimiento preventivo. ....	64
4.1.2. Servicio de cambio de componentes. ....	66
a. Tasas de cumplimiento de cambio de componentes mayores.....	66
b. Tiempos de servicio de cambio de componentes.....	69
4.2. Priorización y análisis de problemas.....	72
4.3. Elección de los componentes a trabajar. ....	75
4.3.1. Cantidad de servicios de cambio de componentes mayores.....	75
a. Análisis anual por cantidad de servicios. ....	75
b. Resultados del Análisis anual por cantidad de servicios. ....	77
4.3.2. Resultados del Análisis anual.....	80
4.4. Evaluación de tiempos en los cambios de componentes seleccionados. ....	82
4.4.1. Selección del trabajo.....	82
4.4.2. Seleccionar un operario calificado. ....	82

4.4.3. Análisis del trabajo .....	82
4.4.6. División del trabajo en elementos. ....	87
4.4.7. Mediciones de prueba, ejecución de una muestra inicial. ....	90
4.4.8. Determinación del tamaño de la muestra. ....	90
4.4.9. Cronometrar.....	91
a. Calificar la actuación del operario.....	92
b. Estimación de tolerancias .....	92
4.4.10. Tiempo estándar situación actual .....	94
4.4.11. Proceso operativo de cambio de transmisión y diferencial – Situación actual	100
4.4.12. Diagnóstico del cambio de componentes seleccionados. ....	107
<b>CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA .....</b>	<b>118</b>
5.1. Herramientas y equipos para el cambio de componentes seleccionados. ....	119
5.1.1. Llenado de aceites .....	119
5.1.3. Herramientas de izaje. ....	152
5.2. Instalaciones adecuadas. ....	154
5.3. Organizar al personal adecuadamente.....	154
5.4. Definición del nuevo procedimiento.....	155
5.4.1. Cambio de transmisión – Proceso propuesto.....	155
5.4.2 Cambio de diferencial – Proceso propuesto .....	155
5.4.3. Determinación del nuevo tiempo estándar Método Propuesto.....	155
5.4.4. Tiempo estándar cambio de Transmisión.....	157
5.4.5. Tiempo estándar cambio de Diferencial.....	158
5.4.6. Diagrama analítico del Proceso operativo de cambio de Transmisión.....	159
5.4.7. Diagrama analítico del Proceso operativo de cambio de Diferencial.....	163
5.4.7. Resumen del método propuesto.....	166
5.5. Gestión anticipada de trabajo. ....	167
<b>CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS .....</b>	<b>169</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>173</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>175</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>181</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 - Simbología de un diagrama de flujo.....	27
Tabla 1.2 – Acciones durante un proceso .....	28
Tabla 1.3 - Ejemplificación de la simbología de diagramas de flujo.....	29
Tabla 1.4 - Distribución t.....	35
Tabla 1.5 - Criterios de evaluación.....	36
Tabla 1.6 - Recomendaciones de tolerancias.....	37
Tabla 2.1 – Especificaciones camión 793.....	45
Tabla 2.2 - Tipos de Mantenimiento realizados en taller .....	51
Tabla 2.3 - Mantenimiento programado vs no programado .....	51
Tabla 2.4 – Clasificación de mantenimientos programado.....	52
Tabla 2.5 – Descripción de los cambios de componentes mayores.....	53
Tabla 2.6 – Descripción de los cambios de otros componentes mayores.....	54
Tabla 2.7 – Descripción de los trabajos no programados .....	56
Tabla 3.1 - Servicios de mantenimientos de la empresa.....	59
Tabla 3.2 – Periodos por mantenimiento preventivo .....	60
Tabla 3.3 – Programación de mantenimientos preventivos. ....	61
Tabla 3.4 – Mantenimientos preventivos en el año 2018 .....	62
Tabla 3.5 – Disponibilidad de bahías por mes.....	64
Tabla 3.6 – Disponibilidad de bahías por mes.....	64
Tabla 3.7 – Tiempos estandarizados de mantenimiento preventivo.....	64
Tabla 3.8 – Tiempos de servicio de mantenimiento preventivo programado.....	65
Tabla 3.9 – Cantidad de trabajos realizados vs. Reprogramados. 2018 .....	67
Tabla 3.10 – Cumplimiento de componentes. ....	68
Tabla 3.11 – Tiempos estandarizados de cambio de componentes. ....	69
Tabla 3.12 – Resumen de cambio de componentes .....	70

Tabla 3.13 – Horas excedidas en servicios de cambio de Componentes.....	71
Tabla 3.14 – Comparación de los principales servicios de taller.....	72
Tabla 3.15 - Cantidad de componentes programados para su cambio.....	75
Tabla 3.16 – Resumen de cambio de componentes .....	77
Tabla 3.17 – Horas de parada por cambio de componentes año 2018.....	78
Tabla 3.18 – Análisis por cantidad de servicios. ....	80
Tabla 3.19 – Comparación criterios entre componentes.....	80
Tabla 3.20 – Análisis por cantidad de servicios .....	80
Tabla 3.21 - Comparación de criterios entre componentes.....	81
Tabla 3.22 - Elementos desarrollados por el técnico .....	88
Tabla 3.23 - Elementos desarrollados por el técnico 1 .....	89
Tabla 3.24 - Sumatoria de los elementos de cada muestra T1– Cambio de transmisión.....	90
Tabla 3.25 - Sumatoria de los elementos de cada muestra T1– Cambio de Diferencial .....	90
Tabla 3.26 - Tiempos medios observados (T.M.O).....	91
Tabla 3.27 - Tolerancias para Cambio de Transmisión y Diferencial – Situación actual ....	93
Tabla 3.28 - Tiempo estándar técnico 1 cambio de transmisión – Situación actual.....	95
Tabla 3.29 - Número de muestras requeridas .....	96
Tabla 3.30 - Tiempo estándar total de cada técnico– Situación actual.....	97
Tabla 3.31 - Número de muestras requeridas .....	97
Tabla 3.32 - Tiempo estándar del técnico 1 cambio de diferencial– Situación actual .....	98
Tabla 3.33 - Tiempo estándar total de cada técnico .....	99
Tabla 3.34 - Tiempo total por técnico.....	104
Tabla 3.35 - Tiempo total por técnico.....	107
Tabla 3.36 - Stock de repuestos en almacener región sur.....	110
Tabla 3.37 -Herramientas para cambio de Tx y Dif. ....	111
Tabla 3.38 – Requerimiento de personal .....	112
Tabla 3.39 – Cantidad de personal técnico .....	113
Tabla 3.40 – Requerimientos técnicos del personal.....	113
Tabla 3.41 – Ponderación de criterios .....	114
Tabla 3.42 – Evaluación de causa raíz del problema.....	115
Tabla 3.43 – Priorización de las causas del cambio de Tx. y Df. ....	117

Tabla 4.1 – Especificaciones de bomba de llenado .....	119
Tabla 4.2 – Especificaciones bomba de succión.....	150
Tabla 4.3 – Especificaciones bomba requerida.....	151
Tabla 4.4 - Especificaciones de grúa a adquirir.....	153
Tabla 4.5 - Tolerancias para el Cambio de Tx yDf– Situación propuesta.....	156
Tabla 4.6 - Tiempo estándar propuesto .....	158
Tabla 4.7 - Tiempo estándar propuesto .....	158
Tabla 4.8 - Evaluación T1 y T2 .....	160
Tabla 4.9 - Evaluación T3 y T4 .....	160
Tabla 4.10 - Tiempo posiblemente ahorrado 2018 .....	161
Tabla 4.11 - Evaluación T1 y T2 .....	165
Tabla 4.12 - Evaluación T1 y T2 .....	166
Tabla 4.13 - Tiempo posiblemente ahorrado 2018 .....	166
Tabla 5.1 – Costos de la nueva herramienta hidráulica .....	169
Tabla 5.2 – Beneficio económico por horas ahorradas.....	170
Tabla 5.3 – Flujo de costos por adquisición de nueva herramienta hidráulica .....	170
Tabla 5.4 - Flujo de costos por adquisición de bomba eléctrica de succión.....	171
Tabla 5.5 – Relación beneficio costos de la nueva adquisición.....	171

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 - Representación de un proceso.....	20
Figura 2.2 – Productividad en un puesto de trabajo .....	22
Figura 2.3 - Composición del tiempo estándar .....	38
Figura 0.1 - Diagrama de interrelación de las instalaciones del taller .....	42
Figura 0.2 – Instalaciones del taller .....	44
Figura 0.3 – Camión de acarreo 793 CAT.....	45
Figura 0.4 – Esquema de partes del camión 793 CAT, Fuente: Meeting Guide Caterpillar. .....	45
Figura 0.5– Componentes mayores, camión 793 CAT, Fuente: reader008.staticcloud.net ..	46
Figura 0.6 –Motor 793 CAT .....	46
Figura 0.7 - Convertidor de par 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar .....	47
Figura 0.8 - –Transmisión 793 CAT.....	47
Figura 0.9 – Diferencial 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar.....	47
Figura 0.10 – Mando final 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar. ....	48
Figura 0.11 – Rueda delantera, Fuente: Meeting guide CAT. ....	48
Figura 0.12 – Radiador 793 CAT, Fuente: motormission.com .....	48
Figura 0.13 – Bastidor aframe 793 CAT, Fuente: s7d2.scene7.com .....	49
Figura 0.14 - Camión con tolva izada.....	49
Figura 0.15 – suspensión delantera y posterior 793 CAT. Fuente: www.minespecparts.com. .....	49
Figura 0.16 - Tolva 793 CAT, Fuente: www.finning.com .....	50
Figura 0.17 – Tren de dirección 793 CAT, Fuente: tucaterpillar.blogspot.com.....	50
Figura 0.18 – Enfriadores de camión, Fuente: finning.com .....	50
Figura 0.19 – Cambio de Motor.....	53
Figura 0.20 – Cambio de Convertidor .....	53

Figura 0.21 – Cambio de Transmisión.....	54
Figura 0.22 – Cambio de Diferencial.....	54
Figura 0.23 – Cambio de mandos finales .....	54
Figura 0.24 – Cambio de Ruedas.....	54
Figura 0.25 – Cambio de Radiador .....	55
Figura 0.26 – Reparación de Aframe.....	55
Figura 0.27 – Cambio de suspensiones.....	55
Figura 0.28 – Cambio de Tolva .....	55
Figura 0.29 – Diagrama de flujo del proceso de atención en talleres .....	57
Figura 4.1 – Servicios de 250 Horas anual	Figura 4.2 – Servicios de 500 Horas
.....	.....
Figura 4.3 – Servicios de 1000 Horas anual	Figura 4.4 – Servicios de 2000 Horas
.....	.....
Figura 4.5 – Cumplimiento anual de cambio de componentes.....	68
Figura 4.6 - Cambio de componentes periodo 2018.....	70
Figura 4.7 – Horas excedidas por cambio e componentes.....	71
Figura 4.8 – Árbol de problemas por servicio de cambio de componentes.....	73
Figura 4.9 - Cambio de componentes programados anual.....	76
Figura 4.10 - Cambio de componentes no programados anual.....	76
Figura 4.11 - Cambio de componentes programados y no programados .....	77
Figura 4.12 - Horas de parada anual 2018 por componente .....	79
Figura 4.13 – Factores en la elección del componente a estudiar.....	81
Figura 4.14 – Ubicación de diferencial y transmisión .....	83
Figura 4.15 –Diagrama de flujo para cambio de transmisión, Fuente: Elaboración propia.	84
Figura 4.16 – Diagrama de flujo para cambio de diferencial, Fuente: Elaboración propia.	86
Figura 4.17 - DAP de Técnico 1, Cambio de Transmisión, Fuente: Elaboración propia ...	102
Figura 4.18 – Cambio de Transmisión con camión grúa.....	103
Figura 4.19 - DAP de Técnico 1, Cambio de Diferencial, Elaboración propia .....	106
Figura 4.20 – Lluvia de ideas.....	108
Figura 4.21 – Diagrama causa efecto.....	109
Figura 4.22 – Almacén Herramientas, Fuente propia.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.23 – Herramientas básicas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

Figura 4.24 – Bandejas colectoras de aceite .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 4.25 – Disponibilidad de bahías por mes .....	112
Figura 5.1 - Carrito de extensiones de líneas aceite para llenado.....	119
Figura 5.2 - Taller de mantenimiento .....	120
Figura 5.3 - Bomba de succión de aceite usado.....	150
Figura 5.4 - Rampas para mangueras.....	152
Figura 5.5 – Ocupación de brazo grúa estacionario.....	154
Figura 5.6 - DAP de Técnico 1, Cambio de Transmisión, Fuente: Elaboración propia .....	162
Figura 5.7 - DAP de Técnico 1, Cambio de Diferencial, Fuente: Elaboración propia .....	164
Figura 5.8 – Formato de gestión de cambio de componente .....	168



## **INTRODUCCIÓN:**

La empresa minera en estudio es una organización de producción de cobre; para la obtención de este producto la empresa desarrolla grandes procesos, los cuales poseen a su vez distintas operaciones que permiten la transformación del material removido. Uno de estos procesos es el relacionado con las operaciones de minado, donde el objetivo principal es transportar el material minado. Esta sección de trabajo está conformada por diferentes equipos, entre ellos los camiones mineros sobre los cuales se enfocará este trabajo. Dicha maquinaria es la encargada del transporte del material. El trabajo se centrará en los procesos de mantenimiento que se llevan a cabo en esta flota, identificando las deficiencias de los procesos respectivos. Para ello se justifica el uso de herramientas industriales como el estudio de trabajo, el cual analizara y desarrollara un nuevo método de trabajo en los servicios de mantenimiento para su posterior mejora y obtención de beneficios operacionales.

En la primera sección se abordará toda la información relevante relacionada con la investigación: los conceptos propios del estudio de métodos así como las herramientas que se usarán dentro del presente trabajo.

En el segundo capítulo se procede a mostrar información sobre la empresa donde se desarrolla la investigación, la flota de camiones de acarreo 793 y los servicios de mantenimiento que se brindan en el taller.

Posteriormente el análisis y diagnóstico de la empresa involucra el estudio principal entre los dos servicios de mantenimiento principales del taller de camiones, la identificación del problema, las causas y consecuencias del mismo.

El quinto capítulo propone el nuevo método a desarrollar a través de la identificación de los problemas a corregir. Así como la propuesta de otras mejoras relevantes a considerar. Posteriormente se relacionará los costos de parada de los equipos con los costos incurridos en las propuestas. Finalmente las conclusiones y recomendaciones del estudio.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Problemática actual**

La problemática actual dentro de los talleres de camiones 793 radica en la alta congestión que se vive día a día. Ello podría estar originándose por diferentes causas ya sean estos retrasos, interrupciones, viajes adicionales en las bahías de trabajo, la falta de control de materiales, el aseguramiento en la culminación de las tareas, el mejor método utilizado o el establecimiento de metas de rendimiento. Es por ello que este trabajo pretende mostrar la investigación efectuada por los autores en base a data real de los mantenimientos en el periodo 2018, a través de la cual justificaremos las causas reales de esta problemática y así desarrollar una propuesta de mejora factible a través de la metodología planteada.

### **1.2. Justificación de la investigación**

La justificación de la presente tesis está vinculada directamente con los objetivos de la unidad minera, la cual busca maximizar su productividad, reducir su tiempo de producción centrándonos en los talleres de mantenimiento, reducir los tiempos para entregar mayor disponibilidad de los equipos; lo que se relacionará en consecuencia con la entrega de reparaciones de calidad que no fallen hasta un próximo trabajo programado, por otro lado los objetivos de la operación continúan con la reducción de incidentes de trabajo, la optimización de los costos y la adecuada utilización de los recursos. Con dichos objetivos a cumplir esta tesis se enfoca en una problemática dentro de una de las etapas del proceso productivo de una empresa minera de extracción de cobre, específicamente el área de mantenimiento de camiones de acarreo, donde se ha evidenciado altos niveles de reprogramación en los servicios por cambio de componentes, lo que se interpreta en demoras de trabajos de mantenimiento, una menor disponibilidad y finalmente un mayor costo.

El estudio de métodos y tiempos de trabajo es una herramienta que usaremos para el desarrollo de actividades con la finalidad de optimizar la utilización adecuada de los

recursos, que en nuestra estudio vendrían a ser todas las herramientas, maquinarias, personal y procedimientos para el desarrollo de las tareas de mantenimiento con miras al establecimiento de normas de rendimiento respecto a los que ya se tienen.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

a. Desarrollar una propuesta de mejora para los procesos de mantenimiento del taller de camiones 793 mediante el estudio de métodos y medición de trabajo.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

a. Identificar la estructura y proceso actual de los sistemas de mantenimiento en el taller de camiones 793.

b. Analizar el proceso actual de los servicios de mantenimiento seleccionados a través del estudio de métodos y medición del trabajo.

c. Identificar y evidenciar los problemas asociados a la investigación de la estructura y proceso actual de los servicios de mantenimiento seleccionados dentro del taller.

d. Proponer un cambio en el método de trabajo que simplifique los tiempos de mantenibilidad de la flota de camiones 793.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. El estudio del trabajo**

El estudio de métodos y tiempos de trabajo es una herramienta sistemática de los métodos utilizados para el desarrollo de actividades con la finalidad de optimizar la utilización adecuada de los recursos ,que en nuestra estudio vendrían a ser todas las herramientas, maquinarias, personal y procedimientos para el desarrollo de las tareas de mantenimiento con miras al establecimiento de estándares de rendimiento respecto a los que ya se tienen (Estudio del Trabajo, 2018).

Por otro lado según Kanawaty el estudio del trabajo es el examen sistemático de los métodos para realizar actividades con el fin de mejorar la utilización eficaz de los recursos y de establecer normas de rendimiento con respecto a las actividades que se están realizando. (Kanawaty, pág. 9).

#### **2.1.1. Objetivo del estudio del trabajo**

El objetivo del estudio del trabajo es la examinación del modo en que se está realizando una actividad, y a su vez simplificarla o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo. Así también buscar un impacto en los recursos económicos y la fijación de tiempos normales para la realización de dichas actividades. (Kanawaty, pág. 9).

Hablar de estudio de trabajo también relaciona el término productividad; ya que si se reduce el tiempo de cierta actividad en 20%, ya sea con una nueva ordenación o simplificación del método actual, teniendo en cuenta que no se correrán con gastos adicionales, la productividad aumentaría en un valor correspondiente, es decir un 20%. (Kanawaty, pág. 9).

El estudio del trabajo de esta manera es una herramienta fundamental para el cumplimiento de los estándares de una organización, es por ello que utilizaremos esta metodología para el análisis de determinados trabajos dentro de los servicios de

mantenimiento, y así proveernos de una data que nos permita cooperar directamente con la planificación, para así reconocer nuestra capacidad máxima de atención a los equipos, específicamente en los tiempos de reparación lo cual se manifestaría en el control de nuestra operaciones para saber que se puede realizar y que no en una perspectiva mayor. (INENFIVE, 2017).

### 2.1.2. Los procesos

Los procesos son el conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforman elementos de entrada en elementos de salida a través de una secuencia de pasos organizados con algún tipo de lógica. (Cerrón, 2006)

De acuerdo a la NTP ISO 9000:2001 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y Vocabulario, se puede definir a un proceso como "conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados". (García, 2014).

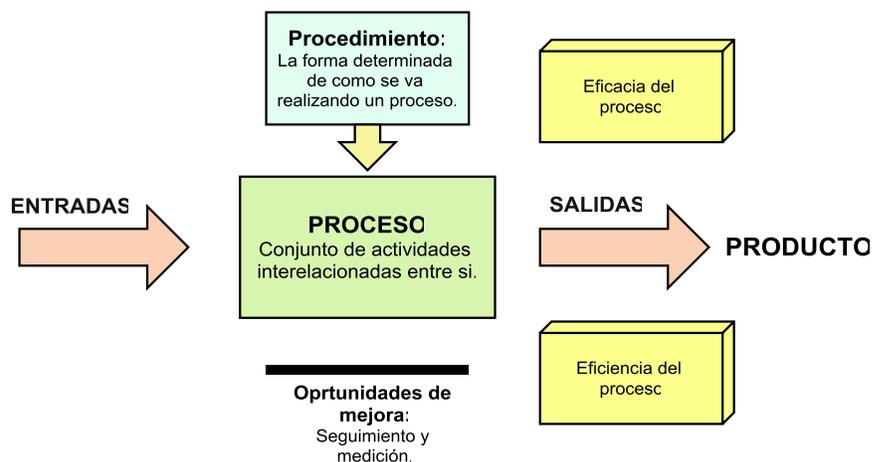


Figura 2.1 - Representación de un proceso

Fuente: Elaboración propia

A través del estudio del trabajo lo que se busca es investigar y perfeccionar los proceso dentro de un lugar de operaciones, con la base de que el estudio del trabajo provoca resultados por sus características sistemáticas, tanto como para investigar los problemas, como para darles solución.

### 2.1.3. Conceptos generales de productividad.

La productividad es el grado de rendimiento con el que se emplean los recursos disponibles en la empresa para alcanzar objetivos previamente determinados. En el caso de

estudio presentado en este trabajo, el objetivo es proveer de servicios de mantenimiento a la flota de camiones de una empresa minera, en un tiempo de mantenimiento estandarizado, lo que incurre en menores costos finalmente; todo ello a través del empleo eficiente de los recursos primarios de la producción: materiales, hombres máquinas. Los cuales son elementos sobre los cuales la acción del ingeniero industrial debe enfocar sus esfuerzos para aumentar los índices de productividad actual, y en esta forma reducir los costos de producción. (Criollo García, 2000, pág. 10)

La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha fabricado, sino de la eficiencia con la que se ha combinado y utilizado los recursos para lograr los resultados específicos deseables.

Medición de la productividad.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Insumos}}$$
$$\text{Productividad} = \frac{\text{Resultados logrados}}{\text{Recursos empleados}}$$

#### **a. Factores que restringen la productividad.**

- Incapacidad de los dirigentes para fijar el ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad.
  - Problemas con la reglamentación del estado
  - El tamaño y la obsolescencia de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la productividad.
  - Incapacidad para medir y medir la productividad de la fuerza de trabajo.
- Los recursos físicos, los métodos de trabajo y los factores tecnológicos que actúan tanto en forma individual y combinada para restringir la productividad. (Criollo García, 2000, pág. 11)

El tiempo que incurre una persona en una máquina para desarrollar una operación o producir un producto o servicio en un determinado lapso de tiempo está conformado por los elementos de la siguiente gráfica. (Criollo García, 2000, pág. 15).

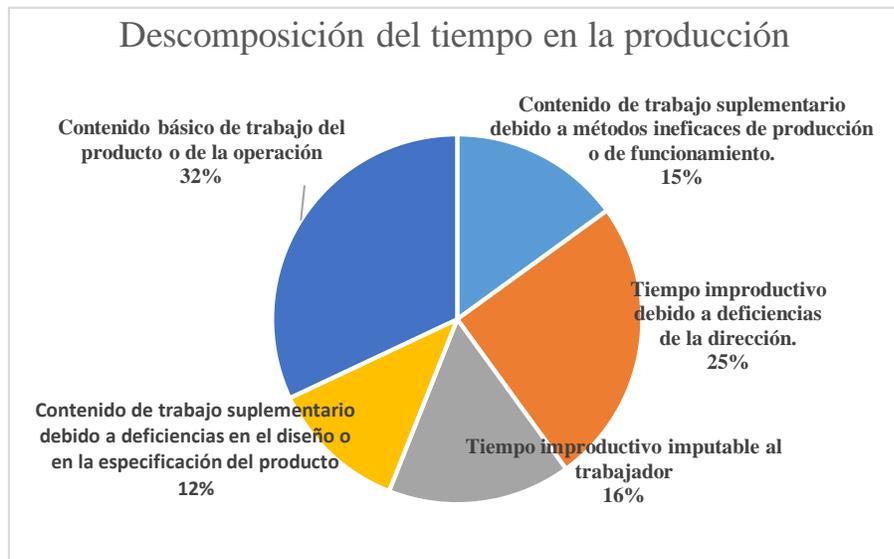


Figura 2.2 – Productividad en un puesto de trabajo

#### 2.1.4. La productividad en el mantenimiento

Según Jhon Moubray el área de mantenimiento no solo es fundamental en organizaciones industriales, sino que juega un papel importante debido a los costos relevantes que se generan, es por ello que dicho sector históricamente ha venido desarrollando metodologías que reduzcan el tiempo de paradas de un equipo para una mejor utilización de los recursos. (Moubray, 1992)

##### a. Mantenimiento

Se entiende por mantenimiento a todas las acciones cuyo fin es la preservación de un determinado objeto a el cual se lleva a cabo alguna función requerida. Estas acciones incluyen la combinación de las acciones técnicas y administrativas correspondientes. (wikipedia, 2019)

##### b. Tipos de Mantenimiento:

- **Mantenimiento de conservación:** Está destinado a compensar el deterioro de equipos sufrido por el uso, de acuerdo a las condiciones físicas y químicas a las que fue sometido. En el mantenimiento de conservación pueden diferenciarse:

**Mantenimiento correctivo:** No se realiza ningún tipo de planificación ni programación previa al desarrollo de la tarea. Se realiza la reparación imprevista de fallas cuando estas acaban de suceder. Suele ser adecuado para equipos auxiliares de bajo costo en la línea de producción.

- **Mantenimiento correctivo inmediato:** Es el que se realiza inmediatamente de aparecer un problema, con los medios disponibles, destinados a ese fin.

- **Mantenimiento preventivo:** Dicho mantenimiento está destinado a garantizar la fiabilidad de equipos en funcionamiento antes de que pueda producirse un accidente o avería por algún deterioro.

- **Mantenimiento programado:** Realizado por programa de revisiones, por tiempo de funcionamiento, kilometraje, etc.

- **Mantenimiento predictivo:** Es aquel que realiza las intervenciones prediciendo el momento que el equipo quedara fuera de servicio mediante un seguimiento de su funcionamiento determinando su evolución, y por tanto el momento en el que las reparaciones deben efectuarse.

- **Mantenimiento de oportunidad:** Es el que aprovecha las paradas o periodos de no uso de los equipos para realizar las operaciones de mantenimiento, realizando las revisiones o reparaciones necesarias para garantizar el buen funcionamiento de los equipos en el nuevo periodo de utilización. (wikipedia, 2019).

El mantenimiento finalmente guarda gran importancia con los procesos de diferentes empresas industriales como la minera, debido a su importancia con la producción y la productividad que se buscan alcanzar. Es por ello que el análisis y búsqueda constante en cuanto a eficiencia, mejora de calidad y reducción de gastos, es un factor clave en la competitividad de toda empresa o etapas de la misma.

## **2.2. Diseño del trabajo o métodos:**

El diseño del trabajo o métodos básicamente es una metodología que tiene por objetivo el aumento de la productividad mediante la eliminación de los diferentes tipos de desperdicios en referencia a los materiales, tiempos y esfuerzos. Desde otro punto de vista, esta metodología busca hacer más fácil el desarrollo de una tarea, o en el caso que estamos analizando de proceso de trabajo y de esta manera volverla más lucrativa para el proceso del cual se beneficia la empresa. (García Criollo, 2000, pág. 6).

### **2.2.1. Áreas de actividades de la ingeniería de métodos.**

La ingeniería de métodos trabaja sobre dos áreas básicas de desarrollo:

#### **a. La simplificación del trabajo.**

Esta área tiene por objetivo aplicar un procedimiento sistemático de control de todas las operaciones (directas e indirectas) de un trabajo dado a un análisis meticuloso, con el

objetivo de introducir mejoras que permitan que el trabajo se desarrolle más fácilmente, con menor uso de tiempo, material o inversión de dinero. (García Criollo, 2000, pág. 8)

Esta fase incluye la adecuada selección de los mejores:

- Métodos
- Procesos
- Herramientas
- Equipos
- Habilidades

#### **b. Medida de trabajo.**

Aquí comprende el levantamiento del trabajo, es decir, aquí se realiza la investigación de las condiciones, métodos y en qué tiempo se ejecuta un trabajo determinado, con el objeto de: (García Criollo, 2000, pág. 8)

- Balancear cargas de trabajo
- Establecer costos estándares
- Implantar sistemas de incentivos
- Programar la producción

#### **2.2.2. Estudio de los métodos de trabajo.**

##### **a. Finalidad del estudio del trabajo.**

Actualmente para incrementar la productividad es necesario la combinación adecuada de los recursos de la organización, siendo estos los económicos, materiales y la parte humana. Se sabe además por consideraciones previas que todo proceso siempre puede encontrar mejores alternativas de solución, pero para ello se debe efectuar un análisis con la finalidad de determinar en qué grado puede ser alcanzado. Este análisis se logra a través de los lineamientos del estudio del trabajo. (García Criollo, 2000, pág. 33)

##### **b. La simplificación del trabajo.**

La simplificación del trabajo tiene como finalidad el incremento de la productividad de un centro de trabajo, al mismo tiempo que se producen más productos, se reduce la complejidad de las operaciones involucradas y la carga laboral de los empleados. Para ello se deben seguir unas consideraciones mencionadas en el libro Estudio del trabajo. (García Criollo, 2000)

- Mantener una mente abierta a los cambios.

- Debe imperar una actitud interrogante frente a los procedimientos actuales de la empresa.
- Es importante trabajar sobre las causas y no sobre los efectos. Es importante la forma actual de trabajo, analizarlo y simplificarlo.
- El análisis se debe hacer sobre hechos y no sobre opiniones. No porque un trabajo se ha hecho siempre de un modo, tiene que continuar siendo así.
- La directiva debe aceptar las razones y no las excusa.
- La organización debe vencer el miedo al cambio, debido a que este es requisito fundamental para el progreso.

“Se entiende como simplificación del trabajo un método sistemático para la aplicación organizada del sentido común con el objetivo de identificar y analizar los problemas del trabajo, desarrollar métodos más fáciles y mejores para hacer las cosas e instituir las modificaciones resultantes”. (García Criollo, 2000, pág. 35)

A continuación sus características:

- Hacer uso de metodologías para el desarrollo de innovaciones.
- El uso de la actitud analítica en forma sistemática.
- La estimulación del sentido común y la creatividad y el control de las ideas.

La simplificación del trabajo surge como resultado de un análisis completo, concienzudo, organizado, sistematizado, y metódico. Este enfoque se avala de un método analítico como ya se ha mencionado, que se ayuda de una serie de preguntas, de formas y diagramas diseñados, para facilitar la presentación y el análisis cuidadoso de los hechos que permiten recoger gráficamente los aspectos del problema. (García Criollo, 2000, pág. 35)

### **c. Objetivos del estudio de métodos.**

- Mejorar los procesos y procedimientos dentro de la empresa
- Mejorar la disposición y el diseño actual de la fábrica, el taller, los equipo y lugar de trabajo.
- Reducir la fatiga innecesaria a través de la reducción del esfuerzo humano.
- Hacer un adecuado uso de los materiales, máquinas y mano de obra.
- Incrementar el factor seguridad dentro de las operaciones de la empresa.
- Mejorar las condiciones de trabajo. (García Criollo, 2000, pág. 35)

### **2.2.3. Pasos del enfoque en el estudio de métodos.**

- a. Seleccionar:** Debemos seleccionar el trabajo que se ha de estudiar, así como definir sus límites.
- b. Registrar:** Deben registrarse todos los hechos relevantes relacionados con el trabajo seleccionado así como recolectar datos necesarios de fuentes apropiadas.
- c. Examinar:** Ello con relación a como se está realizando el trabajo, para ello se debe considerar el propósito, el lugar donde se realiza, la secuencia de los trabajos y los métodos utilizados.
- d. Establecer:** Establecer un método que supere en practicidad, economía y eficacia al método actual.
- e. Evaluar:** Entre las diferentes opciones establecer el mejor método que se adecue comparando la relación costo-eficacia.
- f. Definir:** Se debe definir el nuevo método en forma clara presentarlo a los niveles que concierna en la organización.
- g. Implantar:** En referencia al nuevo método, así como la capacitación al personal involucrado.
- h. Controlar:** Para evitar volver al uso del procedimiento anterior. (Kanawaty, pág. 77)

### **2.3. Herramientas del estudio de métodos.**

#### **2.3.1. Procedimientos gráficos Diagramas de flujo.**

Los diagramas de procesos proporcionan una descripción sistemática del ciclo de un trabajo o proceso, con suficientes detalles de análisis, para planear la mejora de métodos. Cada miembro de la familia de diagramas de proceso está diseñado para ayudar al analista a formarse una idea clara del proceso existente. La mayoría de los diagramas combinan la visualización escrita, gráfica e ilustrada que promueve la total participación de todos los interesados. Los diagramas son excelentes herramientas para la presentación de propuestas que mejoren los métodos en todos los niveles de la administración. (Hodson, 1998)

El diagrama de flujo o flujograma o diagrama de actividades es la representación gráfica de un proceso. Este tipo de herramienta gráfica utiliza en diferentes sectores de trabajo, ya sea este en programación, economía y procesos industriales. (wikipedia, 2019)

Tiene la característica de indicar la secuencia de un determinado proceso, engloba las unidades involucradas y los responsables de su ejecución.

Estos diagramas utilizan símbolos con significados definidos que representan los pasos del proceso y representan el flujo de ejecución mediante flechas que conectan los puntos de inicio y de fin del proceso. (wikipedia, 2019)

Su importancia radica en que ayudan a describir cualquier proceso o parte de este a través de una representación gráfica. Son considerados por estas razones como uno de los principales instrumentos en la realización de cualquier método o sistema. (Manene, 2011)

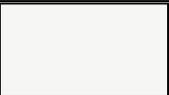
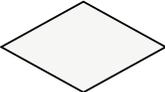
**a. Ventajas del trabajo con diagramas de flujo:**

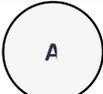
- Al desarrollar diagramas de flujo se consigue comprender el proceso que se está desarrollando, y así también involucrar en dicho entendimiento al personal relacionado.
- Un diagrama de flujo es presentado objetivamente, porque es más fácil identificar las etapas que se buscan mejorar.
- Nos ayuda a identificar las etapas predecesoras y posteriores, por lo que el personal comprenderá su relación con el resto del proceso.
- Sirven de herramientas valiosas para la formación y entrenamiento del personal que se reintegre o se añada al proceso. (Manene, 2011)

**b. Símbolos de diagramas de flujo**

A continuación, se muestra los símbolos de diagramas de flujo más comunes:

Tabla 2.1 - Simbología de un diagrama de flujo

Símbolo	Imagen	Descripción
Terminal		Representa el inicio o el final de un proceso.
Proceso		Representa cualquier tipo de operación.
Documento		Representa cualquier tipo de documento que ingresa, se utilice o salga del procedimiento.
Decisión		Nos permite analizar una situación, pudiendo ser esta afirmativa o negativa.
Datos o entrada/salida		Representa la lectura de datos en la entrada y en la impresión de datos en la salida.
Datos almacenados		Empleado para representar la grabación de datos.

Flecha de flujo		Indica orden de ejecución de las operaciones.
Referencia		Representa un enlace a una determinada parte del diagrama.

Fuente: LucidChart.com (Lucidchart, 2018)

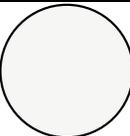
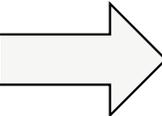
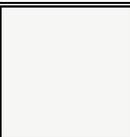
### 2.3.2. Procedimientos gráficos Diagramas de proceso.

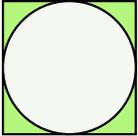
Estos diagramas son una representación gráfica de los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que constituyen un proceso o un procedimiento. Donde la naturaleza de cada paso será representado por una simbología diferente. Incluyendo además información que se considera necesaria para el análisis, tal como distancias recorridas, cantidad considerada y tiempo recorrido.

En la búsqueda de eliminación de ineficiencias en las distintas operaciones, resulta conveniente clasificar las acciones dentro de un proceso en cinco categorías: operaciones, transportes, inspecciones, retrasos o demoras y almacenajes. (García Criollo, 2000, pág. 43)

#### a. Acciones que tienen lugar durante un proceso dado

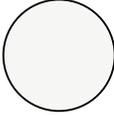
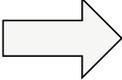
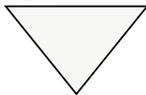
Tabla 2.2 – Acciones durante un proceso

ACTIVIDAD	DEFINICIÓN	EJEMPLO	SÍMBOLO
Operación	Cuando se modifican las características de un objeto, se le agrega algo o se le prepara para otra operación, transporte, inspección o almacenaje. Una operación también se da cuando se da o recibe información o se planea algo.	Tornear una pieza, tiempo de secado, cambio en un proceso, apretar una tuerca, barrenar una placa, dibujar un plano, etc.	
Transporte	Cuando un objeto o grupo de ellos son movidos de un lugar a otro, excepto cuando este movimiento forma parte de la operación o inspección.	Mover material a mano en una plataforma de una banda transportadora,	
Inspección	Cuando un objeto o grupo de ellos son examinados, para su identificación o para comprobar y verificar la calidad de sus características.	Revisar las botellas que salen de un horno, pesar un rollo de papel, contar cierto número de piezas, leer instrumentos medidores de presión, temperatura, etc.	
Demora	Cuando se interfiere el flujo de un objeto, o grupo de ellos, por lo que se retarda el siguiente paso en la planificación.	Esperar un elevador, o cuando una serie de piezas hace cola para ser pesadas.	
Almacenaje	Cuando se interfiere el flujo de un objeto, o grupo de ellos son retenidos y protegidos contra movimientos o usos no autorizados.	Cuarto de herramientas, banco de almacenaje entre las máquinas.	

Actividad combinada	Se presenta cuando se desea indicar actividades conjuntas por el mismo operador en el mismo punto de trabajo.		
---------------------	---	--	---

Fuente: (García Criollo, 2000, pág. 44)

Tabla 2.3 - Ejemplificación de la simbología de diagramas de flujo

<b>Operación</b> 	<b>Envoltura de la pieza</b>	<b>Taladrar agujero</b>	<b>Mecanografiar cartas</b>
	Etapas principales del proceso. Se crea, se cambia o se añade algo. Los elementos auxiliares en la mayoría de las veces vendrían a ser los trasportes, almacenajes y demoras. Las operaciones implican actividades tales como conformación, embutido, montaje y desmontaje.		
<b>Transporte</b> 	<b>Mover material en camión</b>	<b>Personas que se mueven en un camión</b>	<b>Mover el material llevándolo en la mano</b>
	Es el movimiento del material, persona u objeto de estudio desde una posición a otra. Ciertos movimientos no son considerados trasportes sino solo partes de una operación.		
<b>Inspección</b> 	<b>Examen de calidad y cantidad</b>	<b>Revisión de la precisión</b>	<b>Comprobación para obtener datos</b>
	Se produce cuando la cantidad y calidad de los artículos son comprobadas, verificadas, revisadas o examinadas, sin que sufran ningún cambio.		
<b>Demoras</b> 	<b>Material de "entrada"</b>	<b>Persona que espera turno</b>	<b>En espera de firma</b>
	Se produce cuando las condiciones no permiten o no requieren una ejecución inmediata de la próxima acción planificada. Puede ser evitable o inevitable.		
<b>Almacenamiento</b> 	<b>Retención de una orden en el archivo</b>	<b>Material en el almacén</b>	<b>Archivado para referencia permanente</b>
	Se produce cuando algo permanece en un sitio sin ser trabajado o en un proceso de elaboración, en espera de una acción en fecha posterior. Puede ser temporal o permanente.		

Fuente: (García Criollo, 2000, pág. 46)

#### b. Tabla o Cuadro Resumen de un diagrama de procesos.

Es una tabla donde se muestra de forma resumida todas actividades del proceso, mostrando la cantidad total de las operaciones, actividades y su respectivo tiempo.

#### 2.3.3. Diagrama Causa Efecto

El diagrama de Causa Efecto es una herramienta la cual busca encontrar la relación que existe entre determinados factores que influyen en el resultado de un proceso. (Kume, pág. 28). Este diagrama es popularmente conocido como el diagrama de Ishikawa en referencia a su creador (Wikipedia).

El diagrama de causa efecto consiste básicamente en una representación gráfica, la cual posee forma de pescado, donde la columna principal de esta representa el problema a tratar, y las vértebras representarían las causas de dicho problema.

### **a. Las causas**

Las causas dentro del diagrama de Ishikawa responden a diversos ámbitos del problema en cuestión, ya sea este por factores humanos, de máquina, de ambiente, entre otros. De estas se desprenden las causas secundarias. El diagrama de causa efecto es el resultado del trabajo entre grupos de mejora que analizan mediante otras técnicas como la lluvia de ideas la determinación de posibles causas. (Kume, pág. 29).

Los pasos según Kume para el desarrollo de un diagrama de causa efecto son los siguientes:

- **Paso 1:** Describir el efecto.
- **Paso 2:** Escoger una característica de calidad y escribirla en el lado derecho. Proseguir con el delineado de la espina dorsal y encerrar la característica elegida en un recuadro. A continuación escribir las causas primarias que afectan a la característica de calidad.
- **Paso 3:** Escribir las causas secundarias que afectan las causas principales. También consideran las causas terciarias si fueran relevantes.
- **Paso 4:** Asignar la importancia de cada factor, y determinar la importancia que tenga una determinada causa así como el efecto significativo sobre la característica de calidad.
- **Paso 5:** Registro de información adicional.

### **2.3.4. Histogramas.**

Los histogramas tienen relación directa con los conceptos de población y muestra, debido a que si se busca tener un control de un determinado proceso. Inicialmente se deben reunir datos para descubrir hechos, es por ello que la recolección de datos en sí no tiene un objetivo en sí, más que descubrir información tras estos.

Se debe tomar como referencia el caso de las inspecciones por muestreo, donde se toma una muestra de un lote para realizar un proceso de medición, para después decidir si se debe aceptar o no el lote en estudio. Entiéndase que el objetivo en sí del muestreo no es la determinación de las características de la muestra, sino averiguar el estado actual de los procesos. La muestra que se escojan dentro de una investigación debe procurar proporcionar información adecuada sobre la población en cuestión.

Los histogramas por sus características, vienen a ser una representación gráfica cuya composición son barras, las cuales son una representación de un tipo de frecuencia según los elementos analizados. Lo que se consigue con los histogramas es tener una visión general de la población en investigación. Ello nos permite identificar preferencias y/o tendencias por parte de una población. Ello se traduciría en la evidencia de comportamientos, los grados de homogeneidad. (Hitoshi, 2002)

## **2.4. Medición del trabajo.**

Según la oficina internacional del trabajo, la medición del trabajo (MT) se refiere a la aplicación de técnicas cuantitativas para determinar el tiempo que tarda un trabajador “calificado” en efectuar sus actividades comparándolas contra estándares preestablecidos.

Las normas de tiempo formadas no solo se rige en controlar o supervisar a los empleados, sino que también permite a la empresa determinar la producción, creación de presupuestos, fijar políticas de salarios e incentivos y auxiliar a comparar métodos de trabajo propuestos seleccionando así, el más conveniente para la compañía. (Baca Urbina, pág. 186).

### **2.4.1. Objetivos de la medición del trabajo.**

Un estudio de MT tiene dos objetivos principales: (Baca Urbina, pág. 186).

- a. Detectar, reducir y/o eliminar el tiempo improductivo, entendiéndose como aquel que no añade valor a los productos o servicios. Es tiempo ocioso y de inactividad que a veces los empleados malgastan consciente e inconscientemente.
- b. Crear normas o estándares de tiempo considerando las debidas tolerancias y retrasos inevitables, a fin de que funcionen como referencia del tiempo de ejecución de una tarea y a través de éstos se detecte cuando un empleado toma más tiempo del que debiera para desarrollar sus funciones.

### **2.4.2. Aplicación de la medición del trabajo.**

#### **a. Medición del trabajo.**

Parte cuantitativa del estudio del trabajo, que nos muestra el esfuerzo de un operario en función a un tiempo para finalizar una tarea específica. La medición del trabajo por tanto busca determinar el tiempo estandar, osea saber cuanto trabajo humano es necesario para producir un determinado artículo.

### **b. Tiempo estandar.**

Es el patrón que mide el tiempo requerido para finalizar con una unidad de trabajo, mediante el uso de métodos y equipos estándares.

### **c. Aplicación del tiempo estandar.**

Se aplica para determinar el salario devengable por la realización de una tarea específica. Como apoyo en la planificación de la producción. Para facilitar el proceso de supervisión a través del uso de patrones estudiados con lo cual se podrá medir eficiencia. Como herramienta para establecer estándares de producción precisos y justos. Como ayuda en el establecimiento de cargas de trabajo. Como ayuda en el entrenamiento de nuevos trabajadores.

### **d. Procedimiento básico para la medición del trabajo**

- **Seleccionar:** Selección del trabajo que va ser objeto de estudio
- **Registrar:** Todos los datos relativos a las circunstancias en que se realiza el trabajo, a los métodos y a los elementos de actividad que suponen.
- **Examinar:** Los datos registrados y el detalle de los elementos con sentido crítico para verificar si se utilizan los métodos y movimientos más eficaces y separar los elementos improductivos o extraños de los productivos.
- **Medir:** la cantidad de trabajo de cada elemento, expresándola en tiempo, mediante la técnica más apropiada de medición del trabajo
- **Compilar:** el tiempo tipo de la operación previendo, en caso de estudio de tiempos con cronometro, suplementos para breves descansos, necesidades personales.
- **Definir:** con precisión la serie de actividades y el método de operación a los que corresponde el tiempo computado y notificar que ese será el tiempo tipo para las actividades y métodos especificados.

El procedimiento básico se sigue en su totalidad cuando se desee fijar el tiempo tipo. Si la medición del trabajo se utiliza para conocer los tiempos improductivos antes o en el estudio de métodos o para comparar la eficacia de varios métodos, probablemente sea necesario las cuatro etapas. (Kanawaty, pág. 255).

### **e. Técnicas utilizadas para la medición del trabajo**

Las principales técnicas utilizadas para la medición del trabajo son:

- Por estimación de datos históricos.

- Estudio de tiempos con cronometro.
- Método de las observaciones instantáneas (muestreo de trabajo).
- Datos estándar y fórmulas de tiempo.

Cualquier técnica que apliquemos proporcionara el tiempo tipo o estándar del trabajo medido. (García Criollo, pág. 184).

#### **2.4.3. Estudio de tiempos con cronómetro**

El estudio de tiempos con cronometro es una técnica que permite determinar con mayor exactitud posible, con un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para realizar una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento.

El estudio de tiempos con cronometro se realiza cuando. (Estudio del trabajo, pág. 185).

- Se va a realizar una nueva operación, actividad o tarea.
- Se presenta quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que se utiliza en alguna operación.
- Surgen demoras por operaciones lentas, causando retraso en las demás operaciones
- Se pretende fijar los tiempos estándar para un sistema de incentivos
- Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna maquina o grupo de máquinas.

El registro del tiempo se realiza observando directamente y usando un instrumento de medición del tiempo, que por lo general es un cronometro, aunque también se podría utilizar videos y el cronógrafo, también se requiere de formularios de tiempo y un tablero, para evaluar el desempeño y comparar esto con normas establecidas, los pasos para el estudio de tiempos con cronómetros son parecidos a los pasos de la medición del trabajo. (Baca Urbina, pág. 187)

##### **a. Seleccionar el trabajo**

Es necesario determinar qué operación vamos a medir. Su tiempo, en primer orden, depende del objetivo general que perseguimos con el estudio de medición. Podemos utilizarlos siguientes criterios para hacer la elección: (García Criollo, pág. 186)

- El orden de las operaciones en el proceso.
- La posibilidad de ahorro que se espera en la operación.
- Según necesidades específicas.

##### **b. Seleccionar un operario calificado**

El objeto de un estudio de tiempos debe ser el trabajador promedio, es decir, un operador que realice su trabajo consistentemente y a un ritmo normal. Se desea elegir a los empleados que tienen las aptitudes físicas necesarias, inteligencia, capacitación, destreza y conocimientos suficientes para efectuar las operaciones asignadas según las normas de seguridad y calidad definidas por el ingeniero industrial. (Baca Urbina, 2014, pág. 187).

### **c. Análisis del trabajo**

Después de las dos elecciones previas, se debe describir detalladamente el método a estudiar, incluyendo el área de trabajo, los materiales, insumos y las herramientas y/o equipo utilizado. El objetivo principal de este paso no es criticar el método, sino conocer a profundidad las actividades que componen una tarea. (Baca Urbina, pág. 187).

### **d. Dividir el trabajo en elementos**

Para facilitar la medición, se divide el proceso en grupos de movimientos conocidos como elementos. Una vez analizado se puede dividir el trabajo en elementos para realizar las mediciones de una manera más sencilla. Es mejor determinar los elementos antes de iniciar el estudio de tiempo. Estos deben separarse en divisiones tan finas como sea posible, pero no tan pequeñas que se sacrifique la exactitud de las lecturas. (Benjamin W. Niebel, pág. 385)

### **e. Efectuar mediciones de prueba y ejecutar una muestra inicial.**

La muestra inicial además de servir de práctica al analista, permite determinar algunos parámetros que servirán para establecer el número real de observaciones, auxiliándose de principios estadísticos (tamaño de muestra). Se recomiendan al menos 20 observaciones iniciales. (Baca Urbina, pág. 187).

### **f. Determinar el tamaño de la muestra.**

Determinar el tamaño de la muestra que se va estudiar para llegar a un estándar justo es un tema que ha causado polémica entre analistas de estudio de tiempos. Se puede establecer un número más exacto con métodos estadísticos.

Si se usa la media de la muestra  $\bar{x}$  y la desviación estándar de la muestra  $s$  y como los estudios de tiempos involucran solo muestras pequeñas de una población, se debe usarse una distribución t. (la tabla 1.4 muestra los valores de Z, según el valor de K asignado). Entonces, la fórmula del intervalo de confianza es:

$$(K)(\bar{x}) = \frac{Z * s}{\sqrt{N}}$$

También es posible despejar N' antes de tomar el estudio de tiempos, si se interpretan los datos históricos de elementos similares, o con una estimación real de  $\bar{X}$  y s a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta. (Benjamin W. Niebel, pág. 394).

El cronometraje con regreso a cero, los tiempos se toman directamente: al acabar cada elemento se hace volver el segundero a cero y se lo pone de nuevo en marcha inmediatamente para cronometrar el elemento siguiente, sin que el mecanismo del reloj se detenga ni un momento. (Kanawaty, pág. 302)

Despejando N'

$$N' = \left[ \frac{Z * s}{(K)(\bar{x})} \right]^2 \dots [2.6]$$

Donde:

N'= Numero de observaciones

Z = Variación para el nivel de confianza (distribución t)

S = desviación estándar de la muestra

$\bar{X}$  = valor medio de las “N” observaciones de la muestra inicial

K = Valor aceptable de  $\bar{X}$  (porcentaje de error)

Tabla 2.4 - Distribución t

		Probabilidad											
K	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%	5%	2%	1%	0%
Z	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.64	1.96	2.326	2.576	3.291

Fuente: R.A. Fisher y F. Yates, Statistical Tables

### g. Cronometrar

Es la medición del tiempo de ejecución con un cronómetro o algún otro instrumento. Es importante resaltar que el empleado seleccionado debe tener pleno conocimiento de la ejecución del estudio de medición del trabajo. Por ningún motivo, el analista debe ocultar el cronómetro ni tratar de engañar a los empleados al respecto, pues esto podría ocasionar reacciones negativas en ellos, lo que propiciaría el fracaso del proyecto. (Baca Urbina, pág. 188).

### h. Calificar la actuación del operario

Conocido también como valoración del ritmo de trabajo del empleado, califica el desempeño de éste, respecto de un nivel normal de ejecución del trabajo. Existen distintas

metodologías para la evaluación o calificación del operario: norma británica, Westinghouse, evaluación sintética, calificación objetiva y por velocidad.

La calificación del operario es el paso más importante y crítico, ya que contribuye a definir con justicia el tiempo requerido para que un operario ejecute sus actividades en condiciones normales. La norma británica (conocida también como escala 0-100) utiliza los criterios de evaluación mostrados en la tabla 1.5.

Tabla 2.5 - Criterios de evaluación

Escala	Descripción del desempeño del individuo
0	Actividad nula
50	Muy lento, movimientos torpes e inseguros, operador somnoliento, sin interés en el trabajo
75	Constante, resuelto, sin prisa, como de obrero no pagado a destajo, pero bien supervisado. Parece lento pero no pierde tiempo voluntariamente
100 (Ritmo estándar)	Trabajador activo y capaz; operario calificado promedio, logra con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijado.
125	Muy rápido; el operario actúa con gran seguridad, destreza y coordinación de movimientos, superior al ritmo estándar
150	Excepcionalmente rápido, concentración y esfuerzo intensos sin probabilidad de durar así por periodos largos de tiempo

Fuente: OIT. Introducción al Estudio del Trabajo (1999).

Si el ritmo de trabajo observado en el empleado es inferior al ritmo estándar, se deberá asignar un factor menor de 100. Si por el contrario, el ritmo de trabajo es superior al ritmo tipo, deberá emplearse un factor mayor de 100. La evaluación se utiliza para determinar el tiempo básico o tiempo normal, que es aquel que el operario demoraría en ejecutar una actividad a ritmo estándar. El tiempo básico o normal se determina de la siguiente manera: (Baca Urbina, pág. 188).

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo medio observado} * \frac{\text{Calificación}}{\text{Ritmo estandar}} \dots [2.8]$$

#### **i. Estimación de tolerancias**

Las tolerancias son los suplementos por descanso que se añade al tiempo básico o normal para dar al operario la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por el desarrollo de sus actividades en el trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales. Su valor depende de la naturaleza del trabajo. (Kanawaty, pág. 338)

Las tolerancias son fracciones de tiempo, constantes o variables, que deben añadirse al tiempo normal para hallar el tiempo estándar, se recomienda que las tolerancias sean de al menos 10% del tiempo normal. Varios autores recomiendan asignar 5 y 4% del tiempo

normal, para este propósito. Las tolerancias por fatiga física y mental se definen en función de los siguientes factores: condiciones de trabajo, iluminación, temperatura, humedad, ruido, ventilación y colores; además de la repetitividad del trabajo, concentración requerida, monotonía de movimientos, posición corporal del operario y cansancio muscular. (Baca Urbina, pág. 189).

La tabla 1.6 muestra algunas recomendaciones de tolerancias a añadir al tiempo estándar dadas por la Organización Internacional del Trabajo:

Tabla 2.6 - Recomendaciones de tolerancias

A. Tolerancias constantes:	Añadir %
1) Tolerancia por necesidades personales	5
2) Tolerancia básica por fatiga	4
B. Tolerancias variables:	
1) Tolerancia por ejecutar el trabajo de pie	2
2) Tolerancia por posiciones anormales en el trabajo:	
a) Ligeramente molesta	0
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar), determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):	
a) 2.5 kg/5 lb	0
b) 5/10	1
c) 7.5/15	2
d) 10/20	3
e) 12.5/25	4
f) 15/30	5
g) 17.5/35	7
h) 20/40	9
i) 22.5/45	11
j) 25/50	13
k) 30/60	17
l) 35/70	22
4) Alumbrado deficiente:	
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0
b) Muy inferior	2
c) Sumamente inadecuado	5
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables	0-10
6) Atención estricta:	
a) Trabajo moderadamente fino	0
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2

c) Trabajo muy fino o muy exacto	5
7) Nivel de ruido:	
a) Continuo	0
b) Intermitente-fuerte	2
c) Intermitente-muy fuerte	5
d) De alto volumen-fuerte	5
8) Esfuerzo mental:	
a) Proceso moderadamente complicado 1	1
b) Complicado o que requiere amplia atención 4	4
c) Muy complicado	8
9) Monotonía:	
a) Escasa	0
b) Moderada	1
c) Excesiva	4

Fuente: OIT. Introducción al Estudio del Trabajo

#### j. Cálculo del tiempo estándar

El último paso es el cálculo del tiempo estándar. Para su determinación es necesario calcular el tiempo básico o normal (resultado de la calificación del desempeño del empleado) y añadir el tiempo por compensación o tolerancias. La figura 1.3 muestra la composición del tiempo estándar. (Baca Urbina, pág. 10)

$$\text{Tiempo estandar} = \text{Tiempo Normal} * \left(1 + \frac{\text{Tolerancia}}{100}\right) \dots [2.10]$$

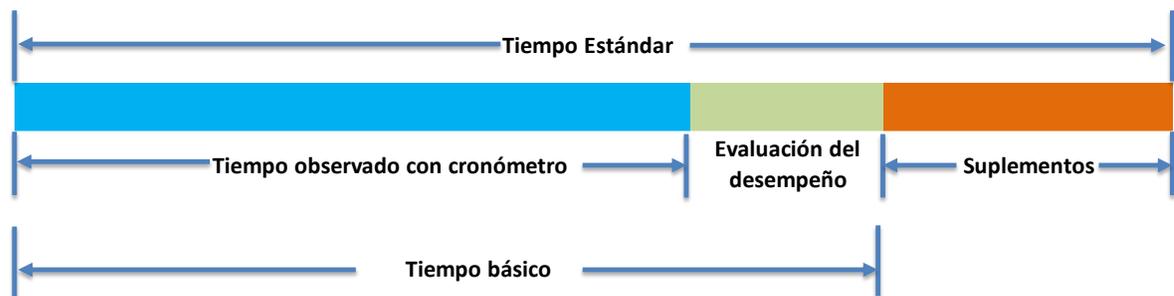


Figura 2.3 - Composición del tiempo estándar  
Fuente: Elaboración Propia

## **CAPÍTULO III: DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

### **3.1. La industria minera**

#### **3.1.1. Conceptos generales**

Según Hartman, Howard L. “La minería es una actividad económica del sector primario representada por la explotación o extracción de los minerales que se han acumulado en el suelo y subsuelo en forma de yacimientos. Dependiendo del tipo de mineral a extraer la actividad se divide en minería metálica (cobre, oro, plata, aluminio, plomo, hierro, mercurio, entre otros) que son empleados como materias primas básicas para la fabricación de una variedad de productos industriales. Mientras que la minería no metálica o también denominada de cantera y construcción (arcilla, cuarzo, zafiro, esmeralda, granito, mármol, mica, entre otros) son usados como materiales de construcción y materia prima de joyería, ornamentación, entre otros usos”. (Hartman, 1992).

Cabe señalar que la minería es una de las actividades más antiguas de la humanidad, ya que se sabe que desde tiempos de la prehistoria el hombre ha usado diversos minerales para la fabricación de herramientas y armas. Con el pasar de los siglos se convirtió en una importante industria, que ha creado una serie de técnicas, estudios y análisis físico-químicos con el objetivo de mejorar la exploración y explotación de los yacimientos. Por su parte, las compañías o empresas mineras son las encargadas de llevarla a cabo como industria, cuya competencia depende de la producción de mineral extraído y de la calidad y cantidad del mismo. (Minería, 2019)

#### **3.1.2. Industria minera del Perú.**

Según el ministerio de economía y finanzas “El sector minero en nuestro Perú es uno de los pilares de la economía junto a las exportaciones. La minería aporta un 20% de los ingresos fiscales, contribuye alrededor del 15% Producto Bruto Interno PBI nacional y el 60% de las exportaciones. La mayoría de las minas en el Perú se concentra en los Andes. Los

principales productos mineros del Perú son la plata, **el cobre**, el zinc, el estaño, el bismuto y el teluro. Cabe mencionar también la futura participación del Perú en la extracción del Litio, conformando este un cuadrangular con los países vecinos que poseen grandes yacimientos de este metal”. (Industria minera del Perú, 2018).

### **3.1.3. Características generales de las grandes empresas mineras en el Perú.**

- a. El capital es aportado por varios socios que se organizan en sociedades de varios tipos, de diversas nacionalidades.
- b. Forman parte de grandes consorcios o cadenas que monopolizan o participan en forma mayoritaria en la producción o comercialización de metales y no metales.
- c. Algunas veces dominan con amplitud el mercado interno, y por otro lado también participan en el mercado internacional.
- d. Cuentan con grandes recursos de capital que les permiten marcar el rumbo en tecnología, mecanización y automatización de sus procesos productivos.
- e. Cuentan con gran número de personal (más de 500 trabajadores). (García Criollo, 2000, pág. 7).

### **3.1.4. Enfoque al proceso de Extracción.**

Este enfoque se realiza debido a que entre los diferentes procesos productivos de la mina, el presente trabajo hará referencia a un proceso auxiliar que se encuentra en el proceso de extracción. Para ello mencionar que esta etapa está conformado por:

- a. Perforación y voladura:** Este proceso es aquel en el cual a través de maquinarias específicas (perforadoras), se procede a realizar agujeros en determinado terreno para la instalación de explosivos, lo cual conducirá a un ablandamiento del suelo para después proceder al carguío y traslado de ese material.
- b. Carguío de Material:** El carguío consiste en el uso de maquinaria específica (cargadores frontales, palas hidráulicas o eléctricas) para cargar el material sobre otros equipos o maquinarias a fin de que llegue a los siguientes procesos.
- c. Acarreo de material:** El acarreo del material es propiamente el desplazamiento del material hacia las siguientes etapas, por lo general el lugar de explotación dista de las plantas de chancado y otros, por lo que es necesario maquinaria para dicho traslado, donde se puede mencionar camiones, fajas transportadoras.

Específicamente nos centraremos en el proceso de acarreo de material donde en la empresa en cuestión dicho proceso se lleva a cabo a través de camiones de gran tonelaje. Dichos camiones están inmersos en otros subprocesos, donde el mantenimiento será el proceso en el cual se centrará la investigación.

### **3.1.5. Relación del carguío y transporte con el resto de actividades**

Según la Revista de Seguridad Minera, no indica “ que los procesos productivos de mayor costo en la industria minera se encuentra el proceso de extracción y específicamente podemos señalar al proceso de carguío y transporte de material, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos involucrados (cargadores, camiones, tractores, motoniveladoras, etc.), alto grado de mecanización, menor rendimiento productivo por equipo y operación continua y relativamente lenta”. (Minera, 2017)

## **3.2. Descripción de la empresa**

### **3.2.1. La Organización**

Las operaciones de la minera, dedicada a la extracción de minerales de cobre y molibdeno, datan del siglo XIX. En la actualidad dicha empresa es una de las operaciones mineras más importantes del mundo. La extracción de cobre es el rubro importante de la empresa minera, para poder realizar dicha tarea la empresa está dividida en diferentes áreas, como las encargadas del movimiento de tierras, esta área tiene como soporte el área de mantenimiento la cual brinda el mantenimiento de todos los equipos de maquinaria pesada.

El área de mantenimiento esta subdividida en diferentes gerencias, las cuales se encargan de los equipos de carguío o acarreo. El área de mantenimiento acarreo, es la encargada de mantener operativos toda la flota de camiones 793 Caterpillar, de esto depende la disponibilidad ofrecida por la gerencia de mantenimiento.

### **3.2.2. Instalaciones y medios operativos**

#### **a. Distribución de Instalaciones**

- **Taller:** Compuesto por 12 bahías de trabajo, 6 internas y 6 externas. Implementada con lo necesario para realizar los diferentes mantenimientos.

- **Lavaderos de camiones:** Compuesta por 2 bahías, los equipos antes de recibirlos deberán ser lavado en estas instalaciones, los lavaderos cuentan con líneas de alta presión de agua para poder ser lavados en el menor tiempo.

• **Almacén de Ferreyros:** Como socio importante Ferreyros cuenta con un almacén, el cual cuenta con todos los repuestos necesarios.

• **Almacén de mina 1:** Este almacén abastece al área de mantenimiento de implementos de seguridad, hidrocarburos puntuales, herramientas y repuestos.

• **Oficinas de Ferreyros:** Son las instalaciones donde Ferreyros desarrolla sus actividades para poder brindar el soporte al área de mantenimiento mina acarreo, lo cual permite dar solución a los problemas que se pudieran presentar en la flota Caterpillar en el menor tiempo ya que sus instalaciones están cerca de los talleres.

• **Laboratorios de análisis de aceites:** Es la encargada de analizar todos los aceites de los camiones, los resultados son utilizados para la toma de decisiones.

• **Tanques de hidrocarburos:** Estos depósitos almacenan todos los hidrocarburos necesarios para poder realizar los mantenimientos, la empresa cuenta con 4 tanques de 1000 Galones, con aceites de diferentes viscosidades, 1 tanque de 500 Galones para el refrigerante y un tanque de 1500 Galones para los aceites residuales.

• **Almacén de herramientas:** El taller cuenta con un almacen de herramientas completo para ejecutar los mantenimientos.

• **Oficinas de supervisión y planeamiento:** En este espacio los planeadores y supervisores desarrollan los trabajos administrativos.

• **Baños, comedores y parqueo de camionetas:** Ambos ambientes se encuentran en puntos diferentes pero cerca del taller.

• **Parqueo de equipo auxiliar:** Espacio designado para los equipos auxiliares de toda el área de mantenimiento, este se encuentra alejado del taller

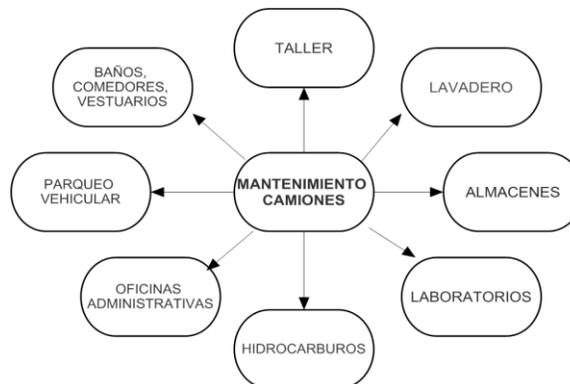


Figura 3.1 - Diagrama de interrelación de las instalaciones del taller

Fuente: Elaboración Propia

## **b. Descripción de taller**

El taller cuenta con 12 bahías 6 internas y 6 externas, el área total es de 2350 m<sup>2</sup>, en este espacio tenemos:

- **Iluminación y ventilación:** La iluminación es la necesaria para poder desarrollar todos los trabajos durante el turno noche, esta iluminación es monitoreada y cumple las normativa, durante el día la luz del sol entra perfectamente al taller y no es necesaria iluminación adicional. La ventilación es necesaria para extraer los gases de combustión emitidos por los equipos dentro del taller, se apoya de extractores que se encuentra en la parte superior del taller.

- **Líneas de hidrocarburos:** Entre las bahías 1 y 2 se encuentran los surtidores de hidrocarburos, el cual está conformado con líneas de aceite con las diferentes viscosidades.

- **Líneas de aire:** El taller cuenta con 12 puntos de aire en todo el taller, para abastecer con aire los trabajos desarrollados en las bahías externas es necesario apoyarse con compresores de aire móviles.

- **Áreas delimitadas:** El taller está perfectamente delimitado para permitir el libre tránsito peatonal entre bahías de trabajo y las necesarias para la seguridad del taller.

- **Grúa (fijo), con las capacidades requeridas:** La grúa puente con la que cuenta el taller tiene una capacidad de 45/4.5 Toneladas, esta no tiene acceso a los componentes que se encuentren debajo de la tolva del camión.

- **Equipos para respuesta de emergencia y Elementos de Seguridad:** De presentarse alguna emergencia de cualquier tipo, el taller esta implementado con lo necesario para atenderlo, para ser más efectivo se apoya de una empresa especializada.



Figura 3.2 – Instalaciones del taller  
Fuente: googlemaps.com

### c. Equipos auxiliares

- Montacargas: Equipo utilizado para traslado de cargas a través de sus horquillas.
- Mini cargador Bob-Cat: Equipo versátil para carga y traslado de material.
- Camión Lubricador: Camión provisto de aceites para suministro.
- Camión Grúa: Camión con implemento hidráulico articulado montado sobre este.

### 3.2.3. Flota de trabajo

Actualmente la empresa cuenta con camiones Caterpillar 793 para el servicio de acarreo de material de los diferentes frentes de trabajo hacia las chancadoras primarias, así como el servicio general de movimiento de tierras, esta flota está conformada por un total de 92 equipos.

#### a. Camiones de Acarreo 793 Caterpillar:



Tabla 3.1 – Especificaciones camión 793

Especificaciones		
Motor	3516B	
Potencia bruta	1.801 kW	2.415 hp
Potencia Neta	1.743 kW	2.337 hp
Pesos	383.749 kg	846.000 lb
Capacidad	218 toneladas métricas	240 toneladas cortas
Capacidad a ras	96 m <sup>3</sup>	126 yd <sup>3</sup>
Cap. de caja	129 m <sup>3</sup>	169 yd <sup>3</sup>

Figura 3.3 – Camión de acarreo 793 CAT

Fuente: Meeting guide Caterpillar.

#### b. Esquema de partes del camión minero 793.

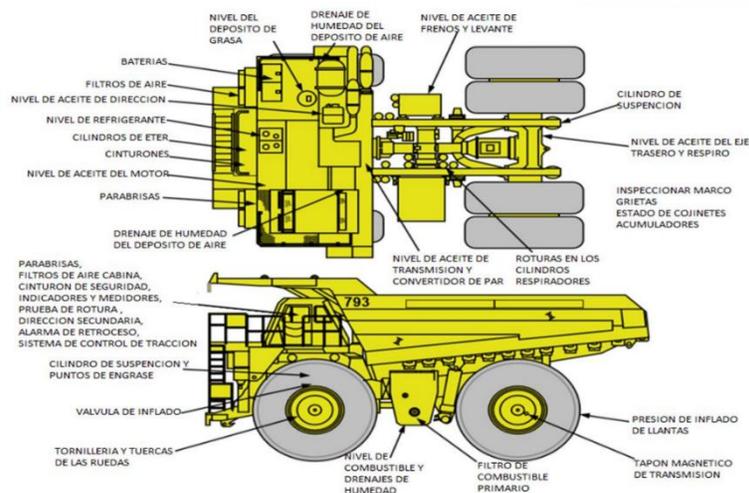


Figura 3.4 – Esquema de partes del camión 793 CAT, Fuente: Meeting Guide Caterpillar.

### c. Componentes Mayores del tren de potencia:

Los componentes mayores del camión 793 CATERPILLAR están conformados por los elementos principales que permiten el funcionamiento del equipo, ello quiere decir, aquellos que permiten el desplazamiento del equipo bajo el peso de la carga en la tolva.

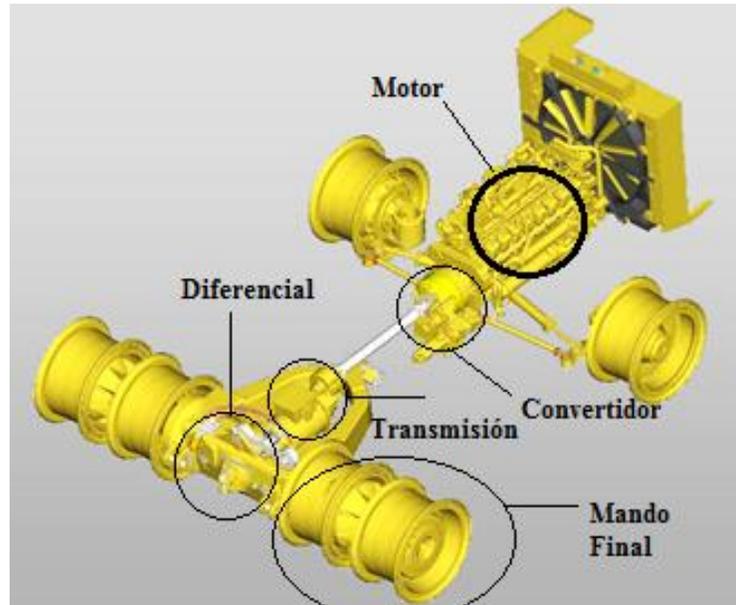


Figura 3.5– Componentes mayores, camión 793 CAT, Fuente: reader008.staticcloud.net

- **Motor:** El camión 793 Caterpillar cuenta con un motor de alta cilindrada CAT 3516B, el cual está fabricado para lograr un rendimiento superior en trabajos de minería.

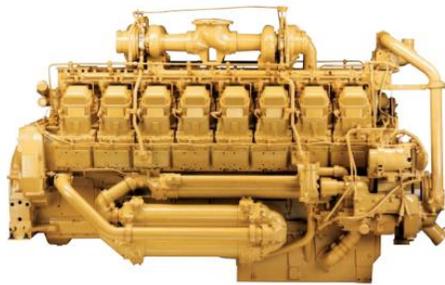


Figura 3.6 –Motor 793 CAT  
Fuente: Meeting guide Caterpillar.

Es un motor diésel de alta cilindrada con un banco de cuatro turbocompresores y pos enfriador.  
Su diseño es de cuatro tiempos y 16 cilindros.  
Sistema de inyección electrónica (EUI).  
Posenfriador con circuito separado  
Peso: 3247 Kg

- **Convertidor de par:** Componente mecánico accionado por el volante del motor. Se compone de un impulsor, una turbina, un embrague de traba y un estator con un embrague unidireccional. El embrague de traba permite a la máquina operar en mando directo a fin de mantener la pérdida de potencia en un mínimo. (tucarpillar, s.f.). Peso: 773 Kg.

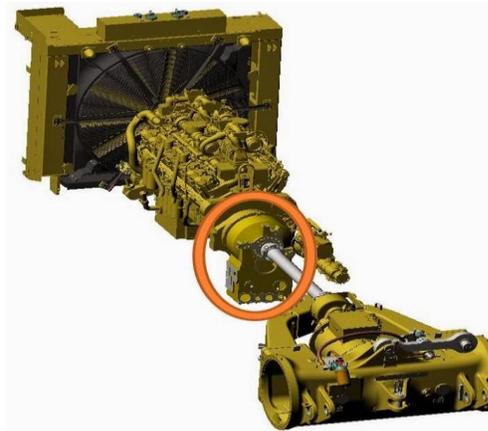


Figura 3.7 - Convertidor de par 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar

• **Transmisión:**

Componente mecánico encargado de transmitir potencia entre dos o más elementos dentro de una máquina. La transmisión cambia la velocidad de rotación de un eje de entrada, lo que resulta en una velocidad de salida diferente. (wikipedia, 2018) La transmisión está localizada entre el engranaje de transferencia y el diferencial. Peso: 1335 Kg.



Figura 3.8 - --Transmisión 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar.

• **Diferencial:**

El diferencial es un componente mecánico del tren de fuerza previo a los mandos finales, el cual permite que las ruedas posteriores de un vehículo giren a distinta velocidad, según éste se encuentre tomando una curva hacia un lado o hacia el otro. Peso: 1146 Kg.

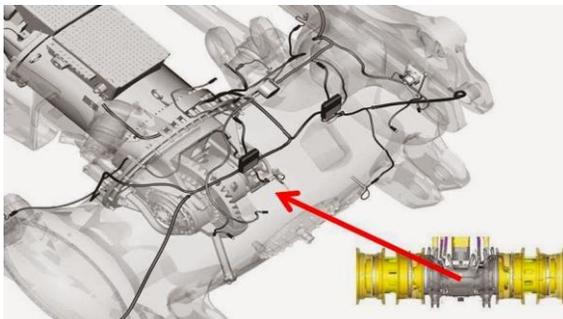


Figura 3.9 – Diferencial 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar.

- **Mando Final:** Los mandos finales son dos conjuntos de reductores planetarios de velocidad. Cada conjunto consta de un engranaje sol (central) y cuatro planetarios, en cada conjunto el torque se multiplica 4 veces. (tucarpillar, s.f.). Peso: 1548 Kg.



Figura 3.10 – Mando final 793 CAT, Fuente: Meeting guide Caterpillar.

#### d. Otros componentes Mayores del camión 793:

- **Ruedas:**

Elementos mecánicos cuya función es permitir el rodamiento del camión, así mismo están ancladas a las suspensiones y al tren de dirección.



Figura 3.11 – Rueda delantera, Fuente: Meeting guide CAT.

- **Radiador:**

Se conoce por radiador al dispositivo que permite intercambiar calor entre dos medios, siendo uno de ellos el aire ambiente. Sirve para disipar calor del motor y evitar su sobrecalentamiento.



Figura 3.12 – Radiador 793 CAT, Fuente: motormission.com

- **Aframe (Bastidor):**



El aframe es la estructura que sirve para formar el chasis y tener la suficiente resistencia para soportar la carrocería, el motor, la unidad motriz y las suspensiones. (wikipedia, 2019)

Figura 3.13 – Bastidor aframe 793 CAT, Fuente: s7d2.scene7.com

- **Cilindro Levante:**

Los cilindros de levante son mecanismos que constan de un cilindro dentro del cual se desplaza un émbolo o pistón, y que transforma la presión de un líquido mayormente aceite en energía mecánica. Son actuadores mecánicos que son usados para levantar el peso y la carga dentro de la tolva del camión.



Figura 3.14 - Camión con tolva izada  
Fuente: Meeting guide

- **Cilindro suspensión delantera y posterior.**

Esta suspensión combina un sistema mixto de elementos hidráulicos y neumáticos que garantiza una suspensión suave y elástica, facilitando, además, el reglaje y nivelación de la carrocería de forma automática.



Figura 3.15 – suspensión delantera y posterior 793 CAT. Fuente: www.minespecparts.com.

- **Mando de Bombas:**

El mando de bombas es un conjunto mecánico integrado por una serie de engranajes el cual tiene la función de proporcionar potencia a una serie de bombas hidráulicas ancladas a su estructura.

- **Tolva:**



La tolva es el componente metálico o de otro tipo de material la cual tiene la función de trasladar el material propiamente dicho debido a que sobre esta se amontona. La tolva está montada sobre el bastidor, el cual es inclinado por el cilindro de levante.

Figura 3.16 - Tolva 793 CAT, Fuente: [www.finning.com](http://www.finning.com)

**e. Componentes Menores del camión 793:**

- **Tren de Dirección:**

**Cilindros de Dirección:** Actuadores hidráulicos encargados de proporcionar dirección a través de todo el conjunto de dirección.

**Barras de Dirección:** Ejes mecánicos dispuestos en el tren de dirección para permitir el giro de las ruedas en el mismo sentido.

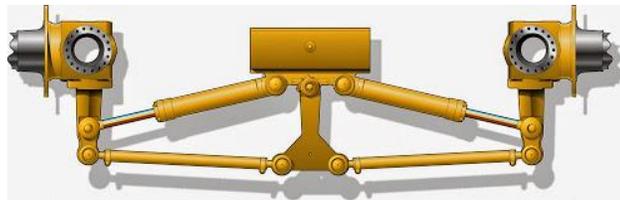


Figura 3.17 – Tren de dirección 793 CAT, Fuente: [tucaterpillar.blogspot.com](http://tucaterpillar.blogspot.com)

- **Conjunto de Bombas hidráulicas:** Conformadas por la bomba de levante, bomba de dirección, bombas de transmisión, las cuales otorgan el caudal necesario de aceite para los diferentes sistemas.

- **Enfriadores:** Componentes cuya finalidad son enfriar el aceite de los diferentes sistemas del camión entre ellos tenemos al enfriador de aceite de motor, transmisión e hidráulico.



Figura 3.18 – Enfriadores de camión, Fuente: [finning.com](http://finning.com)

### 3.2.4. Trabajos realizados en el taller de mantenimiento.

El área de mantenimiento brinda el servicio de mantenimiento a toda la maquinaria involucrada en el movimiento de tierras, tanto carguío como acarreo, sin embargo el taller en cuestión solo brinda servicios a los camiones de acarreo marca CATERPILLAR, modelo 793. Los mantenimientos realizados en taller son:

Tabla 3.2 - Tipos de Mantenimiento realizados en taller

MANTENIMIENTOS REALIZADOS EN TALLER		
<b>Mantenimientos Programados</b>	Mantenimientos preventivos	Mantenimiento de 250 Hrs
		Mantenimiento de 500 Hrs
		Mantenimiento de 1000 Hrs
		Mantenimiento de 2000 Hrs
	Cambios de componentes	Componentes Mayores
		Componentes Menores
Mantenimientos Predictivos	Monitoreo de aceites	
	Evaluación con equipos de ultrasonido	
<b>Mantenimientos No Programados</b>	Mantenimientos correctivos	Corrección de Fugas
		Fallas catastróficas de componentes
	Evaluación y diagnóstico de equipos	Perdida de Potencia de motor
		Fallas Eléctricas

Fuente: Elaboración propia

La flota en la cual se busca mejorar los procesos de mantenimiento es la de camiones Caterpillar la cual está conformada por 93 equipos, estos pertenecen a los equipos de acarreo. Los mantenimientos los cuales de desean reducir sus tiempos de ocupación de bahías son los de cambios de componentes Mayores y Menores los cuales pertenecen a los mantenimientos Programados y en los mantenimientos correctivos las fallas catastróficas de componentes los cuales involucran cambiar el componente que fallo, esto pertenece a los mantenimientos no programados. La descripción de los mantenimientos relacionados con los cambios de componentes se describe en la tabla 3.5.

#### a. Comparación entre los trabajos programados y no programados:

A continuación se presenta la siguiente tabla que describe las diferencias entre un trabajo programado y uno que no está programado.

Tabla 3.3 - Mantenimiento programado vs no programado

Tipos	Características	Aplicación	Denominación
<b>Mantenimiento Programado</b>	El mantenimiento programado es aquel que parte de una previa planificación; el cual depende directamente de las horas de trabajo del camión.	Se aplica para mantener las condiciones óptimas del equipo, a través del cambio de lubricantes, filtro y componentes sin importar la condición de los mismos salvo las horas.	PM – Mantenimiento de aceites y componentes menores. CPC – Cambio de componentes mayores por horas de servicio.

<b>Mantenimiento No Programado</b>	Mantenimiento no programado es todo lo contrario al anterior, es un mantenimiento reactivo que se debe realizar por la aparición de una falla la cual no se había planificado.	Se aplica para la corrección de una falla que impide que el equipo pueda seguir operando. Estos pueden ser fugas de fluidos, problemas eléctricos y fallas de componentes en plena operación o detectados en otra situación.	CC – cambio de componentes EF – Problemas eléctricos en máquina
------------------------------------	--	--	--

Fuente: Elaboración propia

### b. Comparación entre los trabajos programados.

Como inicialmente se ha visto, los mantenimientos programados también poseen una clasificación, la cual está descrita en la siguiente tabla:

Tabla 3.4 – Clasificación de mantenimientos programado

<b>Tipos</b>	<b>Características</b>	<b>Aplicación</b>	<b>Denominación</b>
<b>Mantenimientos preventivos</b>	<b>Mantenimiento de 250 Hrs:</b> Mantenimiento realizado cada 250 horas, 750 horas, 1250 horas, 1750 horas, lo comprende el cambio de aceites y filtros, no requiere inspección previa al ingreso del taller.	Para la manutención básica del equipo a través de cambio de aceite de motor, filtros de aceite de motor y filtros de combustible.	PM 01 – Mantenimiento de 250 Horas.
	<b>Mantenimiento de 500 Hrs:</b> Mantenimiento realizado cada 500 Horas, 1500 Hrs, lo comprende el cambio de aceites, filtros y componentes menores, requiere inspección previa al ingreso del taller para la detección de fallas.	Para la manutención básica de todos los sistemas del camión, comprende en cambio de filtros de todo el camión, y el cambio de aceite de motor y ruedas.	PM 02 – Mantenimiento de 500 Horas.
	<b>Mantenimiento de 1000 Hrs:</b> Mantenimiento realizado cada 1000 Horas, lo comprende el cambio de aceites, filtros y componentes menores, requiere inspección previa al ingreso del taller para la detección de fallas.	Para la manutención básica de todos los sistemas del camión, comprende en cambio de filtros de todo el camión, y el cambio de aceite de motor, ruedas y transmisión.	PM 03 – Mantenimiento de 1000 Horas.
	<b>Mantenimiento de 2000 Hrs:</b> Mantenimiento realizado cada 1000 Horas, lo comprende el cambio de aceites, filtros y componentes menores, requiere inspección previa al ingreso del taller para la detección de fallas.	Para la manutención completa de todos los sistemas del camión, comprende en cambio de filtros de todo el camión, y el cambio general de todos los fluidos de la máquina.	PM 04 – Mantenimiento de 2000 Horas.
<b>Cambios de componentes</b>	Trabajo que consiste en el desmontaje y montaje de los componentes principales del camión Caterpillar 793, también son contados aquellos que no son considerados componentes mayores, pero que también trabajan por horas en los registros establecidos.	Su aplicación consiste en otorgar operatividad al equipo a través del cambio de componentes anticipado.	CC – cambio de componentes

<b>Mantenimientos Predictivos</b>	<p>Monitoreo por muestras de aceite: Consiste en el recojo periódico de muestras de aceite de todos los sistemas del camión cuando ingresan a un PM.</p> <p>Monitoreo por ultrasonido: Consiste en detectar fallas en las estructuras del equipo a través del uso de instrumentos de ultrasonido.</p>	<p>Su aplicación se basa un mantenimiento que se basa en anticipar las fallas que puedan estar surgiendo o desarrollándose dentro de los componentes del equipo, a través del contenido por partículas en el aceite.</p> <p>Al igual que ello, el monitoreo por ultrasonido verifica la condición de las estructuras del camión a través de un control periódico.</p>	<p>SOS – Monitoreo por muestras de aceite.</p> <p>UT – Monitoreo por ultrasonido</p>
-----------------------------------	---	---	--

Fuente: Elaboración Propia

### c. Mantenimientos preventivos:

Son aquellos que son desarrollados dentro de la empresa de acuerdo a las horas de trabajo de los camiones, como se ha mencionado estos se desarrollan en una relación ascendente de 250 horas.

### d. Cambio de componentes del camión 793 Caterpillar.

Tabla 3.5 – Descripción de los cambios de componentes mayores

<b>Cambio de componentes Mayores del tren de potencia</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>Motor</b>	<p>*Este trabajo consiste en el desmontaje del motor de camión para instalar un nuevo componente.</p> <p><b>REQUERIMIENTOS:</b> es necesario desmontar el radiador y también es extraído junto al convertidor de par.</p> <p>*Están involucrados contratista en bajo nivel y el apoyo de personal eléctrico.</p> <p><b>CRITICIDAD:</b> es alta debido a que si este componente falla, el camión y ninguno de sus sistemas podrá operar bajo ninguna condición.</p>	 <p>Figura 3.19 – Cambio de Motor Fuente propia</p>
<b>Convertidor</b>	<p>*Consiste en el desmontaje del convertidor, separándolo del motor y el resto del tren de fuerza.</p> <p><b>REQUERIMIENTOS:</b> Se puede desmontar solo, aunque también suele salir junto al motor.</p> <p>*Solo si se desmonta junto al motor requiere la participación de empresas contratistas.</p> <p><b>CRITICIDAD:</b> es alta, aunque el camión aún podrá desarrollar ciertas funciones, no podrá movilizarse si el convertidor fallara.</p>	 <p>Figura 3.20 – Cambio de Convertidor Fuente propia</p>

<b>Transmisión</b>	<p>*Consiste en el desmontaje de la transmisión del resto del tren de fuerza.</p> <p><b>REQUERIMIENTOS:</b> Suele desmontarse junto al diferencial, aunque también se puede sacar solo.</p> <p>*No requiere mayor apoyo por parte de empresas contratistas. Solamente parte eléctrica.</p> <p><b>CRITICIDAD:</b> Su nivel de criticidad es alto, aunque el camión aún podrá desarrollar ciertas funciones, no podrá movilizarse si la transmisión fallara.</p>	 <p>Figura 3.21 – Cambio de Transmisión Fuente propia</p>
<b>Diferencial</b>	<p>*Consiste en el desmontaje del diferencial del resto del tren de fuerza.</p> <p><b>REQUERIMIENTOS:</b> Suele desmontarse junto a la transmisión siempre, aunque luego es necesario volver a montar la misma transmisión.</p> <p>*No requiere mayor apoyo por parte de empresas contratistas. Solamente parte eléctrica.</p> <p><b>CRITICIDAD:</b> Su nivel de criticidad es alto, aunque el camión aún podrá desarrollar ciertas funciones, no podrá movilizarse si el diferencial fallara.</p>	 <p>Figura 3.22 – Cambio de Diferencial Fuente propia</p>
<b>Mandos finales</b>	<p>*Consiste en el desmontaje de los mandos finales del resto del tren de fuerza.</p> <p><b>REQUERIMIENTOS:</b> Se desmontan independientemente</p> <p>*No requiere mayor apoyo por parte de empresas contratistas. Solamente el personal de llantas, debido a que se requiere el desmontaje previo de los neumáticos.</p> <p><b>CRITICIDAD:</b> Su nivel de criticidad es alto, aunque el camión aún podrá desarrollar ciertas funciones, no podrá movilizarse si los mandos colapsaran.</p>	 <p>Figura 3.23 – Cambio de mandos finales Fuente propia</p>

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3.6 – Descripción de los cambios de otros componentes mayores

<b>Cambio de componentes Mayores del tren de potencia</b>		
<b>Ítem</b>	<b>Descripción</b>	<b>Imagen</b>
<b>Ruedas</b>	<p>*Consiste en el desmontaje de las ruedas delanteras del camión.</p> <p>*Se desmontan junto a las suspensiones en algunos casos.</p> <p>*No requiere mayor apoyo por parte de empresas contratistas. Solamente el personal de llantas, debido a que se requiere el desmontaje previo de los neumáticos.</p> <p>*Su nivel de criticidad es medio, aunque se registren desgastes acelerados o eventos fuera de los parámetros, estos componentes aun podrán ejercer sus funciones.</p>	 <p>Figura 3.24 – Cambio de Ruedas Fuente propia</p>

<p><b>Radiador</b></p>	<p>*Consiste en el desmontaje del radiador.          *Se desmonta junto al motor, aunque también se puede hacer independientemente.          *Requiere apoyo de empresas contratistas y personal eléctrico.          *Su nivel de criticidad es medio, aunque se registren desgastes acelerados o eventos fuera de los parámetros, este componente podrá seguir dando horas de trabajo.</p>	 <p>Figura 3.25 – Cambio de Radiador Fuente propia</p>
<p><b>Aframe</b></p>	<p>*Consiste en la reparación de alojamiento de pines del bastidor del camión.          *Este trabajo es complejo y de alto riesgo, debido a que requiere la separación del camión en dos partes.          *Requiere apoyo del área de soldadura y maestranza para la reconstrucción de alojamientos de pines.          *Su nivel de criticidad es bajo, aunque se registren desgastes mayores, el camión eventualmente podría seguir trabajando, aunque por tiempos controlados hasta su reparación.</p>	 <p>Figura 3.26 – Reparación de Aframe Fuente propia</p>
<p><b>Cilindros de suspensión</b></p>	<p>*Consiste en el desmontaje de las suspensiones del camión.          *Se desmontan junto a las ruedas en todos los casos.          *No requiere mayor apoyo por parte de empresas contratistas. Solamente el personal de llantas, debido a que se requiere el desmontaje previo de los neumáticos.          *Su nivel de criticidad es medio, aunque solo se vería comprometida la medición del peso de la carga y las fugas de aceite del componente.</p>	 <p>Figura 3.27 – Cambio de suspensiones Fuente propia</p>
<p><b>Tolva</b></p>	<p>*Consiste en el cambio de la tolva de carga del camión.          *Este trabajo es complejo y de alto riesgo, debido a que requiere el izaje de una carga de gran volumen y peso.          *No requiere el apoyo de otra área o personal.          *Su nivel de criticidad es bajo, aunque se registren desgastes mayores en la tolva por abrasión, eventualmente sólo dificultaría la reparación de la tolva más no el funcionamiento del camión.</p>	 <p>Figura 3.28 – Cambio de Tolva Fuente propia</p>

Fuente: Elaboración Propia

### e. Comparación entre los trabajos no programados.

Tabla 3.7 – Descripción de los trabajos no programados

Tipos	Características	Aplicación	Denominación
Mantenimientos correctivos	Corrección de Fugas: Consiste en el control de una fuga de aceite o refrigerante de un determinado sistema.	Se aplica cuando algún componente presenta fuga de fluidos por roturas, sequedad de sus sellos hermetizadores, o fisuras en sus mangueras.	MF – Falla mecánica
	Fallas catastróficas de componentes: Consiste en la reparación de un componente el cual dejó de funcionar en operación por una falla catastrófica (rotura de componente).	Se aplica cuando un determinado componente ya no puede seguir operando porque este sufrió un daño que impide cualquier operación.	
Evaluación y diagnóstico de equipos	Pérdida de Potencia de motor: Consiste en los trabajos realizados por una inadecuada operación de un determinado componente.	Se aplica para el diagnóstico de una determinada falla, cuando un componente deja de funcionar según los parámetros establecidos.	E – Evaluación de camión
	Fallas Eléctricas: Consiste en los problemas eléctricos que impiden que el equipo pueda operar aun este tenga sus componentes mecánicos en buen estado.	Cuando algún componente eléctrico presenta un determinado error, lo que impide el funcionamiento del camión.	EF – Falla eléctrica

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.5. Procesos para el Mantenimiento

- Programación de equipos y repuestos.
- Ingreso de repuestos a talleres.
- Llegada de equipo a talleres.
- Lavado de equipo.
- Ingreso de equipo hacia su bahía designada.
- Ejecución de trabajo programado o no programado.
- Pruebas antes de salida de equipo.
- Traslado de equipo hacia operaciones mina.
- Entrega de equipo a operaciones mina.

#### a. Diagrama de flujo del proceso de mantenimiento.

A continuación presentaremos el diagrama de flujo general de los trabajos de mantenimiento dentro de las instalaciones del taller de camiones. Para visualizar el diagrama de bloques resumido de este proceso ver el anexo 1.

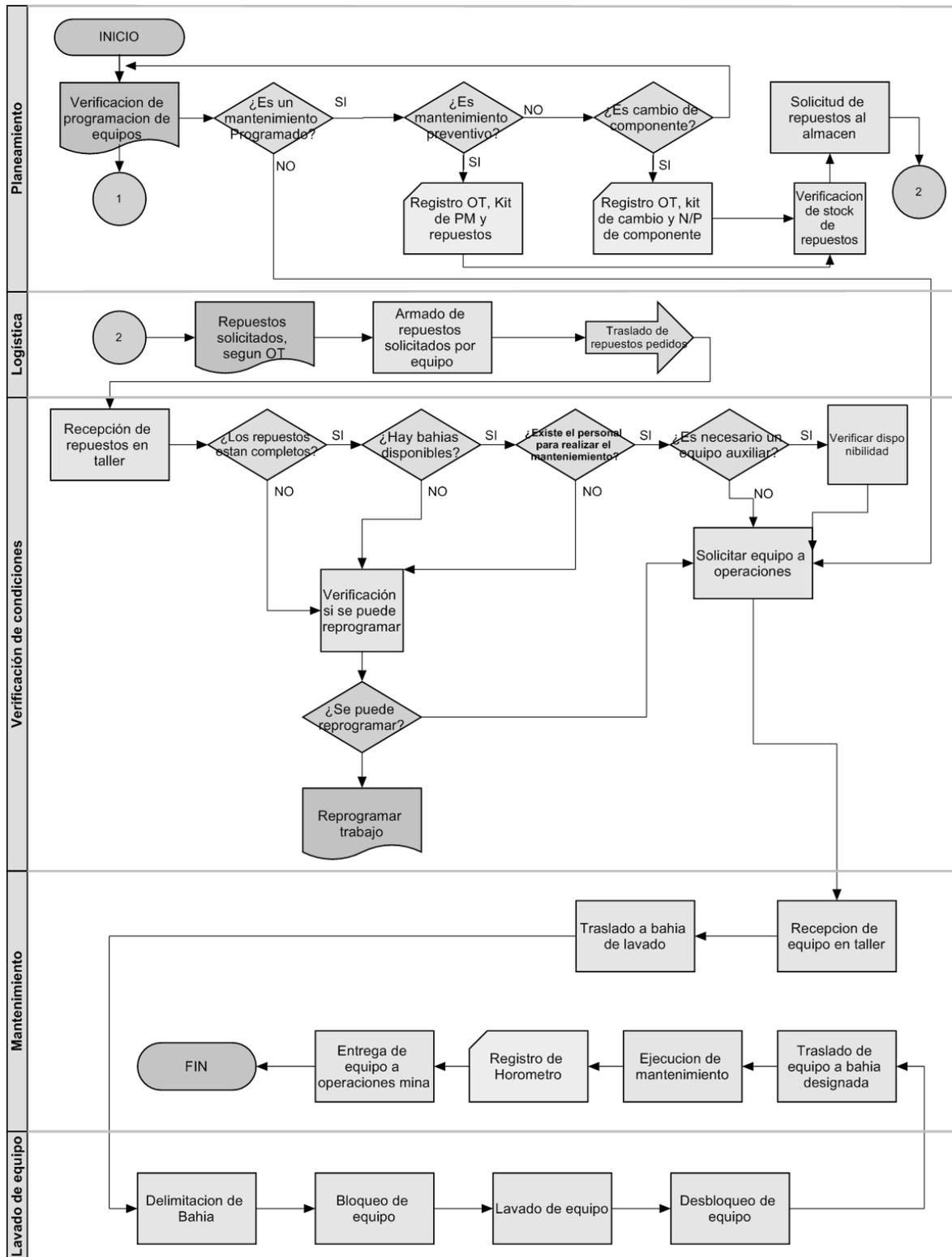


Figura 3.29 – Diagrama de flujo del proceso de atención en talleres  
 Fuente: Elaboración Propia

- **Etapa de planeamiento:**

La etapa de planeamiento comprende la verificación de los camiones que deben ingresar al taller por determinado servicio, ya sea este un mantenimiento preventivo por aceites, filtros y reparaciones menores, o un cambio de componentes mayores. La planeación también comprende la gestión de los recursos, como lo son los repuestos necesarios.

- **Etapa de Logística:**

La etapa de logística comprende la preparación y entrega de los repuestos hacia el taller el día en que se efectúa cualquiera de los servicios de mantenimiento mencionados.

- **Etapa de verificación de condiciones:**

Esta etapa comprende la comprobación de todos los recursos antes de iniciar un trabajo, esta incluye nuevamente los repuestos, el personal, o las herramientas que sean necesarias como equipos auxiliares. De no darse las condiciones necesarias, se procede a una reprogramación o a una espera.

- **Etapa de lavado de equipo:**

Esta etapa consiste en la preparación del equipo cuando ya está en el taller y todas las condiciones están prestas para la realización de los trabajos. Principalmente se desarrolla el lavado del camión y la preparación de la bahía de trabajo.

- **Etapa de mantenimiento:**

Consiste en el desarrollo propio del trabajo de mantenimiento ya sea este de un tipo u otro, esta finaliza con la entrega del equipo nuevamente a sus labores de operación en el traslado de materiales dentro de la mina.

## CAPITULO IV: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA EMPRESA

### 4.1. Servicios del taller de camiones:

Los principales servicios del taller son los mantenimientos programados de la flota de camiones CATERPILLAR 793, debido a que son los trabajos básicos por excelencia en la manutención de maquinaria de este tipo. De estos mantenimientos, se analizará los mantenimientos preventivos por horas y los cambios de componentes por horas, descartándose inicialmente los mantenimientos predictivos, ya que la política de la empresa no está especializada en este tipo de mantenimientos, los cuales en su defecto son realizados de manera inmersa en los dos tipos de mantenimiento mencionados anteriormente.

Tabla 4.1 - Servicios de mantenimientos de la empresa

MANTENIMIENTOS REALIZADOS EN TALLER		
<b>Mantenimientos Programados</b>	<b>Mantenimientos preventivos</b>	Mantenimiento de 250 Horas
		Mantenimiento de 500 Horas
		Mantenimiento de 1000 Horas
		Mantenimiento de 2000 Horas
	<b>Cambios de componentes</b>	Componentes Mayores
		Componentes Menores
	<b>Mantenimientos Predictivos</b>	Monitoreo de aceites
		Evaluación con equipos de ultrasonido

Fuente: Elaboración Propia

#### 4.1.1. Servicios de mantenimiento Preventivo.

Este análisis se desarrollará en la flota de camiones CAT 793 bajo los cuatro tipos de mantenimientos preventivos descritos en la tabla 4.1.

##### a. Análisis en la programación de mantenimientos preventivos.

La programación en los servicios de mantenimiento preventivo, se ejecuta de acuerdo a las horas acumuladas de trabajo efectivo de cada camión. De esta manera un equipo no tendrá las mismas horas que otro, ello debido al tipo de trabajo que desempeña cada camión, así como las paradas no programadas, por fallas no predecibles en los sistemas mecánicos o eléctricos.

### Factores en la acumulación de horas de un camión:

- Horas de trabajo efectivo según asignación del área de operaciones mina.
- Tiempos de receso propias del área de operaciones mina (almuerzos, relevos, cambio de turnos, descansos).
- Paradas por condiciones de vías en operaciones (factores ambientales, obstrucciones de vía).
- Paradas no planificadas por eventos mecánicos y fallas eléctricas.

Entonces se puede resumir de la siguiente manera:

*Horas trabajos preventivos = Horas de trabajo efectivo en operaciones – Horas de parada en operaciones – Horas de paradas no planificadas por mantenimiento.*

Las horas a las cuales el equipo puede llegar son las mencionadas en la tabla 3.2. , donde se puede alcanzar 250 horas, 500 horas, 1000 horas, 2000 horas. Siendo la secuencia de trabajos planificados la siguiente:

Tabla 4.2 – Periodos por mantenimiento preventivo

Hrs.	250 Hrs.	500 Hrs.	750 Hrs.	1000 Hrs.	1250 Hrs.	1500 Hrs.	1750 Hrs.	2000 Hrs.
PM	PM 250	PM 500	PM 250	PM 1000	PM 250	PM 500	PM 250	PM 2000
DEN.	PM 01	PM 02	PM 01	PM 03	PM 01	PM 02	PM 01	PM 04

Fuente: Elaboración Propia

\*DEN.: Denominación abreviada del tipo de mantenimiento preventivo.

Donde el ciclo se reiniciará una vez se llegue a las 2000 horas con un Pm 2000 nuevamente a las 250 horas con un Pm 250. Estos trabajos preventivos como ya se ha mencionado son básicos pero muy relevantes, constan primordialmente de cambio de aceites y filtro de los sistemas del camión y la corrección de fallas de grado medio en componentes mediados y pequeños en el camión. La tasa de programación de estos trabajos ronda desde 12 a 15 días según las horas efectivas mencionadas anteriormente, y este es un factor que se cumple primordialmente aunque sólo se cumpla el cambio de aceites y filtros debido a la importancia que tienen mantenimientos básico como estos.

La tabla 3.3 muestra el desarrollo de los diferentes mantenimientos en tres equipos. En esta tabla puede verse como de acuerdo a las horas independientes de cada equipo, son programados para un determinado tipo de mantenimiento preventivo.

Tabla 4.3 – Programación de mantenimientos preventivos.

PM	CAMIÓN		
	CAT 139	CAT 185	CAT 111
PM 250	01/01/2018		
PM 500	14/01/2018		
PM 250	27/01/2018		05/01/2018
PM 2000	08/02/2018	05/01/2018	17/01/2018
PM 250	23/02/2018	18/01/2018	02/02/2018
PM 500	08/03/2018	03/02/2018	14/02/2018
PM 250	22/03/2018	18/02/2018	26/02/2018
PM 1000	05/04/2018	05/03/2018	11/03/2018
PM 250	19/04/2018	19/03/2018	24/03/2018
PM 500		03/04/2018	07/04/2018
PM 250		16/04/2018	19/04/2018

Fuente: Elaboración Propia

La política de mantenimiento de la compañía indica que estos mantenimientos pueden adelantarse pero nunca atrasarse, ello es contemplado entre los doce y quince días entre trabajos y es respetado aún solo se haga los trabajos más básicos (filtros y aceites).

Por ello se concluye en esta sección que la programación en los servicios de mantenimiento preventivo no presenta mayores problemas, debido a que están sujetos a las políticas de la empresa y a las características propias de estos trabajos.

#### **b. Análisis por cantidad de servicios de mantenimiento preventivo.**

El número de servicios de mantenimiento también está vinculada de acuerdo al número de camiones que ha alcanzado un número de horas efectivas. La cantidad de servicios de mantenimiento no es un valor fijo en consecuencia, aunque este valor si mantienen una tendencia a seguir según el tipo de mantenimiento preventivo. Por tanto en este apartado sólo se mostrará dicha tendencia y la cantidad de los mismos de acuerdo al tipo de mantenimiento desarrollado. Mostrándose de esta manera una cantidad mayor de mantenimientos de 250 Horas debido a que es un mantenimiento intermedio y con mayor índice de aplicación, seguido por los mantenimientos de 500 Horas que es el segundo en su tipo en ser ejecutado con mayor frecuencia por conteo en horas, y finalmente los mantenimientos de 1000 y 2000 horas cuya cantidad oscila entre 20 y 30 equipos, dado que para alcanzar esas horas se

requiere que el camión haya sido puesto en trabajo una cantidad superior de horas en comparación a los otros tipos de mantenimiento preventivo.

- **Factores en la programación de mantenimientos preventivos:**

Horas efectivas alcanzadas por los camiones de la flota.

Criterio conservador del área de planificación (de 12 a 15 días entre PMS).

- **Análisis anual por servicios de mantenimiento preventivo.**

El compendio anual nos muestra los siguientes resultados en el año 2018 evaluando la cantidad de camiones programados:

Tabla 4.4 – Mantenimientos preventivos en el año 2018

PM	N° EQUIPOS ATENDIDOS											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>250 HORAS</b>	110	108	107	109	102	103	104	105	108	110	107	110
<b>500 HORAS</b>	49	50	48	53	50	47	54	46	47	53	45	46
<b>1000 HORAS</b>	24	27	24	23	28	27	20	27	30	23	20	24
<b>2000 HORAS</b>	27	21	29	29	24	27	29	29	20	23	23	28
<b>TOTALES</b>	<b>210</b>	<b>206</b>	<b>208</b>	<b>214</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>207</b>	<b>207</b>	<b>205</b>	<b>209</b>	<b>195</b>	<b>208</b>

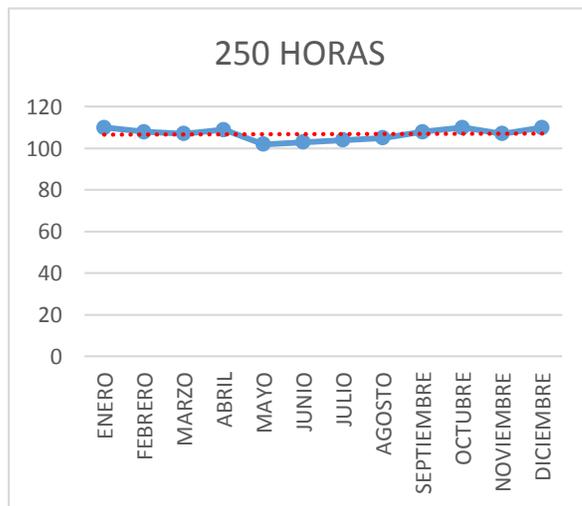


Figura 4.1 – Servicios de 250 Horas anual

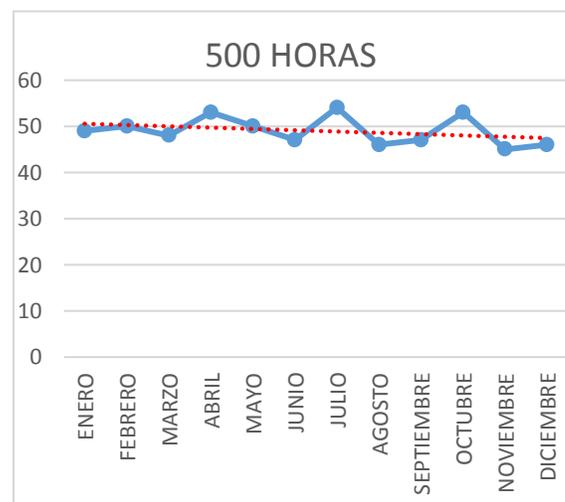


Figura 4.2 – Servicios de 500 Horas

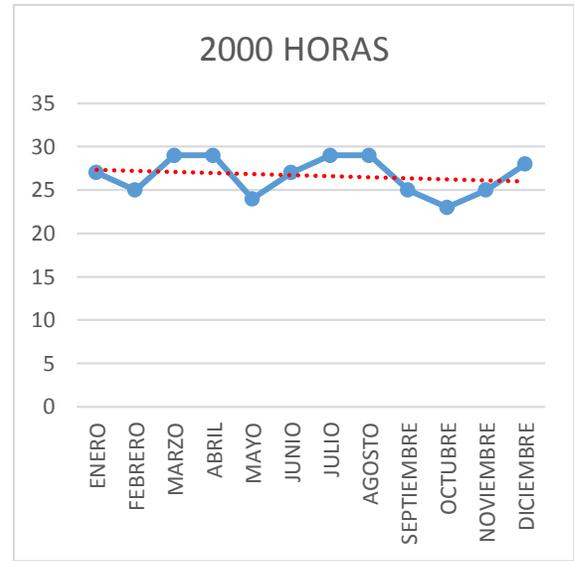
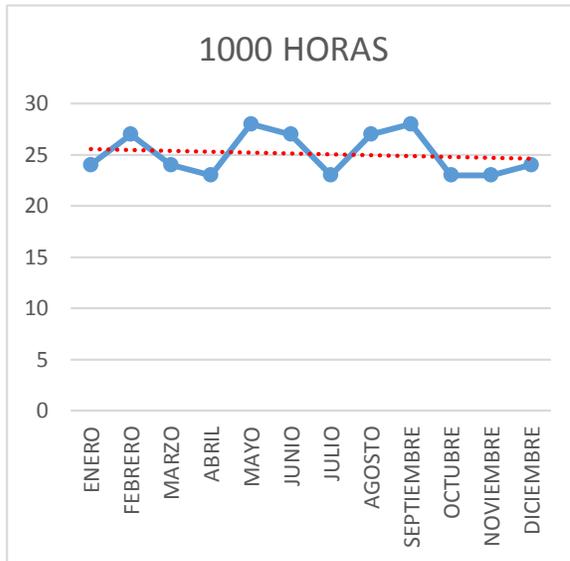


Figura 4.3 – Servicios de 1000 Horas anual

Figura 4.4 – Servicios de 2000 Horas

Para ver las tablas de tiempo analizado por meses, así como los camiones específicos a los cuales se desarrolló cada trabajo dirigirse al Anexo 4.

Se puede apreciar que los servicios de 250 horas en el año mantienen una tendencia lineal, la cual como ya se ha explicado, presenta algunas variaciones propias del alcance en horas de cada camión en específico así como el propio criterio de planificación según requerimiento de cada mes. Dicha tendencia se mantiene en los mantenimientos de 500, 1000 y 2000 horas. Sin embargo la variación y la aparición de picos es más notoria en las gráficas de 1000 y 2000 horas, aunque esta variación solo fluctuó entre 10 camiones y se mantenga en un promedio de 25. Como ya se ha mencionado los mantenimientos de 1000 y 2000 horas son de menor cantidad en comparación a los mantenimientos de 250 y 500 horas es por ello que existen meses donde el acumulado de mantenimientos de los mantenimientos 1000 y 2000 es superior al de otros meses por el mismo acumulado de camiones que han llegado a estas horas. No obstante la planificación de estos trabajos mantiene su tendencia anual y como ya se ha mencionado la política de la empresa asegura su cumplimiento.

**•Relación de la capacidad del taller con la cantidad de mantenimientos preventivos.**

Para determinar la disponibilidad de atención de taller respecto al número de servicios preventivos programados, se parte de la base de contar con 4 bahías para la atención de los mantenimientos, 2 internas y dos externas; sin embargo no contamos 2 bahías adicionales, 1

interna y otra externa, las cuales serán usadas de acuerdo al requerimiento o bien se omitirá el uso de una bahía externa por una interna, las cuales están mejores implementadas y con mayores facilidades a los recursos.

Por otro lado se tienen dos turnos de trabajo, donde el uso de las bahías será por turno según la premisa de que cada turno es de 12 horas y podemos hacer uso de las bahías dos veces cada día (24 Horas).

Tabla 4.5 – Disponibilidad de bahías por mes

<b>DISPONIBILIDAD DE BAHÍAS POR MES</b>				
<b>BAHIAS</b>	<b>TURNO A</b>	<b>TURNO B</b>	<b>DIAS</b>	<b>DISPONIBILIDAD</b>
	4	4	30	240 camiones

Fuente: Elaboración propia

Con ello se puede decir que mensualmente podemos atender hasta 240 camiones en doble turno cada día. Ahora si procedemos a comparar este valor con el número total de camiones atendidos en el periodo 2018, vemos que estos valores oscilan desde un mínimo de 195 a un máximo de 214 camiones atendidos, siendo esta cantidad inferior al máximo de capacidad del taller 240.

Tabla 4.6 – Disponibilidad de bahías por mes

<b>PM</b>	<b>ENERO</b>	<b>FEBRERO</b>	<b>MARZO</b>	<b>ABRIL</b>	<b>MAYO</b>	<b>JUNIO</b>	<b>JULIO</b>	<b>AGOSTO</b>	<b>SEPTIEMBR</b>	<b>OCTUBRE</b>	<b>NOVIEMBRE</b>	<b>DICIEMBRE</b>
<b>TOTALES</b>	<b>210</b>	<b>206</b>	<b>208</b>	<b>214</b>	<b>204</b>	<b>204</b>	<b>207</b>	<b>207</b>	<b>205</b>	<b>209</b>	<b>195</b>	<b>208</b>

Fuente: Elaboración propia

### c. Análisis del tiempo de servicio de mantenimiento preventivo.

Los tiempos de servicio por mantenimiento preventivo por ser un tipo de mantenimiento básico pero fundamental tienen las siguientes características, las cuales vienen de las políticas de mantenimiento de la empresa. Donde:

Tabla 4.7 – Tiempos estandarizados de mantenimiento preventivo

<b>Mantenimientos Preventivos (PM)</b>	<b>TIEMPOS PROGRAMADOS (HRS.)</b>
<b>250 HORAS</b>	4.50
<b>500 HORAS</b>	12.50
<b>1000 HORAS</b>	12.50
<b>2000 HORAS</b>	12.50

Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado, los turnos de trabajo son de 12 horas, y en cada turno las bahías de taller deben proveer la atención de estos mantenimientos. Es por ello que la programación de los diferentes tipos de mantenimiento preventivo cuenta con un determinado tiempo de trabajo. Adicional a ello se tiene un tiempo por lavado de 30 minutos el cual se efectúa en un turno anterior al programado, ello con la finalidad de que el camión ya se encuentre lavado para el inicio del siguiente turno.

A continuación se presenta la duración de los mantenimientos preventivos en el periodo 2018:

Tabla 4.8 – Tiempos de servicio de mantenimiento preventivo programado.

PM	DURACION DE ATENCIÓN (HORAS)											
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
<b>250 HORAS</b>	4.76	4.27	4.48	4.16	4.12	4.11	4.02	4.39	4.38	4.36	4.37	4.38
<b>500 HORAS</b>	11.27	10.45	10.42	10.72	11.77	10.94	11.62	11.20	12.09	12.75	11.33	11.47
<b>1000 HORAS</b>	12.40	12.41	12.22	11.56	11.27	11.01	11.13	11.56	12.51	12.55	11.88	12.75
<b>2000 HORAS</b>	12.83	12.56	12.59	12.33	11.37	12.21	11.55	12.38	12.36	12.45	12.73	12.49

Fuente: Elaboración propia

Para ver las gráficas comparativas de los diferentes tipos de mantenimientos preventivos en el periodo 2018 ver anexo 5.

De este apartado concluimos con que los tiempos de servicio de mantenimiento programado se cumplen según sus estándares hasta en un 94.5%, siendo este un valor más que aceptable para la compañía.

Los trabajos de mantenimiento preventivo por tanto, mantienen las siguientes características dentro de la empresa en el momento del análisis del presente trabajo:

- La Programación de trabajos programados se cumple por políticas internas de la empresa como una prioridad, dependiendo finalmente de las horas efectivas de trabajo, no siendo esta menor a 12 días, ni mayor a 15 días de trabajo independientemente de su condición.

- El número de servicios programados se desarrolla de acuerdo a una tendencia lineal en el año, no superando la capacidad de las bahías de taller.

- Y finalmente las horas programadas por trabajo no superan el tiempo estandarizado, siendo cumplidas en un 94.5%.

#### **4.1.2. Servicio de cambio de componentes.**

El análisis de los servicios por cambio de componentes se centra en los componentes mayores del camión, no teniendo en cuenta a los componentes menores debido a que por sus dimensiones y procedimientos de trabajo son atendidos en los mantenimientos preventivos de 500, 1000 y 2000 horas.

##### **a. Tasas de cumplimiento de cambio de componentes mayores.**

Los servicios por trabajos de cambio de componentes mayores engloba los componentes mencionados en la tabla 3.6, según la data analizada, todos los componentes mayores sufren reprogramaciones de su fecha planificada, ello por diferentes factores:

- **Factores en el cumplimiento de la programación:**

El taller no cuenta con la disposición de bahías para trabajos de cambio de componente.

No se tiene el personal necesario o capacitado para la atención de los trabajos.

Existen recursos insuficientes para el desarrollo de los servicios por cambio de componentes (equipos y herramientas).

Los métodos de trabajo son inadecuados.

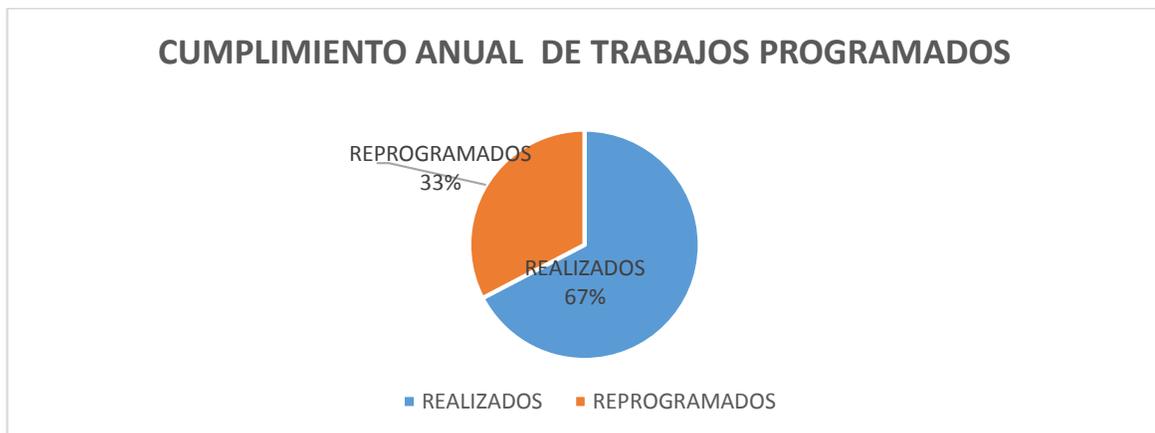
A continuación se muestra los resultados por componentes según el cumplimiento de sus fechas de programación, nótese las diferencias y similitudes entre los componente. Sin embargo las tasas de cumplimiento no alcanzan los requerimientos de la empresa.

Tabla 4.9 – Cantidad de trabajos realizados vs. Reprogramados. 2018

COMPONENTE	REALIZADOS	REPROGRAMADOS
AFRAME	18	18
CICLINDRO SUSP DEL LH	26	16
CICLINDRO SUSP DEL RH	21	19
CILINDRO LEVANTE LH	27	15
CILINDRO LEVANTE RH	26	16
CILINDRO SUSP POST LH	12	10
CILINDRO SUSP POST RH	19	9
CONVERTIDOR	25	18
DIFERENCIAL	40	29
MANDO FINAL LH	29	21
MANDO FINAL RH	32	25
MOTOR	29	8
RADIADOR	35	14
RUEDA DELANTERA LH	34	18
RUEDA DELANTERA RH	28	16
TOLVA	22	26
TRANSMISIÓN	34	24
<b>TOTAL</b>	<b>500</b>	<b>310</b>

\*Para ver los trabajos realizados vs. Reprogramados por mes, dirijase al anexo 5.

Juntando todos los componentes mayores de nuestro análisis, obtenemos un total de 67% de tasa en el cumplimiento de trabajos realizados en sus fechas programadas. No obstante las tasas de cumplimiento son valores inferiores a los establecidos por la empresa 75% de cumplimiento.



- **Factores de reprogramación según componente:**

Criticidad del componente

Complejidad del trabajo

A continuación se muestra una gráfica donde se identifica la tasa de cumplimiento de los diferentes componentes mayores, como se puede apreciar, la mayoría de componentes no ha logrado superar la tasa de cumplimiento de la empresa, el cual es un valor de un 75 % como mínimo.

Tabla 4.10 – Cumplimiento de componentes.

COMPONENTE	%C
MOTOR	81%
RADIADOR	76%
MANDO FINAL LH	71%
RUEDA DELANTERA LH	71%
MANDO FINAL RH	70%
CONVERTIDOR	70%
RUEDA DELANTERA RH	70%
CIL. SUSP. DEL. LH	69%
CIL. LEVANTE RH	69%
CIL. SUSP DEL RH	67%
CIL. SUSP POST RH	66%
CIL. SUSP POST LH	65%
CILINDRO LEVANTE LH	64%
TRANSMISIÓN	59%
DIFERENCIAL	58%
TOLVA	54%
AFRAME	50%



Figura 4.5 – Cumplimiento anual de cambio de componentes

La reprogramación de los cambios de componentes, ya demuestra un problema en los métodos de trabajo dentro de los servicios de cambio de componentes, sin embargo, es necesario ver que esta reprogramación es parte de una consecuencia antes que de una causa. Siendo esta última originada en los tiempos de tiempo de servicio de cambio de componentes.

En este apartado concluimos que tenemos trabajos que no se realizan en sus fechas programadas, como se puede ver en el anexo 4, las fechas postergadas van desde un día hasta una semana inclusive.

## b. Tiempos de servicio de cambio de componentes.

Los servicios de cambio de componente a diferencia de los mantenimientos preventivos, no concluyen necesariamente en un turno de trabajo, estos pueden concentrar más de un turno según el tipo de componente. No obstante se tienen tiempos estandarizados de igual manera, pero son diversos factores los que influyen en el tiempo final real.

Los tiempos de servicio por mantenimiento de cambio de componentes tienen las siguientes características, las cuales vienen de las políticas de mantenimiento de la empresa.

Donde:

Tabla 4.11 – Tiempos estandarizados de cambio de componentes.

Componente	Horas planificadas
AFRAME	120
CICLINDRO SUSP DEL RH	18
CICLINDRO SUSP DEL LH	18
CILINDRO LEVANTE RH	16
CILINDRO LEVANTE LH	16
CONVERTIDOR	12
DIFERENCIAL	16
MANDO FINAL RH	12
MANDO FINAL LH	12
MOTOR	60
RADIADOR	12
RUEDA DELANTERA RH	14
RUEDA DELANTERA LH	14
TOLVA	48
TRANSMISIÓN	12
CILINDRO SUSP POST RH	18
CILINDRO SUSP POST LH	18

Fuente: Elaboración Propia

### • Factores que influyen en las horas de servicio de un cambio de componente

Productividad del personal

Disposición de recursos (herramientas y equipos)

Disposición del componente de recambio

### • Horas mensuales excedidas por cambio de componentes

La siguiente tabla nos muestra en resumen los tiempos programados por cambio de componentes en el periodo 2018. En la parte derecha vemos horas excedidas en todos los meses, siendo este un indicador de problemas en el desarrollo de este servicio.

Tabla 4.12 – Resumen de cambio de componentes

	Hrs Programadas	Hrs Reales	Hrs Excedidas
<b>Enero</b>	1724	1889.6	165.6
<b>Febrero</b>	1070	1177	106.5
<b>Marzo</b>	1912	1981	68.5
<b>Abril</b>	1518	1596	77.9
<b>Mayo</b>	1422	1457	35
<b>Junio</b>	1288	1237	-50.6
<b>Julio</b>	1806	1985	178.75
<b>Agosto</b>	1754	1862	108
<b>Septiembre</b>	1714	1814	100
<b>Octubre</b>	1562	1634	71.9
<b>Noviembre</b>	1566	1676	110
<b>Diciembre</b>	1414	1574.1	160.1

La siguiente gráfica muestra con mayor esclarecimiento las horas expedidas de acuerdo a los valores programados para cada trabajo. La mayoría de los meses muestran esta tendencia, donde existen las horas excedentes a las programadas, ello se debe a que por servicios de cambio se está teniendo horas adicionales en la reparación de uno o casi todos los componentes.

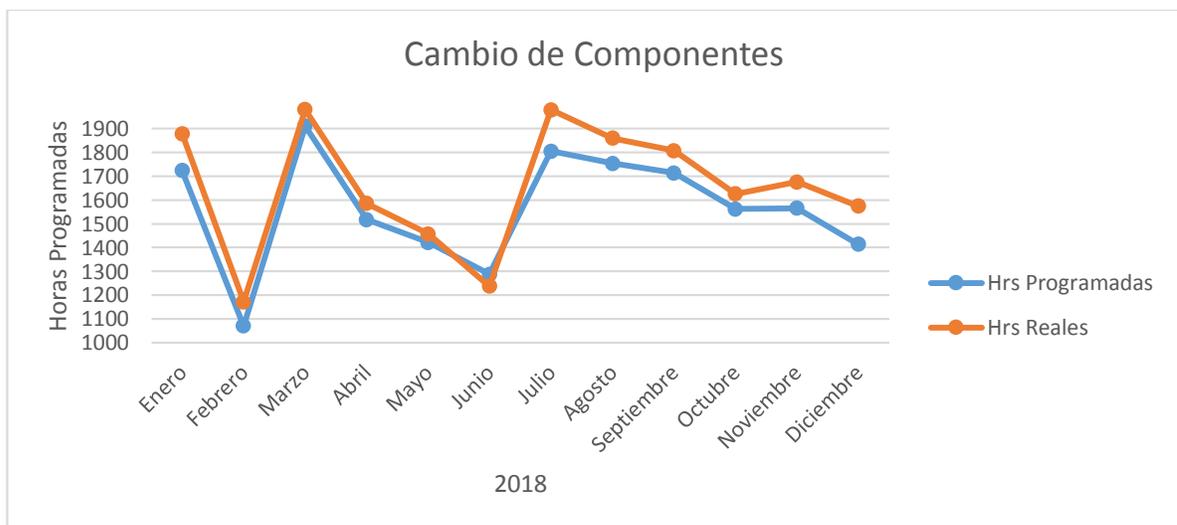


Figura 4.6 - Cambio de componentes periodo 2018

- **Horas anuales excedidas por componentes.**

Las horas excedidas dentro de cada servicio de cambio de componente, representa horas no programadas, lo que se traduce en cambios en la planificación de estos servicios.

Ello se evidencia en las tasas de cumplimiento de cambio de componentes antes mencionada. Para ver el compendio general ver anexo 5.

Tabla 4.13 – Horas excedidas en servicios de cambio de Componentes.

COMPONENTE	Hrs. EXEDENTE
TRANSMISIÓN	115
DIFERENCIAL	109
MANDO FINAL LH	93
AFRAME	90
MANDO FINAL RH	85
SUSP DEL LH	83
RUEDA DELANTERA LH	69
TOLVA	64
RUEDA DELANTERA RH	64
SUSP. DEL RH	56
CIL.LEVANTE RH	38
SUSP. POST RH	31
MOTOR	25
CONVERTIDOR	24
RADIADOR	21
CILINDRO LEVANTE LH	13
SUSP. POST LH	4

La tabla 4.13 nos muestra en orden de mayor a menor los componentes que han registrado mayores horas en exceso durante el periodo 2018, siendo esta la transmisión con 115 horas, la tolva con 110 horas, el diferencial con 109 horas. Por debajo tenemos componentes como el motor, el convertidor y el radiador, que por estar interrelacionados entre sí, muestran tiempos de retraso parecidos; es importante mencionar que son muchos los factores que implican las horas de exceso, en este caso la prioridad reduce estos tiempos. Finalmente los cilindros de suspensión posterior, son los únicos que muestran valores menores, aunque aún sobre su límite.



Figura 4.7 – Horas excedidas por cambio e componentes

## 4.2. Priorización y análisis de problemas.

El previo análisis desarrollado en el trabajo, nos muestra una comparativa entre los principales servicios de mantenimiento, donde por un lado los servicios de mantenimiento preventivo, representados como mantenimientos básicos, cumplen con los requerimientos de la empresa, mientras que los servicios por cambio de componentes registran incumplimiento en la programación, así como horas excedentes en sus trabajos de mantenimiento.

Tabla 4.14 – Comparación de los principales servicios de taller

SERVICIOS DE MANTENIMIENTOS PREVENTIVOS	SERVICIO DE MANTENIMIENTO POR CAMBIO DE COMPONENTES
La Programación de trabajos programados se cumple por políticas internas de la empresa como una prioridad, dependiendo finalmente de las horas efectivas de trabajo, no siendo esta menor a 12 días, ni mayor a 15 días de trabajo independientemente de su condición.	La programación de trabajos por cambio de componentes sólo alcanza un cumplimiento en su programación de un 62% en promedio siendo este un indicador bajo el estándar de 75%. Además esta programación es independiente por cada tipo de componente así como el monitoreo propio de su condición (no planificados)
El número de servicios programados se desarrolla de acuerdo a una tendencia lineal en el año, no superando la capacidad de las bahías de taller.	En el número de servicios de cambio de componentes se identifica a ciertos componentes con un mayor índice de rotación, ello por características propias de cada componente.
Las horas programadas por trabajo no superan el tiempo estandarizado, siendo cumplidas en un 94.5%.	Los tiempos de mantenimiento muestran una clara tendencia, donde las horas programadas no se han cumplido en todo el periodo 2018.

Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, tenemos problemas en los servicios de cambio de componentes, donde la mayor preocupación son las bajas tasas de cumplimiento en las programaciones del año 2018 producto de tiempos elevados en las reparaciones por componente. La oportunidad que se nos presenta es realizar un análisis sobre los problemas que existen en este tipo de servicios, y así lograr una ventaja que se traduzca en rentabilidad a la empresa. Para ello es indispensable enfocarnos en los componentes que brinden la más alta influencia en los resultados finales.

#### 4.2.1. Árbol del problema en los servicios de mantenimiento por cambio de componentes

La siguiente gráfica nos muestra las conclusiones iniciales del estudio de los servicios del taller de camiones, identificándose el problema, las posibles causas y las consecuencias a esta.

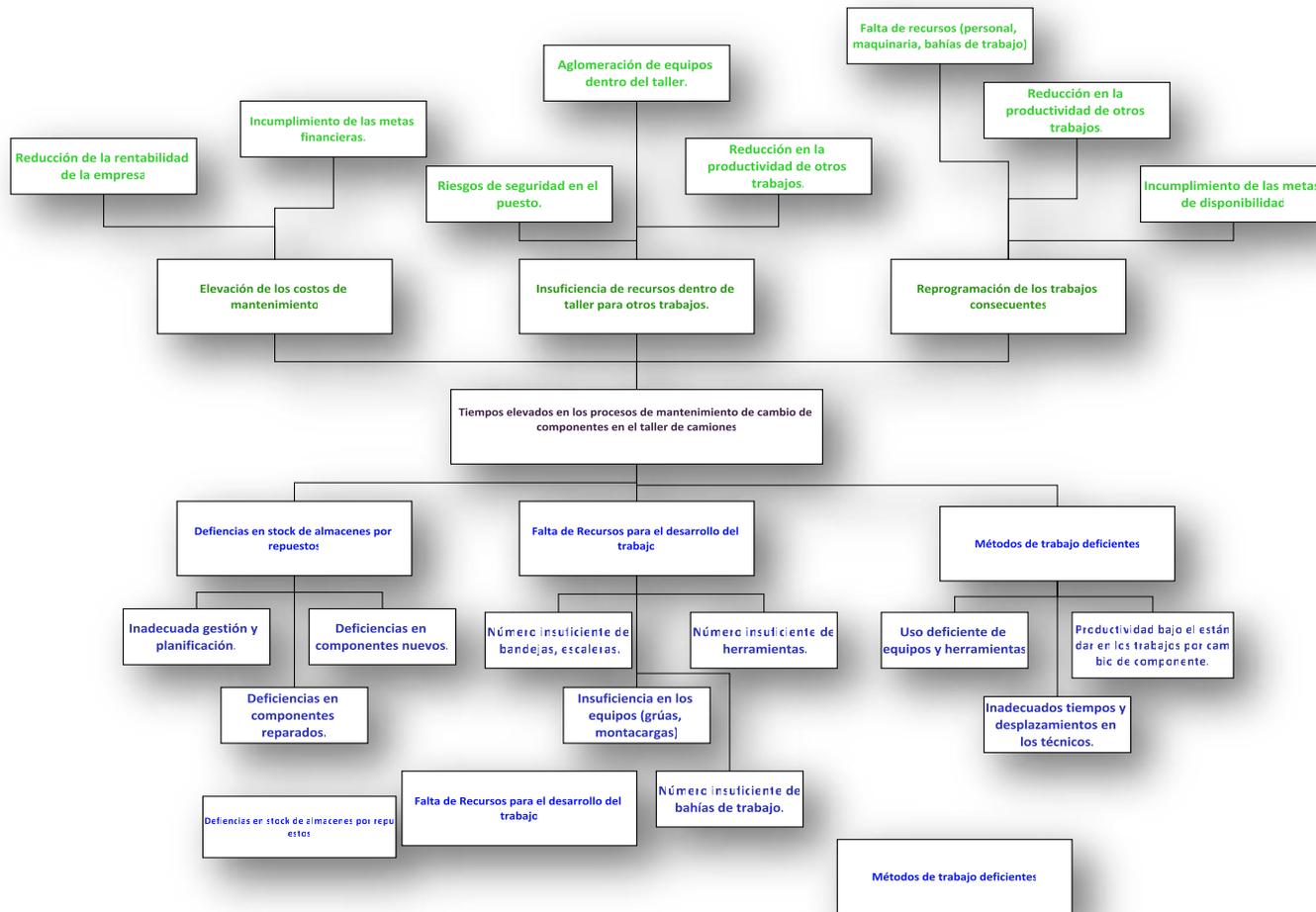


Figura 4.8 – Árbol de problemas por servicio de cambio de componentes

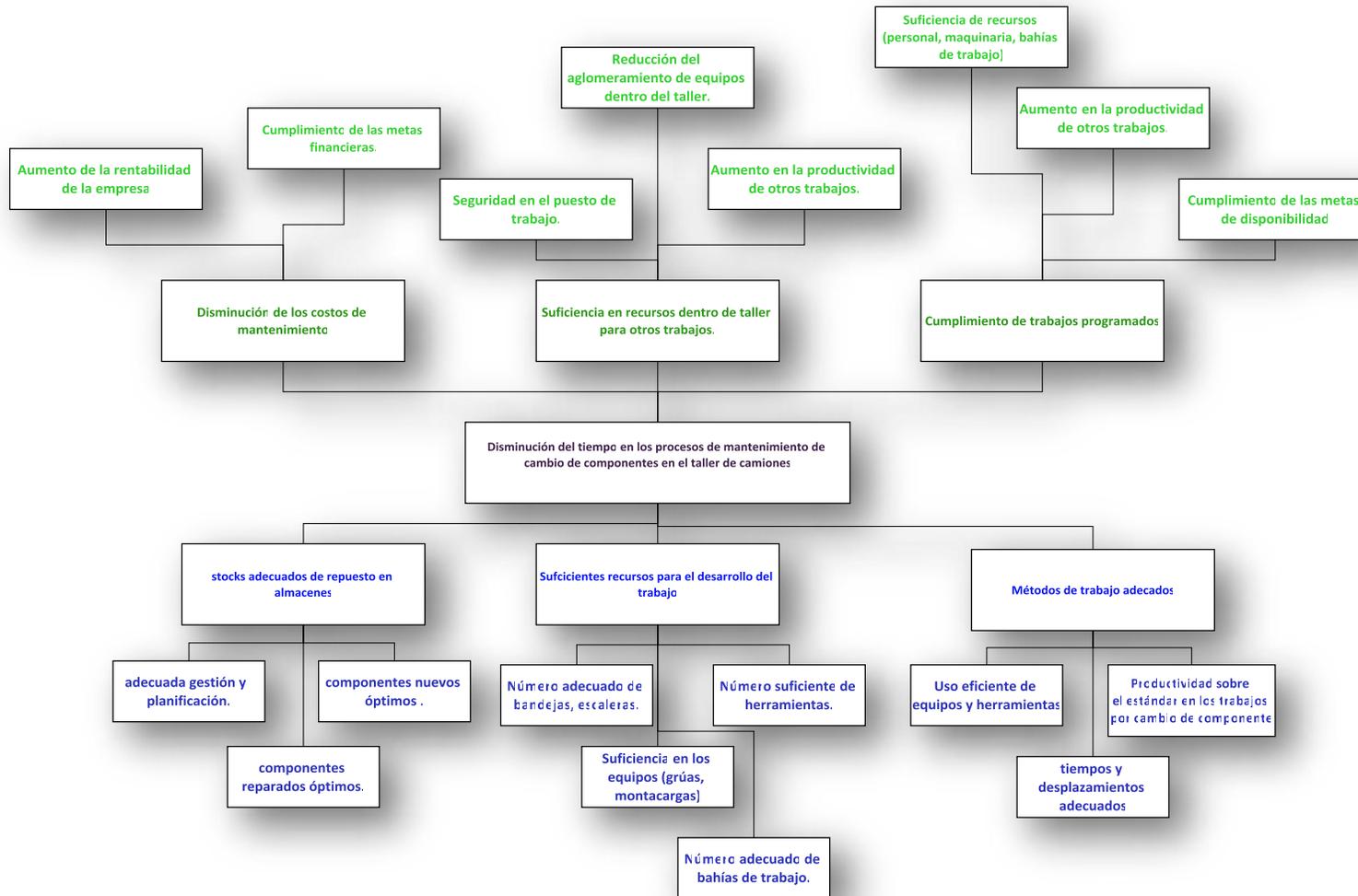


Figura 4.9 - Árbol de objetivos por servicio de cambio de componentes

### 4.3. Elección de los componentes a trabajar.

#### 4.3.1. Cantidad de servicios de cambio de componentes mayores.

Nuestro análisis procede con la definición de la cantidad de cambios por componentes, como ya se ha visto, se tiene un problema en la reprogramación de trabajos. Por ello es que se evaluará el nivel de rotación de cambios de estos componentes.

#### Factores que influyen en el índice de rotación de componentes mayores

- Modo de operación de los componentes.
- Horas de trabajo de cada componente según fabricante.
- Fallas no planificadas de los componentes.

#### a. Análisis anual por cantidad de servicios.

El análisis anual del número de cambio de componentes según la data analizada, se referencia en las figuras 3.9 y 3.10, donde por un lado se tienen los trabajos que se programaron y por el otro trabajos no programados. Ambos muestran componentes con alto requerimiento de rotación, sin embargo comparten ciertas inclinaciones frente a determinados componentes

Tabla 4.15 - Cantidad de componentes programados para su cambio

COMPONENTE	TOTAL
DIFERENCIAL	69
MANDO FINAL RH	58
TRANSMISIÓN	55
RUEDA DELANTERA LH	50
MANDO FINAL LH	49
RADIADOR	49
TOLVA	47
CILINDRO LEVANTE LH	45
RUEDA DELANTERA RH	43
CILINDRO LEVANTE RH	42
CONVERTIDOR	42
SUSPENSIÓN DEL LH	41
MANDO DE BOMBAS	39
SUSPENSIÓN DEL. RH	37
MOTOR	37
AFRAME	33
SUSPENSIÓN POST RH	29
SUSPENSIÓN POST LH	21
BARRAS DIRECCION RH	18
BARRAS DIRECCION LH	17

En la siguiente gráfica tenemos el compendio general del año de servicios por cambio de componentes, la tendencia final que obtenemos se ve reflejada en los componentes de mayor rotación.

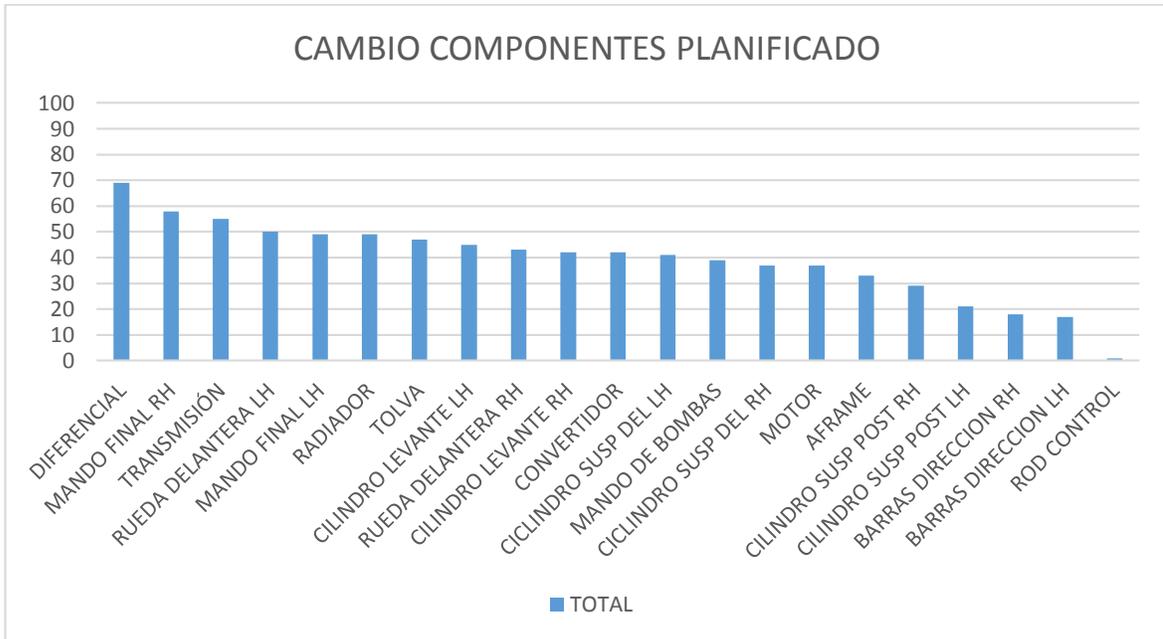


Figura 4.10 - Cambio de componentes programados anual.

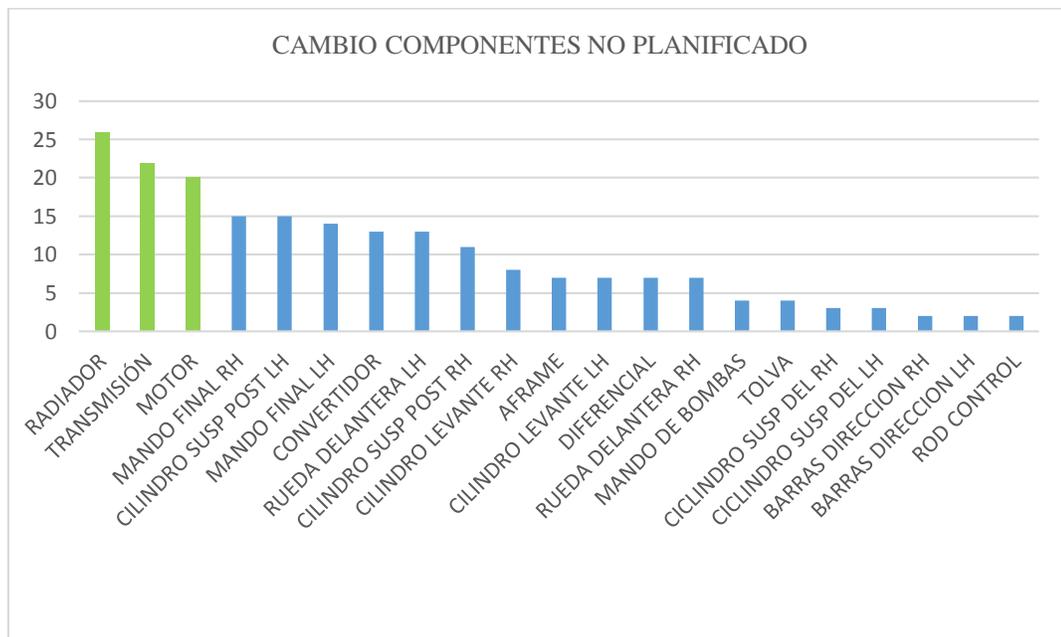


Figura 4.11 - Cambio de componentes no programados anual.



Figura 4.12 - Cambio de componentes programados y no programados

**b. Resultados del Análisis anual por cantidad de servicios.**

De acuerdo a este previo análisis podemos identificar los cinco componentes con mayor número de cambios dentro del taller en cuestión:

Tabla 4.16 – Resumen de cambio de componentes

Cambios Programados	
Diferencial	69 cambios programados
Mando final	58 cambios programados
Transmisión	65 cambios programados
Cambios No Programados	
Radiador	26 cambios no programados
Transmisión	22 cambios no programados
Motor	20 cambios no programados
Cambios Programados y no Programados	
Transmisión	77 cambios totales
Diferencial	76 cambios totales
Radiador	75 cambios totales

Fuente: Elaboración propia

Finalmente los componentes en cuestión por su alto índice de rotación vienen a ser la transmisión, diferencial y el radiador.

### c. Tiempos de parada por cambio de componentes.

El alto índice de rotación de ciertos componentes, tiene que ver directamente con cuantas veces se programa para su cambio, así mismo tiene que ver los componentes que fallaron con mayor número de oportunidades en el periodo 2018. Ahora es necesario mostrar que estos componentes que han sufrido mayor rotación en el año tienen relación directa con el tiempo de parada que sufrieron en taller.

- **Análisis anual de tiempo de parada por cambio de componentes.**

El acumulado general del periodo 2018 nos arroja los siguientes valores. La tabla 3.17 nos muestra el tiempo total de los equipos dentro del taller en el periodo 2018 por determinado cambio de componente. De esta manera se puede identificar claramente que estos valores distan mucho unos de otros.

Tabla 4.17 – Horas de parada por cambio de componentes año 2018.

COMPONENTE	HORAS OCUPACIÓN
AFRAME	4800
CILINDRO SUSP DEL RH	720
CILINDRO SUSP DEL LH	792
CILINDRO LEVANTE RH	800
CILINDRO LEVANTE LH	832
CONVERTIDOR	660
DIFERENCIAL	1216
MANDO FINAL RH	876
MANDO FINAL LH	756
MOTOR	3420
RADIADOR	1350
RUEDA DELANTERA RH	700
RUEDA DELANTERA LH	882
TOLVA	2448
TRANSMISIÓN	924
CILINDRO SUSP POST RH	720
CILINDRO SUSP POST LH	648

Fuente: Elaboración propia

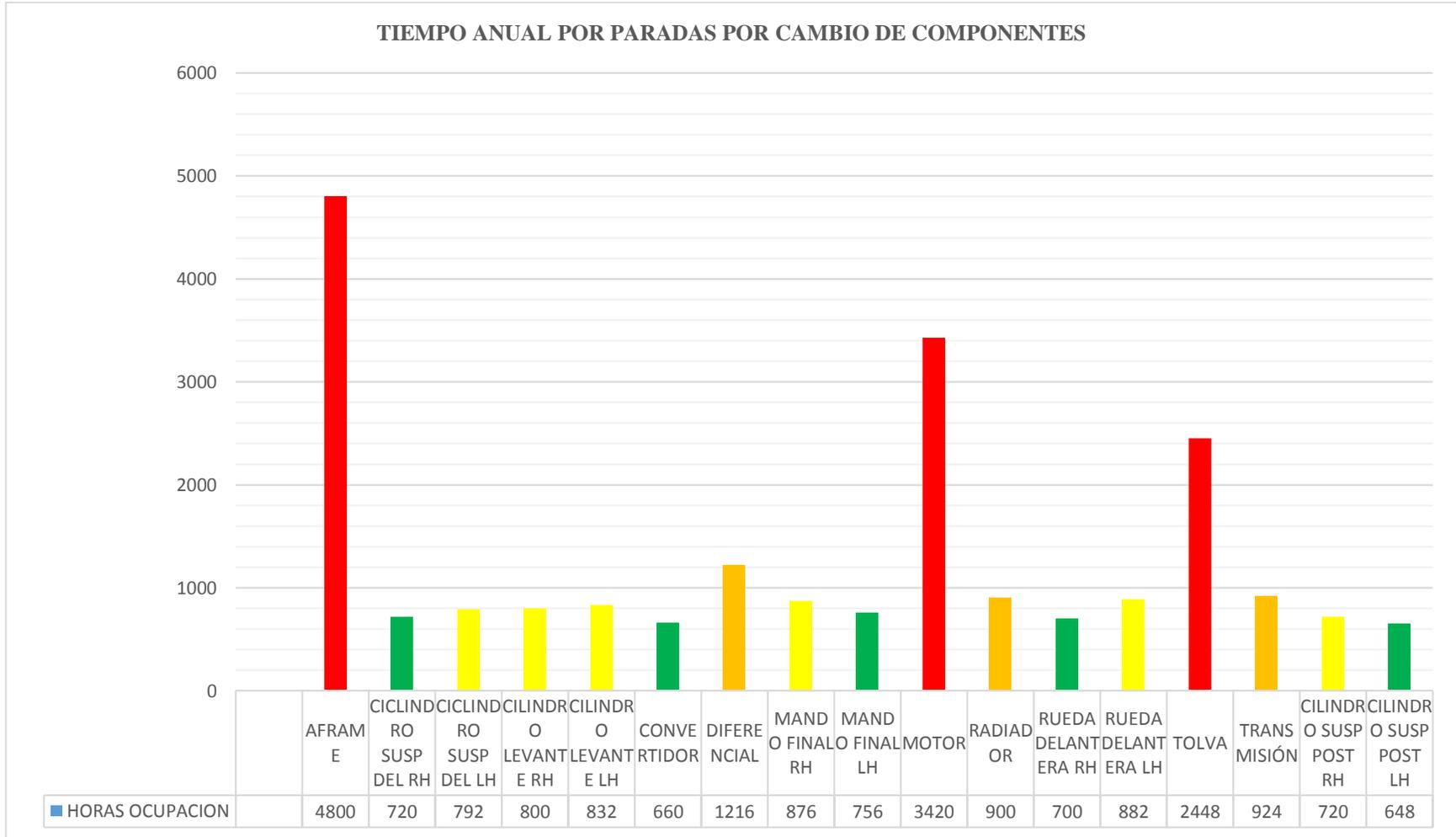


Figura 4.13 - Horas de parada anual 2018 por componente  
Fuente: Elaboración propia

La grafica anterior nos muestra que las horas de parada es diferente por cada componente, y ello parte desde las horas planificadas para cada componente; no es lo mismo cambiar un motor que cambiar un convertidor de par.

#### 4.3.2. Resultados del Análisis anual

Bajo este análisis vemos tres componentes como los mayores en presencia dentro de taller, o por decirlo de otra forma, son los componentes cuyas horas de trabajo por el número de cambios, dan como resultado mayor tiempo.

Tabla 4.18 – Análisis por cantidad de servicios.

Componente	Horas ocupación	Descripción
Aframe	La reparación de aframe comprende un tiempo total de uso de bahía de 4800 horas programadas.	Estas horas se justifican por la complejidad del trabajo, el cual está conformado de una serie de procedimientos que hacen que dicho trabajo tome tales tiempos.
Motor	El cambio de motor comprende un tiempo total de uso de bahía de 3420 horas programadas.	Estas horas también se justifican por la complejidad del trabajo, el cual está conformado de una serie de procedimientos críticos que hacen que dicho trabajo tome tales tiempos.
Tolva	El cambio de tolva comprende un tiempo total de uso de bahía de 2448 horas programadas.	Estas horas también se justifican por la complejidad del trabajo, el cual está conformado de una serie de procedimientos de alto riesgo que hacen que dicho trabajo tome tales tiempos.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.19 – Comparación criterios entre componentes.

Componente	N° de cambios	Tiempos excedentes	Cumplimiento	Criticidad
Aframe	40 trabajos	90 Horas anuales	50%	baja
Motor	57 cambios	25 Horas anuales	81%	alta
Tolva	51 cambios	64 Horas anuales	54%	baja

Fuente: Elaboración propia

Se debe volver a mencionar que los trabajos relacionados al aframe, involucran la participación del área de soldadura en un 50%, es por ello que no podemos ahondar más en la mejora de este proceso complejo, ya que las demoras en general dependen directamente de esta área. Por otro lado tenemos los componentes de color naranja:

Tabla 4.20 – Análisis por cantidad de servicios

Componente	Horas ocupación	Descripción
Diferencial	El cambio de diferencial comprende un tiempo total de uso de bahía de 1216 horas programadas.	Las horas de cambio de diferencial son relevantes en los servicios de cambio de componentes por su alto índice de cambio, sumado a ello el grado de criticidad en el funcionamiento del camión.
Transmisión	El cambio de transmisión comprende un tiempo total de	Las horas de cambio de transmisión son relevantes en los servicios de cambio de componentes por su alto índice de cambio,

	uso de bahía de 924 horas programadas.	sumado a ello el grado de criticidad en el funcionamiento del camión.
Radiador	El cambio de radiador comprende un tiempo total de uso de bahía de 1350 horas programadas.	Estas horas se justifican por la relación directa que posee este trabajo con el cambio de motor, donde un cambio involucra al otro.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4.21 - Comparación de criterios entre componentes.

Componente	N° de cambios	Tiempos excedente	Cumplimiento	Criticidad
Diferencial	76 cambios	109 Horas anuales	58%	alta
Transmisión	77 cambios	115 Horas anuales	59%	alta
Radiador	75 Cambios	21 Horas anuales	76%	media

Fuente: Elaboración propia

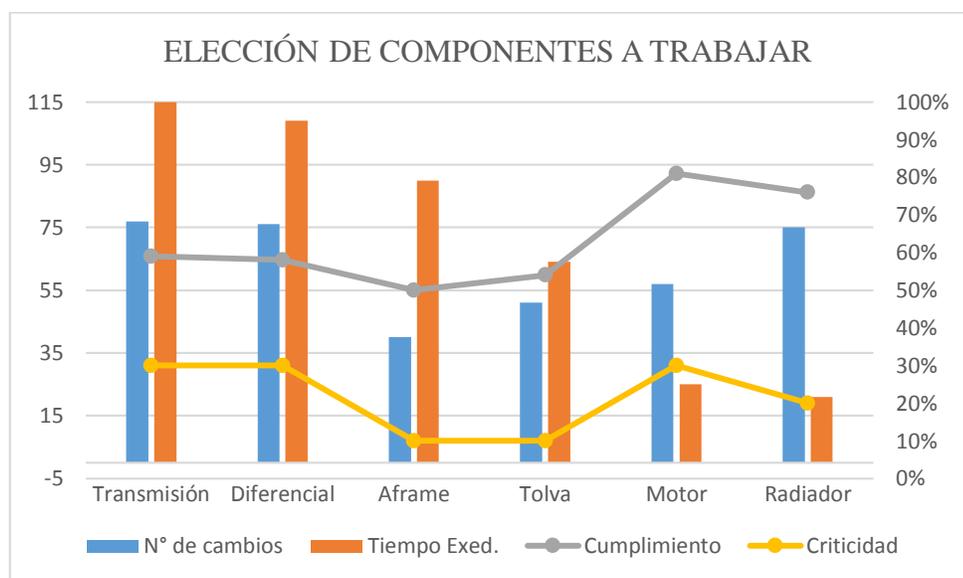


Figura 4.14 – Factores en la elección del componente a estudiar

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se concluye que los componentes a analizar para la mejora de sus proceso y una consecuente mejora en la rentabilidad del proceso serán los trabajos de cambio de componentes de la transmisión y diferencial por presentar un alto índice de rotación, que provoca un alto uso de las bahías de trabajo, sumado a su deficiente tasa de cumplimiento en su programación y aunada a una criticidad mecánica que los vuelve los componentes necesarios para obtener mejoras en el proceso general una vez realizado el análisis correspondiente.

#### **4.4. Evaluación de tiempos en los cambios de componentes seleccionados.**

##### **4.4.1. Selección del trabajo.**

Los trabajos seleccionados para la medición de tiempos serán los mantenimientos correctivos programados de cambio de Transmisión y cambio de Diferencial, los cuales como se vio en capítulos anteriores son los que se cambiaron en mayor cantidad y sobre todo son los mantenimientos con más demoras respecto a lo programado por planeamiento.

##### **4.4.2. Seleccionar un operario calificado.**

Los técnicos calificados seleccionados para las mediciones fueron grupos de 4 personas, los cuales fueron designados por la supervisión del área. Los mantenimientos de cambio de Transmisión y cambio de Diferencial, se realiza por grupos de cuatro técnicos, que en adelante serán mencionados como:

- T1: Técnico 1.
- T2: Técnico 2.
- T3: Técnico 3.
- T4: Técnico 4.

Dentro del grupo de trabajo uno asume el liderazgo, el líder se encarga de organizar las actividades que realizara cada técnico.

##### **4.4.3. Análisis del trabajo**

La transmisión y el diferencial a pesar que son componentes con mayor frecuencia de cambio, el número de cambios por mes es limitado y los datos obtenidos fueron tomados a lo largo de 3 meses y los técnicos evaluados fueron diferentes grupos.

Estos trabajos como se mostrara más adelante, tienen actividades similares y necesitan de los mismos recursos: Personal, herramientas manuales, hidrocarburos y grúa para los izajes. El mantenimiento de cambio de transmisión y cambio de diferencial se diferencian en la demanda de los recursos.

##### **a. Transmisión y diferencial**

Por la ubicación de los componentes como lo muestra la figura 3.14, de requerir un cambio de diferencial será necesario además de retirar líneas hidráulicas, eléctricas, guardas y cardan, desmontar la transmisión para tener acceso al diferencial. Para el cambio de Transmisión no será necesario desmontar algún componente adicional, solo retirar lo necesario, que permita su desmontaje.

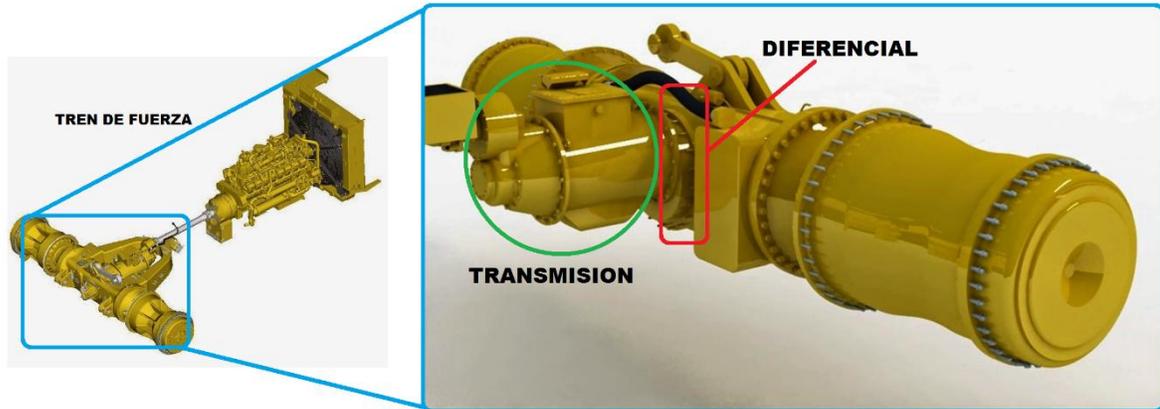


Figura 4.15 – Ubicación de diferencial y transmisión  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4. Proceso de cambio de Transmisión

El proceso cambio de transmisión es un mantenimiento y está concluido en el flujo general de los trabajos de mantenimiento, comprende desde las coordinaciones para iniciar el trabajo con el grupo de técnicos designados, preparación de las transmisiones para el montaje y desmontaje, concluyendo con las pruebas hechas por Ferreyros para continuar con el proceso general del mantenimiento. La figura 3.15, muestra las cuatro etapas en que se divide el flujo del proceso de cambio de Transmisión.

### a. Etapas del cambio de Transmisión

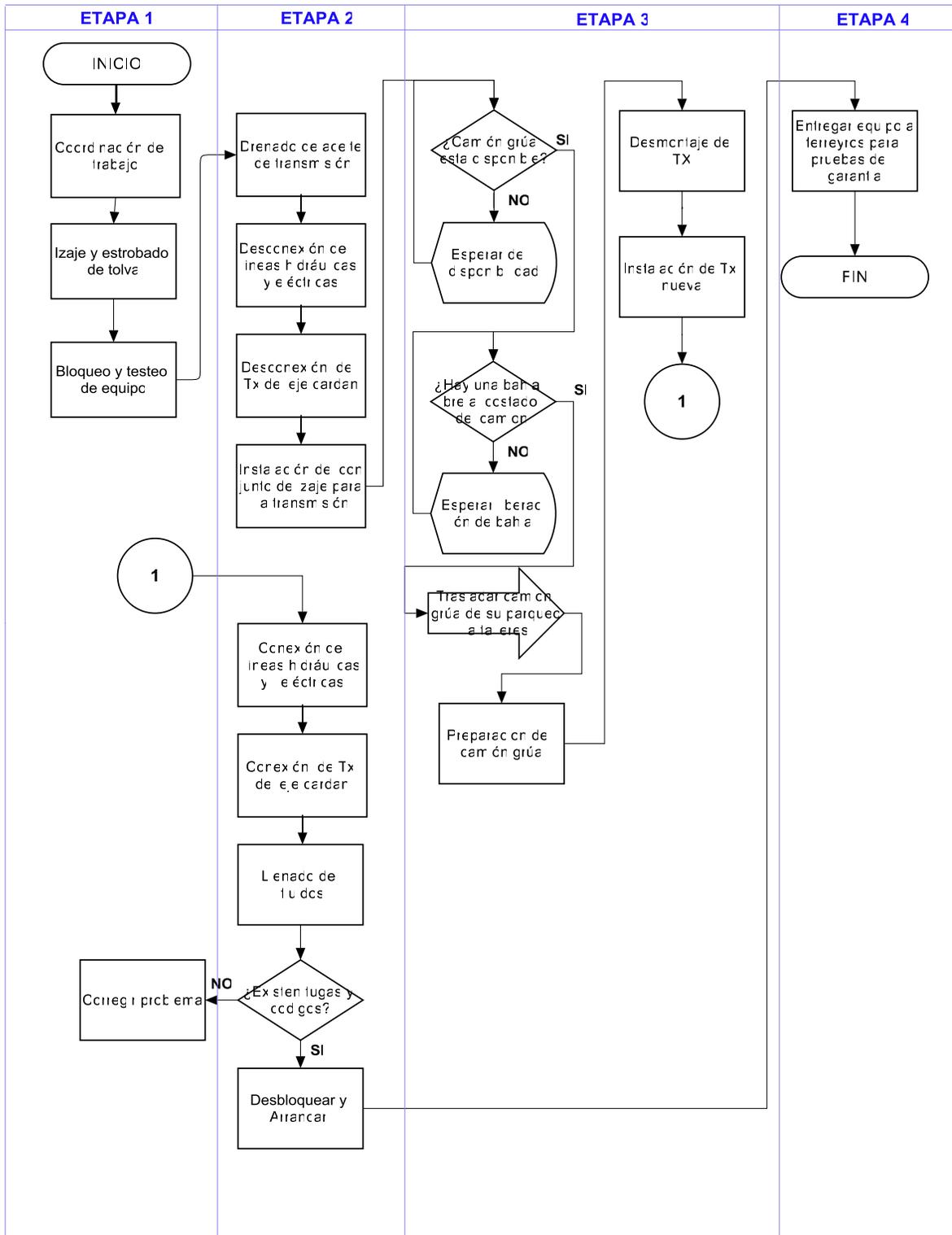


Figura 4.16 –Diagrama de flujo para cambio de transmisión, Fuente: Elaboración propia.

- **Etapa 1, Coordinación y preparación del trabajo:** Se prepara el camión antes de iniciar el mantenimiento, se coordina con el personal designado, las tareas que deberán realizar, las herramientas y repuestos que se deben trasladar y se determina quien operara el equipo auxiliar en este caso camión grúa (esta persona deberá contar con la capacitación)

- **Etapa 2, Preparación para el desmontaje:** Se desarrollan tareas exclusivamente manuales, se prepara la transmisión para poder ser retirado e instalado del camión según las recomendaciones y especificaciones del fabricante, de tener alguna observación del mantenimiento se corrige en esta etapa.

- **Etapa 3, Desmontaje y Montaje:** En esta etapa el camión grúa es trasladado y preparado para poder ser utilizado en el izaje. La transmisión será montada y desmontada con el apoyo del camión grúa.

- **Etapa 4, Evaluación y pruebas:** Para poder contar con la garantía de la transmisión, personal de Ferreyros hacen las pruebas finales de funcionamiento, ya que dicha empresa fue quien reparo el componente cambiado.

#### **4.4.5. Proceso de cambio de Diferencial**

El proceso cambio de diferencial es un mantenimiento y está concluido en el flujo general de los trabajos de mantenimiento. El cambio de diferencial se inicia con las coordinaciones, preparación del diferencial entrante y saliente para el cambio con el camión grúa y finalmente las pruebas por parte del personal de Ferreyros. La figura 3.16 muestra las cuatro etapas en que se divide el flujo del proceso de cambio de diferencial

### a. Etapas del cambio de Diferencial

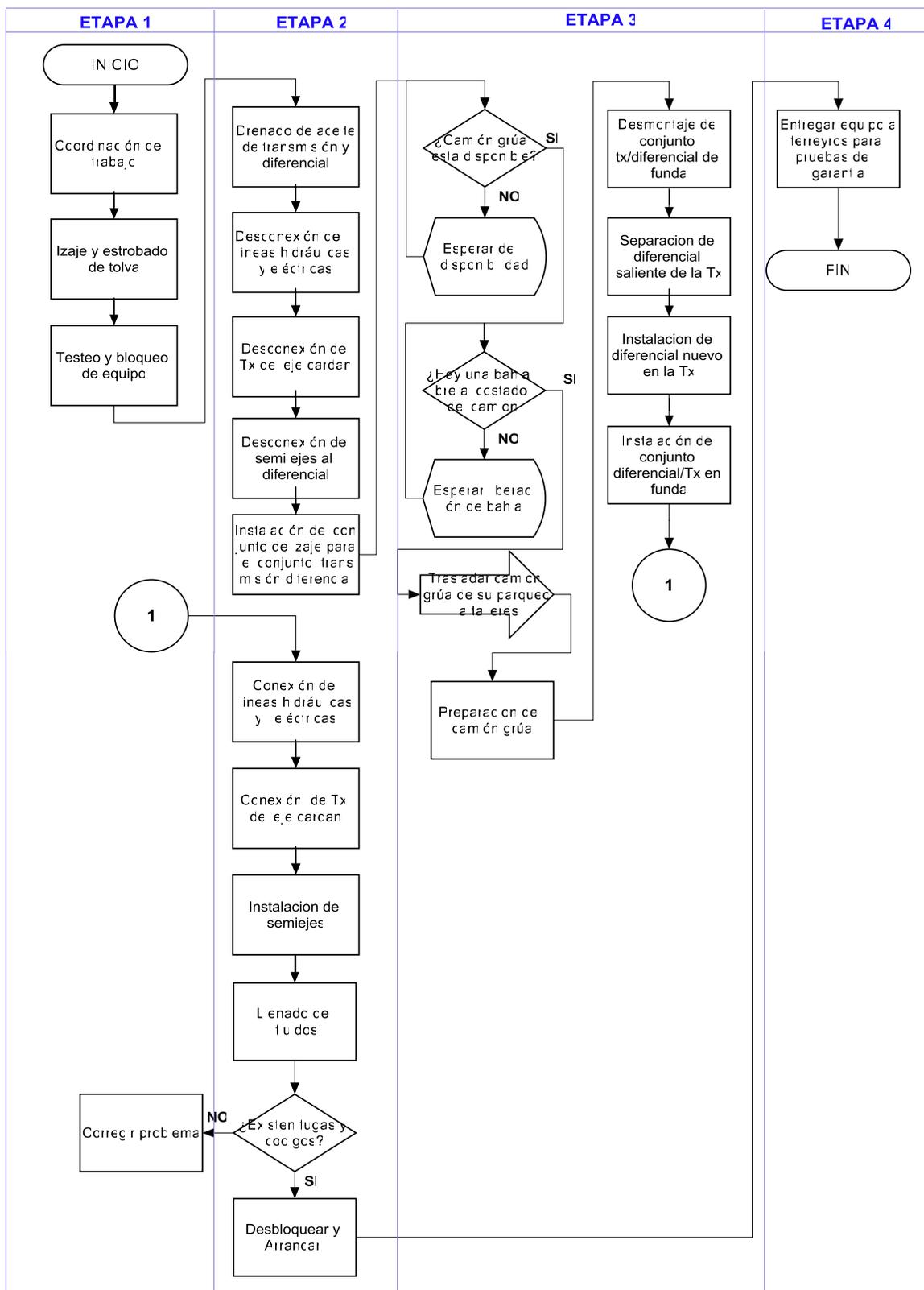


Figura 4.17 – Diagrama de flujo para cambio de diferencial, Fuente: Elaboración propia.

• **Etapa 1, Coordinación y preparación del trabajo:** Se prepara el camión antes de iniciar el mantenimiento, se coordina con el personal designado, las tareas que deberán realizar, las herramientas y repuestos que se deben trasladar y se determina quien operara el equipo auxiliar en este caso camión grúa (esta persona deberá contar con la capacitación para operar), la bahía contigua deberá estar libre para el camión grúa.

• **Etapa 2, Preparación para el desmontaje:** Se desarrollan tareas exclusivamente manuales, se prepara el conjunto diferencial/transmisión para poder ser retirado. Sobre soportes y con el apoyo del camión grúa se hace el cambio de diferencial en el conjunto diferencial/transmisión, luego se el conjunto en la funda posterior del camión, según las recomendaciones y especificaciones del fabricante, de tener alguna observación del mantenimiento se corrige en esta etapa.

• **Etapa 3, Desmontaje y Montaje:** En esta etapa el camión grúa es trasladado y preparado para poder ser utilizado en el izaje. El conjunto diferencial/transmisión será montada y desmontada con el apoyo del camión grúa.

• **Etapa 4, Evaluación y pruebas:** Para poder contar con la garantía del diferencial, personal de Ferreyros hacen las pruebas finales de funcionamiento, ya que dicha empresa fue quien reparo el componente cambiado.

#### **4.4.6. División del trabajo en elementos.**

##### **a. Elementos de cambio de Transmisión**

Las actividades desarrolladas por el técnico 1 fueron coordinadas por el líder del grupo de trabajo, las cuales se dividieron en elementos que permitieron el cronometraje, los elementos se muestran en la tabla 3.22. Los elementos desarrollados por los técnicos 2,3 y 4 se muestran en el Anexos 10

Tabla 4.22 - Elementos desarrollados por el técnico

N	ELEMENTO
1	Delimitación de área de trabajo
2	Preparación de dispositivos de bloqueo
3	Instalación de bloqueo personal
4	Preparación de formatos de seguridad y técnico
5	Estrobo de tolva
6	Firma y verificación de formatos
7	Traslado de bandejas de aceite
8	Drenar aceite de Tx
9	Traslado de bandeja de aceite a línea de drenaje
10	Limpieza de bandeja
11	Ir hacia bahía de trabajo
12	Desconectar líneas y aflojar pernos de base
13	Guiar desacoplado de Tx
14	Ir al alojamiento de la Tx
15	Limpiar alojamiento
16	Traer repuestos nuevos
17	Preparar sellos y pernos nuevos
18	Ir a la parte inferior de camión
19	Instalar y torquear pernos de anclaje
20	Conectar líneas de aceite de Tx
21	Orden y limpieza
22	Retiro de bloqueo personal
23	Instalación de bloqueo personal
24	Ir a surtidor de aceites
25	Instalar extensiones de aceite
26	Llenar aceites
27	Hacia mirilla de nivel de aceite de Tx
28	Ir a surtidor de aceites
29	Hacia bahía de trabajo
30	Retiro de bloqueo personal
31	Orden y limpieza
32	Arrancar motor
33	Descender tolva

Fuente: Elaboración Propia

#### b. Elementos de cambio de Diferencial

Las actividades desarrolladas por el técnico 1 fueron coordinadas por el líder del grupo de trabajo, las cuales se dividieron en elementos que permitieron el cronometraje, los elementos se muestran en la tabla 3.23. Los elementos desarrollados por los técnicos 2,3 y 4 se muestran en el Anexos 13

Tabla 4.23 - Elementos desarrollados por el técnico 1

CAMBIO DE DIFERENCIAL			
N	ELEMENTO		
		22	Instalar pernos de anclaje de diferencial
1	Delimitación de área de trabajo	23	Orden y limpieza
2	Preparación de dispositivos de bloqueo	24	Retiro de bloqueo personal
3	Instalación de bloqueo personal	25	Instalación de bloqueo personal
4	Preparación de formatos de seguridad y técnico	26	Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial
5	Estrobadado de tolva	27	Torquear pernos de anclaje de diferencial
6	Firma y verificación de formatos	28	Instalación de semiejes RH/LH
7	Traslado de bandejas de aceite	29	Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH
8	Drenar aceite de Tx y diferencial	30	Ir a surtidor de aceites
9	Traslado de bandeja de aceite a línea de drenaje	31	Instalar extensiones de aceite
10	Limpieza de bandeja	32	Llenar aceites Diferencial y Transmisión
11	Ir hacia bahía de trabajo	33	Verificar nivel de aceite de diferencial y transmisión
12	Desconectar líneas y aflojar pernos de anclaje del diferencial	34	Ir a surtidor de aceites
13	Retirar tapas de mandos finales RH y LH	35	Hacia bahía de trabajo
14	Desconectar semiejes RH y LH	36	Ir a surtidor de aceites
15	Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx	37	Hacia bahía de trabajo
16	Posicionar conjunto Tx/Diferencial en soportes	38	Retiro de bloqueo personal
17	Ir al alojamiento del Diferencial	39	Orden y limpieza
18	Limpiar alojamiento	40	Arrancar motor
19	Traer repuestos nuevos	41	Descender tolva
20	Preparar sellos y pernos nuevos	42	Verificación de eventos eléctricos
21	Ir a la parte inferior de camión	43	

Elaboración propia

#### 4.4.7. Mediciones de prueba, ejecución de una muestra inicial.

Se midieron las actividades realizadas por el técnico 1, para el cambio de transmisión, para esto se tomó una muestra inicial de 4 mediciones (método actual) para determinar el tamaño de la muestra. La tabla 3.24 muestra la sumatoria de los elementos de cada muestra. Los valores de las muestras se adjuntan en el anexo 10. Los valores de las muestras de los T2, T3, y T4 se adjuntan en el anexo 10.

Tabla 4.24 - Sumatoria de los elementos de cada muestra T1– Cambio de transmisión

N	MUESTRA	1	2	3	4	6	7
	SUMA	394.28	402.27	443.88	400.37	TIEMPO TOTAL	1640.80

Elaboración propia

Los valores de la muestra inicial para el cambio de diferencial, de cada técnico se adjunta en el Anexo 13. La tabla 3.25 muestra la sumatoria de los elementos de cada muestra del T1 para el cambio de diferencial.

Tabla 4.25 - Sumatoria de los elementos de cada muestra T1– Cambio de Diferencial

N	MUESTRA	1	2	3	4	6	7
	SUMA	662.43	579.62	630.29	642.60	TIEMPO TOTAL	2514.94

Elaboración propia

De los datos de la tablas 3.24 y 3.25 hallamos los promedios y desviación estándar.

CAMBIO DE TRANSMISION – Técnico 1

PROMEDIO = 1640.80/4 = 410.2
DESV STAN = 22.71

CAMBIO DE DIFERENCIAL – Técnico 1

PROMEDIO = 2514.94/4 = 628.735
DESV STAN = 35.32

#### 4.4.8. Determinación del tamaño de la muestra.

Con la formula citada en el marco teórico 2.6, el promedio y la desviación estándar, hallados en el punto 4.4.7. Se determina el número de muestras requeridas. Con un nivel de confianza de 95% de la tabla 1.4 tenemos un Z de 1.96 y un porcentaje de error de +/- 5%.

a. Cambio de Transmisión T1.

$$\text{Número de ciclos requeridos T1} = [(1.96 * 22.71)/(0.05 * 410.2)]^2 = 4.71$$

Según la formula necesitaremos 5 muestras para el T1 – Cambio de transmisión, se tomara una muestra adicional para obtener el tiempo estándar para cada elemento.

**b. Cambio de Diferencial T1.**

$$\text{Número de ciclos requeridos T1} = [(1.96 * 35.32)/(0.05 * 628.74)]^2 = 4.85$$

Según la formula necesitaremos 5 muestras para el T1 – Cambio de diferencial, se tomara una muestra adicional para obtener el tiempo estándar para cada elemento.

Los valores de tamaño de muestra para los técnicos T2, T3 y T4, para el cambio de transmisión y cambio de diferencial, se adjuntan en el anexo 10 y 13 respectivamente.

**4.4.9. Cronometrar**

Se obtuvieron 5 muestras de los 34 elementos del técnico 1, para el cambio de transmisión obteniendo los tiempos medios observados en la tabla 3.26 el valor de tiempo de observación total es la suma de los elementos de cada muestra. Los datos mostrados son extraídos de las tablas del anexo 10. El tiempo medio para los T2, T3 y T4 se adjunta en el Anexo 10. El tiempo medio de los técnicos para el cambio de diferencial se adjuntan en los anexos 13.

Tabla 4.26 - Tiempos medios observados (T.M.O)

No.	ELEMENTOS	CICLO (min.)					T.O.T	T.M.O
		1	2	3	4	5		
1	Delimitación de área de trabajo	11	12	13	15	12	63.0	12.6
2	Preparación de dispositivos de bloqueo	5	3	5	4	6	23.0	4.6
3	Instalación de bloqueo personal	0.2	0.2	0.25	0.17	0.14	1.0	0.192
4	Preparación de formatos de seguridad y técnico	14	14	12	18	10	68.0	13.6
5	Estrobado de tolva	10	8	11	9	7	45.0	9
6	Firma y verificación de formatos	3	3	4	3.5	4	17.5	3.5
7	Traslado de bandejas de aceite	1.5	1.5	2	2.5	2	9.5	1.9
8	Drenar aceite de Tx	35	35	30	40	35	175.0	35
9	Traslado de bandeja de aceite a línea de drenaje	3	3	2	2.5	2	12.5	2.5
10	Limpieza de bandeja	25	22	20	25	21	113.0	22.6
11	Ir hacia bahía de trabajo	1	0.5	0.25	0.31	0.18	1.7	0.348
12	Desconectar línea y aflojar pernos de base	55	55	60	52	56	278.0	55.6
13	Guiar desacoplado de Tx	32	25	22	21	25	125.0	25
14	Ir al alojamiento de la Tx	0.5	0.5	0.25	0.33	0.18	1.8	0.352
15	Limpiar alojamiento	25	12	11	13	14	75.0	15
16	Traer repuestos nuevos	20	10	8	9	8.5	55.5	11.1

17	Preparar sellos y pernos nuevos	15	12	11	15	13	66.0	13.2
18	Ir a la parte inferior de camión	0.5	0.5	0.5	0.25	0.6	2.4	0.47
19	Instalar y torquar pernos de anclaje	75	40	35	36	37	223.0	44.6
20	Conectar línea de aceite de Tx	55	40	55	60	45	255.0	51
21	Orden y limpieza	20	20	22	30	24	116.0	23.2
22	Retiro de bloqueo personal	0.3	0.25	0.35	0.25	0.22	1.4	0.274
23	Instalación de bloqueo personal	1.5	1.5	2	1.5	1.17	7.7	1.534
24	Ir a surtidor de aceites	0.8	0.75	0.5	0.67	0.75	3.5	0.694
25	Instalar extensiones de aceite	17	12	15	15	13	72.0	14.4
26	Llenar aceites	25	13	14	11	12	75.0	15
27	Hacia mirilla de nivel de aceite de Tx	0.3	0.25	0.25	0.17	0.35	1.3	0.264
28	Ir a surtidor de aceites	0.5	0.5	0.5	0.25	0.35	2.1	0.42
29	Hacia bahía de trabajo	0.6	0.58	0.25	0.23	0.25	1.9	0.382
30	Retiro de bloqueo personal	0.3	0.25	0.17	0.25	0.18	1.2	0.23
31	Orden y limpieza	35	24	25	21	22	127.0	25.4
32	Arrancar motor	8	8	5	15	10	46.0	9.2
33	Descender tolva	1	1	1	2	1.5	6.5	1.3
34	Verificación de eventos eléctricos	35	15	14	20	16	100.0	20
37								

#### a. Calificar la actuación del operario

El desempeño del técnico fue calificado por la escala que ofrece la norma británica en la tabla 1.5 mostrada en el capítulo del marco teórico. El personal que desarrolla el mantenimiento es propio de la empresa, los cuales pasan por un proceso de selección, donde además se exige tener una cantidad determinada de años de experiencia, además el técnico es activo y capaz; calificado promedio, logrando con tranquilidad el nivel de calidad y precisión fijada, como se indica en la tabla de la norma británica. Por lo cual la escala que se le asigna a los técnicos para el cambio de transmisión y diferencial T1, T2, T3 y T4, es de 100.

#### b. Estimación de tolerancias

Las tolerancias agregadas fueron determinadas con la tabla de recomendaciones de tolerancias hechas por la Organización Internacional del Trabajo, la tabla 1.6 se muestra en el capítulo del marco teórico.

Las tolerancias consideradas para determinar el tiempo estándar de las actividades para el cambio de transmisión y diferencial suman 34%, la evaluación se muestra en la tabla 3.27.

Tabla 4.27 - Tolerancias para Cambio de Transmisión y Diferencial – Situación actual

A. Tolerancias constantes:	Añadir %	Evaluación	
1) Tolerancia por necesidades personales	5	9	Se le añade las tolerancias constantes, el técnico desarrolla actividades de constante movimiento
2) Tolerancia básica por fatiga	4		
<b>B. Tolerancias variables:</b>			
1) Tolerancia por ejecutar el trabajo de pie	2	2	El trabajo en su totalidad se hace de pie
2) Tolerancia por posiciones anormales en el trabajo:			
a) Ligeramente molesta	0	2	Para el desarrollo del trabajo será necesario tomar algunas posturas, estos son intermitentes
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2		
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7		
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar), determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):			
a) 2.5 kg/5 lb	0	4	Por los procedimientos de trabajo seguro de la empresa, el personal como máximo podrá cargar 25 Kg, El técnico no carga constantemente esa cantidad, para cargas superiores se apoya del camión grúa, montacargas y demás equipos auxiliares
b) 5/10	1		
c) 7.5/15	2		
d) 10/20	3		
e) 12.5/25	4		
f) 15/30	5		
g) 17.5/35	7		
h) 20/40	9		
i) 22.5/45	11		
j) 25/50	13		
k) 30/60	17		
l) 35/70	22		
4) Alumbrado deficiente:			
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0	2	La iluminación no es adecuada, los trabajos se desarrollan en la parte exterior del taller
b) Muy inferior	2		
c) Sumamente inadecuado	5		
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables.	0-10	7	El trabajo se desarrolla en las bahías exteriores, el clima es caluroso, existe cantidades de polvo y en las noches la temperaturas son bajas

6) Atención estricta:			
a) Trabajo moderadamente fino	0	2	Es necesario realizar un trabajo fino, por temas de seguridad y técnico
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5		
7) Nivel de ruido:			
a) Continuo	0	5	La cantidad de ruido es intermitente y fuerte, por el uso de las herramientas neumáticas y demás mantenimientos que se desarrollan alrededor
b) Intermitente-fuerte	2		
c) Intermitente-muy fuerte	5		
d) De alto volumen-fuerte	5		
8) Esfuerzo mental:			
a) Proceso moderadamente complicado 1	1	1	Para el desarrollo del trabajo es necesario considerar especificaciones técnicas y concentración para realizar los izajes
b) Complicado o que requiere amplia atención 4	4		
c) Muy complicado	8		
9) Monotonía:			
a) Escasa	0	0	La monotonía es escasa, el personal rota constantemente sus funciones
b) Moderada	1		
c) Excesiva	4		
Tolerancia total		34	

#### 4.4.10. Tiempo estándar situación actual

##### a. Tiempo estándar de cambio de transmisión

Para calcular el tiempo estándar primero se debe tener el Tiempo normal

- Cálculo del tiempo Normal T1

De la fórmula 2.8 citada en el marco teórico y el tiempo medio observado de la tabla 3.26, como ejemplo tenemos:

Tiempo medio observado elemento 1 = 12.6

Valoración de la actuación del técnico, punto 4.4.9 = 100/100

<b>Tiempo Normal</b>	$T.N = T.Medio\ Observado * \frac{Calificación}{ritmo}$ $T.B = 12.6 * \frac{100}{100}$ $T.B = 12.6$
----------------------	---

- Calculo del tiempo Estándar T1

De la fórmula 2.10 citada en el marco teórico y la tolerancia suplementaria hallada en el punto 3.4.9

Tiempo normal de la muestra 1 = 12.6

<b>Tiempo Estándar</b>	$T.E = T.Suplementaria * T.Basico$ $T.E = 12.6 * (1 + \frac{34}{100})$ $T.E = 16.88 \text{ Minutos}$
------------------------	--

El cálculo del resto de las muestras se encuentra en la Tabla 3.28, La suma del tiempo estándar de los 34 elementos del técnico 1 es 9.7 horas.

Tabla 4.28 - Tiempo estándar técnico 1 cambio de transmisión – Situación actual

No.	ELEMENTOS	CICLO (min.)					T.O.T	T.M.O	F.C	T.N.	TSu.	T.Es
		1	2	3	4	5						
1	Delimitación de área de trabajo	11	12	13	15	12	63.0	12.6	1	12.6	0.34	16.88
2	Preparación de dispositivos de bloqueo	5	3	5	4	6	23.0	4.6	1	4.6	0.34	6.164
3	Instalación de bloqueo personal	0.2	0.2	0.25	0.17	0.14	1.0	0.192	1	0.192	0.34	0.257
4	Preparación de formatos de seguridad y técnico	14	14	12	18	10	68.0	13.6	1	13.6	0.34	18.22
5	Estrobo de tolva	10	8	11	9	7	45.0	9	1	9	0.34	12.06
6	Firma y verificación de formatos	3	3	4	3.5	4	17.5	3.5	1	3.5	0.34	4.69
7	Traslado de bandejas de aceite	1.5	1.5	2	2.5	2	9.5	1.9	1	1.9	0.34	2.546
8	Drenar aceite de Tx	35	35	30	40	35	175.0	35	1	35	0.34	46.9
9	Traslado de bandeja de aceite a línea de drenaje	3	3	2	2.5	2	12.5	2.5	1	2.5	0.34	3.35
10	Limpieza de bandeja	25	22	20	25	21	113.0	22.6	1	22.6	0.34	30.28
11	Ir hacia bahía de trabajo	1	0.5	0.25	0.31	0.18	1.7	0.348	1	0.348	0.34	0.466
12	Desconectar líneas y aflojar pernos de base	55	55	60	52	56	278.0	55.6	1	55.6	0.34	74.5
13	Guiar desacoplado de Tx	32	25	22	21	25	125.0	25	1	25	0.34	33.5
14	Ir al alojamiento de la Tx	0.5	0.5	0.25	0.33	0.18	1.8	0.352	1	0.352	0.34	0.472
15	Limpiar alojamiento	25	12	11	13	14	75.0	15	1	15	0.34	20.1
16	Traer repuestos nuevos	20	10	8	9	8.5	55.5	11.1	1	11.1	0.34	14.87
17	Preparar sellos y pernos nuevos	15	12	11	15	13	66.0	13.2	1	13.2	0.34	17.69
18	Ir a la parte inferior de camión	0.5	0.5	0.5	0.25	0.6	2.4	0.47	1	0.47	0.34	0.63

19	Instalar y torquear pernos de anclaje	75	40	35	36	37	223.0	44.6	1	44.6	0.34	59.76
20	Conectar líneas de aceite de Tx	55	40	55	60	45	255.0	51	1	51	0.34	68.34
21	Orden y limpieza	20	20	22	30	24	116.0	23.2	1	23.2	0.34	31.09
22	Retiro de bloqueo personal	0.3	0.25	0.35	0.25	0.22	1.4	0.274	1	0.274	0.34	0.367
23	Instalación de bloqueo personal	1.5	1.5	2	1.5	1.17	7.7	1.534	1	1.534	0.34	2.056
24	Ir a surtidor de aceites	0.8	0.75	0.5	0.67	0.75	3.5	0.694	1	0.694	0.34	0.93
25	Instalar extensiones de aceite	17	12	15	15	13	72.0	14.4	1	14.4	0.34	19.3
26	Llenar aceites	25	13	14	11	12	75.0	15	1	15	0.34	20.1
27	Hacia mirilla de nivel de aceite de Tx	0.3	0.25	0.25	0.17	0.35	1.3	0.264	1	0.264	0.34	0.354
28	Ir a surtidor de aceites	0.5	0.5	0.5	0.25	0.35	2.1	0.42	1	0.42	0.34	0.563
29	Hacia bahía de trabajo	0.6	0.58	0.25	0.23	0.25	1.9	0.382	1	0.382	0.34	0.512
30	Retiro de bloqueo personal	0.3	0.25	0.17	0.25	0.18	1.2	0.23	1	0.23	0.34	0.308
31	Orden y limpieza	35	24	25	21	22	127.0	25.4	1	25.4	0.34	34.04
32	Arrancar motor	8	8	5	15	10	46.0	9.2	1	9.2	0.34	12.33
33	Descender tolva	1	1	1	2	1.5	6.5	1.3	1	1.3	0.34	1.742
34	Verificación de eventos eléctricos	35	15	14	20	16	100.0	20	1	20	0.34	26.8
37											TOTAL (min)	582.2
37											TOTAL (HRS)	9.703

• **Tiempo estándar Técnico 2, Técnico 3 y Técnico 4 – Cambio de transmisión**

Las actividades desarrolladas por los técnicos 2, 3 y 4 mantienen los mismos criterios de evaluación en la valoración y tiempos suplementarios, los valores obtenidos para hallar el número de muestras de los técnicos se encuentran en el anexo 10. El número de muestras para cada técnico se muestra en la tabla 3.29

Tabla 4.29 - Número de muestras requeridas

OPERARIO	Número de muestra requerida
Técnico 2	7
Técnico 3	7
Técnico 4	6

Fuente: Elaboración propia

Con las mismas formulas usadas para hallar el tiempo básico y tiempos estándar en el técnico 1 hallamos el tiempo estándar total de cada técnico. Las mediciones para el cálculo del tiempo estándar para cambio de Transmisión Técnico 2, 3 y 4, se muestran en el Anexo 11 de las que se extrae los valores presentados en la tabla 3.30

Tabla 4.30 - Tiempo estándar total de cada técnico– Situación actual

Técnicos	Tiempo Estándar
Tiempo estándar total - Técnico 1 (HRS)	9.703
Tiempo estándar total - Técnico 2 (HRS)	9.603
Tiempo estándar total - Técnico 3 (HRS)	9.179
Tiempo estándar total - Técnico 4(HRS)	9.548

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 3.30, en la cual vemos que el mayor tiempo lo tiene el técnico 1, este tiene el mayor tiempo, ya que además de realizar las actividades necesarias para el cambio de transmisión, debe trasladarse constantemente para dar varias facilidades para el desarrollo del trabajo. Los tiempos estándar obtenidos de cada técnico son parecidos por que el cambio de transmisión es un trabajo en conjunto. A estos tiempos se debe añadir las demoras que se mostraron en la ejecución del mantenimiento, los cuales varían en cada técnico por el papel que desarrolla cada uno, esto los analizaremos en los siguientes puntos.

#### **b. Tiempo estándar de cambio de Diferencial**

Para determinar el tiempo estándar es necesario conocer el número de muestras necesarias para realizar el estudio. Del anexo 13, se extrae el resumen del número de muestras necesario para cada técnico en la tabla 3.31.

Tabla 4.31 - Número de muestras requeridas

OPERARIO	Número de muestra requerida
Técnico 1	5
Técnico 2	6
Técnico 3	7
Técnico 4	6

Fuente: Elaboración propia

También, se tienen que obtener el tiempo normal, tolerancias y el factor de evaluación de desempeño. Las tolerancias y el factor de desempeño fueron determinados en

los puntos 3.4.9 la tabla 3.32 muestra el tiempo estándar para el técnico 1, la suma del tiempo estándar de cada todos los elementos suman 13.84 horas.

Tabla 4.32 - Tiempo estándar del técnico 1 cambio de diferencial– Situación actual

No.	ELEMENTO	CICLO (min.)					T.O.T	T.M.O	F.C	T.N.	TSu.	T.Es
		1	2	3	4	5						
1	Delimitación de área de trabajo	15	13	15	12	16	71	14.2	1	14.2	0.34	19.03
2	Preparación de dispositivos de bloqueo	5	3	4	6	5	23	4.6	1	4.6	0.34	6.164
3	Instalación de bloqueo personal	0.2	0.25	0.17	0.14	0.33	1.09	0.218	1	0.218	0.34	0.292
4	Preparación de formatos de seguridad y técnico	18	17	18	15	14	82	16.4	1	16.4	0.34	21.98
5	Estrobo de tolva	11	8	9	7	6	41	8.2	1	8.2	0.34	10.99
6	Firma y verificación de formatos	3	4	3.5	4	4.5	19	3.8	1	3.8	0.34	5.092
7	Traslado de bandejas de aceite	6	5.75	7	7.5	7.5	33.75	6.75	1	6.75	0.34	9.045
8	Drenar aceite de Tx y diferencial	37	35	38	30	34	174	34.8	1	34.8	0.34	46.63
9	Traslado de bandeja de aceite a línea de drenaje	17	14	16	14	15	76	15.2	1	15.2	0.34	20.37
10	Limpieza de bandeja	39	41	40	38	36	194	38.8	1	38.8	0.34	51.99
11	Ir hacia bahía de trabajo	0.5	0.25	0.31	0.18	0.33	1.57	0.314	1	0.314	0.34	0.421
12	Desconectar líneas y pernos de anclaje del diferencial	45	43	40	41	39	208	41.6	1	41.6	0.34	55.74
13	Retirar tapas de mandos finales RH y LH	27	22	25	26	23	123	24.6	1	24.6	0.34	32.96
14	Desconectar semiejes RH y LH	31	25	28	30	22	136	27.2	1	27.2	0.34	36.45
15	Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx	35	27	32	30	28	152	30.4	1	30.4	0.34	40.74
16	Posicionar conjunto Tx/Diferencial en soportes	10	8.5	7	9.5	7.5	42.5	8.5	1	8.5	0.34	11.39
17	Ir al alojamiento del Diferencial	0.5	0.25	0.33	0.18	0.55	1.81	0.362	1	0.362	0.34	0.485
18	Limpiar alojamiento	23	15	17	20	16	91	18.2	1	18.2	0.34	24.39
19	Traer repuestos nuevos	10	8	9	8.5	7	42.5	8.5	1	8.5	0.34	11.39
20	Preparar sellos y pernos nuevos	12	11	15	13	12	63	12.6	1	12.6	0.34	16.88
21	Ir a la parte inferior de camión	0.5	0.5	0.25	0.6	0.33	2.18	0.436	1	0.436	0.34	0.584
22	Instalar pernos de anclaje de diferencial	21	22	18	19	23	103	20.6	1	20.6	0.34	27.6
23	Orden y limpieza	35	27	32	34	31	159	31.8	1	31.8	0.34	42.61
24	Retiro de bloqueo personal	0.25	0.35	0.25	0.22	0.27	1.34	0.268	1	0.268	0.34	0.359
25	Instalación de bloqueo personal	1.5	2	1.5	1.17	1.7	7.87	1.574	1	1.574	0.34	2.109
26	Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial	40	35	39	41	36	191	38.2	1	38.2	0.34	51.19

27	Torquear pernos de anclaje de diferencial	24	22	25	21	24	116	23.2	1	23.2	0.34	31.09
28	Instalación de semiejes RH/LH	32	25	28	31	27	143	28.6	1	28.6	0.34	38.32
29	Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH	25	22	26	30	29	132	26.4	1	26.4	0.34	35.38
30	Ir a surtidor de aceites	0.75	0.5	0.67	0.75	0.75	3.42	0.684	1	0.684	0.34	0.917
31	Instalar extensiones de aceite	21	24	19	23	22	109	21.8	1	21.8	0.34	29.21
32	Llenar aceites Diferencial y Transmisión	46	45	41	44	40	216	43.2	1	43.2	0.34	57.89
33	Verificar nivel de aceite de diferencial y Transmisión	12	10	14	13	11	60	12	1	12	0.34	16.08
34	Ir a surtidor de aceites	1	0.5	0.25	0.35	0.65	2.75	0.55	1	0.55	0.34	0.737
35	Hacia bahía de trabajo	0.58	0.25	0.23	0.25	0.33	1.64	0.328	1	0.328	0.34	0.44
36	Ir a surtidor de aceites	0.75	0.65	0.25	0.33	0.87	2.85	0.57	1	0.57	0.34	0.764
37	Hacia bahía de trabajo	0.65	0.7	0.33	0.25	0.75	2.68	0.536	1	0.536	0.34	0.718
38	Retiro de bloqueo personal	0.25	0.17	0.25	0.18	0.21	1.06	0.212	1	0.212	0.34	0.284
39	Orden y limpieza	24	21	23	22	22	112	22.4	1	22.4	0.34	30.02
40	Arrancar motor	8	5	15	10	12	50	10	1	10	0.34	13.4
41	Descender tolva	1	1	2	1.5	1.25	6.75	1.35	1	1.35	0.34	1.809
42	Verificación de eventos eléctricos	19	14	20	21	24	98	19.6	1	19.6	0.34	26.26
										TOTAL (min)		830.2
										TOTAL (Hrs)		13.84

Fuente: Elaboración propia

En el anexo 14 se calculó el tiempo normal y tiempo estándar de los cuales se extrajo el tiempo estándar de cada técnico mostrado en la tabla 3.33.

Tabla 4.33 - Tiempo estándar total de cada técnico

Técnicos	Tiempo Estándar
Tiempo estándar total - Técnico 1 (HRS)	13.837
Tiempo estándar total - Técnico 2 (HRS)	13.033
Tiempo estándar total - Técnico 3 (HRS)	12.223
Tiempo estándar total - Técnico 4(HRS)	10.162

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 3.33, el técnico 1 tiene el tiempo estándar mayor, ya que además de realizar las actividades necesarias para el cambio de diferencial, debe trasladarse constantemente para dar varias facilidades para el desarrollo del trabajo. Los tiempos estándar obtenidos de los técnicos 1, 2, y 3 son parecidos por que el cambio de transmisión es un trabajo en conjunto, el técnico 4 es menor ya que en el turno entrante el supervisor de área envía a tres técnicos. A estos tiempos se debe añadir las demoras que se mostraron en la

ejecución del mantenimiento, los cuales varían en cada técnico por el papel que desarrolla cada uno, esto los analizaremos en los siguientes puntos.

#### **4.4.11. Proceso operativo de cambio de transmisión y diferencial – Situación actual**

El desarrollo del proceso operativo con los diagramas analíticos del proceso permitirá continuar con el estudio de tiempos, ya que se necesita conocer mejor la forma en que los técnicos desarrollan las actividades en el cambio de componentes, con el fin de analizar y eliminar ineficiencias, además lograr la mejor distribución del personal. Los tiempos para cada actividad, es el tiempo estándar calculado en el punto 3.4.10.

##### **a. Diagrama analítico del Proceso - Cambio de Transmisión**

###### **• Técnico 1**

Del diagrama analítico mostrado en la figura 3.17, muestran las actividades desarrolladas para el cambio de transmisión, para este trabajo el técnico desarrolla la tarea con herramientas manuales estándares que no muestra tener problemas.

Vemos que el técnico 1 se ha movilizó 9 veces, lo cual demanda 24 minutos del tiempo total, la mayor parte de estas movilizaciones se debe a que el técnico tiene que moverse reiteradas veces para solo llenar y drenar aceites, esto por lo que las líneas de succión y drenaje no tienen la distancia suficiente para la parte exterior del taller, donde se realiza el trabajo. No se puede dejar las bandejas con más de la mitad de su capacidad por política de la empresa

Las demoras tiene el 11.73% del tiempo total, parte de este tiempo se invierte en buscar extensiones para el llenado de aceites y desocupación de la línea de drenaje

La demora que se presenta por el tema del turno entrante afecta en gran medida la duración del trabajo, esta demora es necesaria, en ese tiempo se desarrollan la charla del área del turno entrante y el tiempo de la alimentación, esta demora afecta también a los técnicos 2 y 3, ya que son ellos que concluirán con el trabajo. El trabajo se termina ampliando por operaciones que no involucran directamente el cambio del componente, como orden y limpieza, commissioning por parte de la empresa Ferreyros. El resto de actividades son necesarias e involucran directamente el cambio de transmisión.

###### **• Técnico 2**

El diagrama analítico del proceso del técnico 2, se muestra en el Anexo 12. Las actividades desarrolladas por el técnico 2 son similares a las del técnico 1, se observó que de

los 6 movimientos realizados por el técnico 4 fueron innecesarios esto por la mala comunicación.

Adicional a las demoras que comparte con el técnico 1, el técnico 2 tuvo una demora de 26 minutos por esperar que el camión grúa esté listo para el desmontaje, esta demora por indicaciones del técnico muchas veces suele ser mucho mayor, hasta 2 horas.

• **Técnico 3**

El diagrama analítico del proceso del técnico 3, se muestra en el Anexo 12. El T3 también se ve afectado por la espera del camión grúa, se observa también que tiene desplazamientos innecesarios. El técnico 2 y 3 desarrollan la mayor parte en la parte superior del camión.

• **Técnico 4**

El técnico 4, designado para la operación del camión grúa es el que más movimientos realiza, con un total de 52 minutos del tiempo total y 340 metros de distancia total, de sus actividades surge las demoras en los T2 y T3, esto por el tiempo que se demora la liberación de la bahía donde se posicionaría el camión grúa, esta demora muchas veces suele ser mayor hasta 4 horas.

Las demoras de cambio de turno no afectan al T4, ya que su participación termina en el turno, para concluir el trabajo el turno entrante envía 3 personas.

La razón de la ubicación del parqueo de equipo auxiliar sea tan alejada, son por temas de la política de seguridad de la empresa, para evitar incidentes y daños al camión grúa. La operatividad y disponibilidad del camión grúa, podría ocasionar mayores demoras en el trabajo.

DAP Diagrama Analítico del Proceso						Material			
Objeto:	Técnico 1							RESUMEN	
	Técnico 1 Relevó							Actividad	Actual
Actividad:	Cambio de transmisión		Operación						
Metodo :	Actual		Transporte						
Lugar:	Taller		Demora						
Operario (s) :	1		Inspección						
Compuesto por:	Fecha:		Almacenamiento						
			Distancia (m)						
			Tiempo (horas)						
			SIMBOLO						
Descripción						Distancia (metros)	Tiempo (Min)	Observaciones	
Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar	
Delimitación de área de trabajo							16.88	obligatorio para interactuar con el equipo	
Preparacion de dispositivos de bloqueo							6.16		
Instalación de bloqueo personal							0.26	Obligatorio para interactuar con el equipo	
Preparación de formatos de seguridad y técnico							18.22		
Estrobo de tolva							12.06	Obligatorio para interactuar con el equipo	
Firma y verificación de formatos							4.69		
Traslado de bandejas de aceite						17	2.55		
Drenar aceite de Tx							46.90	Solo del componente	
Traslado de bandeja de aceite a linea de drenaje						17	3.35		
Espera de desocupacion de linea de succión							10.00		
Limpieza de bandeja							30.28	Obligatorio para evitar posibles derrames	
Ir hacia bahia de trabajo						17	0.47		
Desconectar lineas y aflojar pernos de base							74.50		
Guiar desacoplado de Tx							33.50		
Ir al alojamiento de la Tx						4	0.47		
Limpiar alojamiento							20.10		
Traer repuestos nuevos						25	14.87		
Preparar sellos y pernos nuevos							17.69		
Ir a la parte inferior de camión							0.63		
Instalar y torquear pernos de anclaje							59.76		
Conectar lineas de aceite de Tx							68.34		
Orden y limpieza							31.09		
Retiro de bloqueo personal							0.37		
Espera de turno entrante							60.00	Espera del turno entrante, Cena y charla	
Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar	
Instalación de bloqueo personal							2.06		
Ir a surtidor de aceites						17	0.93		
Instalar extensiones de aceite							19.30		
Llenar aceites							20.10		
Espera de desocupacion y busqueda de extensión							10.00	Herramienta necesaria para el llenado	
Hacia mirilla de nivel de aceite de Tx						3.5	0.35		
Ir a surtidor de aceites						17	0.56	Para cerrar la llave de paso de aceite	
Hacia bahia de trabajo						17	0.51		
Retiro de bloqueo personal							0.31		
Orden y limpieza							34.04		
Arrancar motor							12.33		
Descender tolva							1.74		
Verificación de eventos electricos							26.80		
TOTAL DE ACTIVIDADES	26	9	3	1	0	134.50	682.18		
TOTAL TIEMPO (%)	80.82	3.528	11.73	3.929	0				
TOTAL DEL TIEMPO EN HORAS	9.2	0.4	1.3	0.4	0		11.3696		

Otras demoras	Hrs
Tiempo de charla de área de manto turno A (Hrs)	0.25
Tiempo de Lavado (Hrs)	0.75
Tiempo de almuerzo (Hrs)	0.75
Tiempo de llegada de operaciones a taller	0.5
Tiempo de commissioning por Ferreyros	1
	3.25

Tiempo total del tecnico 1			
11.37	+	3.25	= 14.6

Figura 4.18 - DAP de Técnico 1, Cambio de Transmisión, Fuente: Elaboración propia

Existe un riesgo en el traslado del camión grúa, a pesar de que el personal es capacitado existe posibilidad y se ha presentado incidentes, los cuales afectan las metas de seguridad trazadas por la empresa.

Cumplir con las especificaciones del fabricante del camión grúa para poder realizar izajes, ocupa espacio adicional al que necesita, afectando trabajos que se desarrollan alrededor, como lo muestra la figura 3.18



Figura 4.19 – Cambio de Transmisión con camión grúa

#### • **Tiempo total de cambio de transmisión - Situación actual**

Con el tiempo estándar hallada en el punto 3.4.10, las demoras observadas en los diagramas analíticos del proceso de cada técnico y los demoras inevitables, (las demoras inevitables se muestran en los DAP de cada técnico), obtenemos el tiempo total por cada técnico en la tabla 3.34.

El tiempo total que se toma en cuenta para determinar la duración de un cambio de transmisión con el proceso actual es la obtenida en el técnico 1, por ser el mayor tiempo.

En este caso se observa un exceso de 2.28 horas, ya que planeamiento considera para este cambio 12 horas como máximo por los registros que maneja, mostrados en el anexo 6, planeamiento considera este valor por los registros que maneja. Se considera una demora observable el tiempo que se toma para la charla y alimentación del turno entrante, porque el trabajo estuvo programado para concluirlo en un turno y al extenderse a más de 12 horas, ese tiempo se considera una demora.

Este exceso afecta la disponibilidad que ofrece el área de mantenimiento al área de operaciones, lo cual significa pérdida de dinero por tener el camión inoperativo más tiempo de lo planificado.

Tabla 4.34 - Tiempo total por técnico

Técnicos	Tiempo Estándar	Demoras Observadas	Demoras Inevitables	TIEMPO TOTAL
Técnico 1 (HRS)	9.703	1.33	3.25	14.286
Técnico 2 (HRS)	9.603	1.43	3.25	14.283
Técnico 3 (HRS)	9.179	1.33	3.25	13.759
Técnico 4(HRS)	9.548	0.5	1	11.048

### b. Diagrama analítico del Proceso - Cambio de Diferencial

#### • Técnico 1

Del diagrama analítico de la figura 3.19 del técnico 1, vemos que el 3.71%, del tiempo total para realizar el cambio de diferencial lo invierte en desplazamientos que resultan innecesarios por temas como la limpieza de bandejas ya que la línea de succión no llega al punto donde se realiza el trabajo y también se genera demoras por esperar la desocupación de la línea de succión de aceite usado. Para llenar aceite la línea de llenado no llega al lugar de trabajo por ello es necesario usar unas extensiones, la cual exige un tiempo en su preparación para ser usada y genera demoras por esperar su desocupación. Se observa que el T1 tiene un total de 161 metros en traslados, esto por los problemas de las líneas de llenado y succión.

Algunas de las operaciones que realiza el T1, son entorpecidas por lo que se juntan hasta 3 técnicos, esto muestra que existe una mala organización del personal.

#### • Técnico 2

El diagrama analítico del proceso del T2 se adjunta en el Anexo 15, se observa que el T2 apoya al T1 en algunas actividades y el mayor tiempo realiza sus operaciones junto al T3, las actividades que realiza junto al T3 pueden generar algunos retrasos ya que se observan operaciones que se podrían encargar solo un técnico, como el retiro de líneas de aceite y eléctricas. Por el apoyo que presta el T2 al resto de compañeros le generan 190 metros de desplazamientos.

• De la demora de espera de liberación de montacargas pudo ser evitada ya que el T4, pudo trasladar con el montacargas todo lo necesario, pero por la organización que se tiene se presentan esta demora. La espera del camión grúa le afecta, ya se tenía todo listo para

desmontar el componente. Las demoras y traslados que pudieron ser evitadas representan un 12.67% del total del tiempo para completar el cambio de diferencial.

• **Técnico 3**

El diagrama analítico del proceso del T3 se adjunta en el anexo 15. Al igual que los T1 y T2 el técnico T3 tiene 200 metros en traslados que se originan por la organización del trabajo que se tiene, siendo algunos desplazamientos evitados.

La demora del camión grúa afecta al T3, en 40 minutos ya que se tenía todo listo para desmontar el componente y la grúa no estaba lista. Las operaciones que realiza podrían estar retrasando el desarrollo del mantenimiento, ya que algunas actividades pueden ser hechas por un solo técnico.

• **Técnico 4**

El diagrama analítico del proceso del T4 se adjunta en el anexo 15. El T4 es el encargado de operar el camión grúa, equipo auxiliar indispensable para el desmontaje del diferencial, sin embargo esto le genera 417 metros.

Sus demoras son generas por esperar la liberación de la bahía contigua en donde se realiza el mantenimiento, esta demora afecta también a los técnicos 2 y 3, pero en menor tiempo ya que ellos pueden avanzar en otras actividades hasta tener listo el componente para desmontar. Esta demora en este caso es de 50 minutos, en otras circunstancias podría ser mayor.

DAP Diagrama Analítico del Proceso						Material			
Objeto:	Técnico 1						RESUMEN		
	Técnico 1 Relevé						Actividad	Actual	Propuesto
Actividad:	Cambio de transmisión					Operación	●		
Metodo :	Actual						Transporte	➔	
Lugar:	Taller						Demora	●	
Operario (s) :	1						Inspección	■	
Compuesto por:	Fecha:						Almacenamiento	▼	
						SIMBOLO			
Descripción	●	➔	●	■	▼	Distancia (metros)	Tiempo (Min)	Observaciones	
Charla de coordinación							10.00	Designación de la labor a desarrollar	
Delimitación de área de trabajo							19.03	Obligatorio para interactuar con el equipo	
Preparación de dispositivos de bloqueo							6.16		
Instalación de bloqueo personal							0.29	Obligatorio para interactuar con el equipo	
Preparación de formatos de seguridad y técnico							21.98		
Estrobo de tolva							10.99	Obligatorio para interactuar con el equipo	
Firma y verificación de formatos							5.09		
Traslado de bandejas de aceite						20	9.05		
Drenar aceite de Tx y diferencial							46.63	Solo del componente 280 Galones	
Traslado de bandeja de aceite						20	20.37		
Espera de desocupacion de linea de drenaje							10.00	Cuatro bandejas a drenar	
Limpieza de bandeja							51.99	Obligatorio para evitar posibles derrames	
Ir hacia bahia de trabajo						23	0.42		
Desconectar líneas y aflojar pernos de anclaje							36.448	De diferencial	
Retirar tapas de mandos finales RH y LH							32.96		
Desconectar semiejes RH y LH							46.10		
Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx							40.74		
Posicionar conjunto Tx/Diferencial en soportes							11.39		
Ir al alojamiento del Diferencial						8	0.49		
Limpiar alojamiento							24.39		
Traer repuestos nuevos							11.39		
Preparar sellos y pernos nuevos							16.88		
Ir a la parte inferior de camión						8	0.58		
Instalar pernos de anclaje de diferencial							27.60		
Orden y limpieza							42.61		
Retiro de bloqueo personal							0.36		
Espera de turno entrante							60.00	Espera del turno entrante, Cena y charla	
Charla de coordinación							10.00	Designación de la labor a desarrollar	
Instalación de bloqueo personal							2.11		
Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial							51.19		
Torquear pernos de anclaje de diferencial							31.09		
Instalación de semiejes RH/LH							38.32		
Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH							35.38		
Ir a surtidor de aceites						14	0.92		
Espera de desocupacion de extensiones							20.00	Se debe buscar su ubicación	
Instalar extensiones de aceite							29.21	Buscar a adaptadores de llenado	
Llenar aceites Diferencial y Transmision							57.89		
Verificar nivel de aceite							16.08	De diferencial y Transmision	
Ir a surtidor de aceites						17	0.74		
Hacia bahia de trabajo						17	0.44		
Ir a surtidor de aceites						17	0.76	Para cerrar llaves	
Hacia bahia de trabajo						17	0.72		
Retiro de bloqueo personal							0.28		
Orden y limpieza							30.02		
Arrancar motor							13.40		
Descender tolva							1.81		
Verificación de eventos eléctricos							26.26		
TOTAL DE ACTIVIDADES	32	10	3	3	0	161.00	930.55		
TOTAL TIEMPO (%)	82.07	3.705	9.672	4.55	0				
TOTAL DEL TIEMPO EN HORAS	12.7	0.6	1.5	0.7	0		15.5092		

Otras demoras	Hrs
Tiempo de charla de área de manto turno A	0.25
Tiempo de Lavado (Hrs)	0.75
Tiempo de almuerzo (Hrs)	0.75
Tiempo de llegada de operaciones a taller	0.5
Tiempo de commissioning por Ferreyros	1
	3.25

Tiempo total del tecnico 1		
15.51	+	3.25
	=	18.8

Figura 4.20 - DAP de Técnico 1, Cambio de Diferencial, Elaboración propia

#### • **Tiempo total de cambio de diferencial - Situación actual**

Con el tiempo estándar hallada en el punto 3.4.10, las demoras observadas en los diagramas analíticos del proceso de cada técnico y los demoras inevitables, (las demoras inevitables se muestran en los DAP de cada técnico), obtenemos el tiempo total por cada técnico en la tabla 3.35.

El tiempo total que se toma en cuenta para determinar la duración de un cambio de diferencial con el proceso actual es la obtenida en el técnico 1, por ser el mayor tiempo.

En este caso se observa un exceso de 2.59 Horas, ya que planeamiento considera para este cambio 16 horas como máximo, planeamiento considera este valor por los registros que maneja, según lo mostrado en el anexo 6. Este exceso afecta la disponibilidad que ofrece el área de mantenimiento al área de operaciones, lo cual significa pérdida de dinero por tener el camión inoperativo más tiempo de lo planificado.

Tabla 4.35 - Tiempo total por técnico

Técnicos	Tiempo Estándar	Demoras Observadas	Demoras Inevitables	TIEMPO TOTAL
Técnico 1 (HRS)	13.837	1.5	3.25	18.587
Técnico 2 (HRS)	13.033	1.83	3.25	18.116
Técnico 3 (HRS)	12.223	1.67	3.25	17.140
Técnico 4(HRS)	10.162	0.83	1	11.996

Elaboración propia

#### **4.4.12. Diagnóstico del cambio de componentes seleccionados.**

Después del análisis descriptivo y cuantitativo de las operaciones que implican este servicio de mantenimiento en los componentes en estudio, se procede a sopesar los principales problemas dentro de este proceso.

##### **a. Lluvia de ideas sobre los problemas de cambio de transmisión y diferencial.**

Sobre lo evaluado hasta este punto, se elabora una Lluvia de ideas sobre las causas del problema principal identificado en el taller de camiones de acarreo: Tiempo de cambio de componente excesivo; actualmente el tiempo de mantenimiento de un cambio de transmisión es de 14.28 horas, debiendo ser el tiempo operativo promedio de 12 horas (según los tiempos estándares especificados por la empresa, tabla 4.11). Por otro lado el tiempo operativo de un cambio de diferencial es de 18.58 Hrs como se muestra en el punto 4.4.11, debiendo ser el tiempo operativo promedio de 16 horas (según los tiempos estándares

especificados por la empresa, tabla 4.11). La lluvia de ideas vendrá soportada nuestra base para poder clasificar los problemas y, posteriormente, priorizar la solución de los mismos.

En la figura 4.21 se presenta la Lluvia de Ideas de los problemas existentes en el cambio de transmisión y diferencial.

- Lluvia de ideas:**
1. No hay componentes en stock disponibles para el cambio de componentes.
  2. Existe una mala gestión entre el área de planificación y logística por lo cual no se sabe el requerimiento de componentes para un determinado tiempo.
  3. Se gestiona un recurso equivocado. Lo que obliga a repetir la solicitud del componente.
  4. Existe una mala gestión entre logística y almacenes del proveedor por lo que no llegan a tiempo los componentes reparados.
  5. Componentes a instalar defectuosos, lo que provocaría volver a iniciar todo el desmontaje nuevamente o utilizar más tiempo para la reparación de los problemas identificados.
  6. Los procesos de reparación del proveedor son inadecuados por lo que la corrección de las fallas tomaría tiempos adicionales.
  7. Se generarían esperas porque no hay disponibilidad del camión de acarreo CAT por el área de operaciones.
  8. Existe una mala coordinación entre planificación y el área de operaciones mina.
  9. No hay disponibilidad de lavadero antes del inicio de todas las demás tareas.
  10. Existe una mala gestión de la supervisión del taller de camiones.
  11. Falta de recursos como bandejas para drenaje de aceite.
  12. Falta de recursos como las herramientas para desmontar y montar los componentes.
  13. No hay suficiente personal para cubrir todos los puestos dentro de cada cambio de componente.
  14. Procesos deficientes en la contratación y/o capacitación del personal.
  15. El personal no está familiarizado con el trabajo, o no está capacitado, por lo que su productividad está bajo el estándar.
  16. Falta de recursos como las líneas de succión de aceite o en todo caso, se encuentran en un estado deficiente.
  17. No hay herramientas básicas suficientes para el desarrollo del trabajo.
  18. No hay disponibilidad de camión grúa para el desmontaje de los componentes.
  19. Existe una mala gestión entre el área de planificación y supervisión de turno.
  20. No hay operadores acreditados entre los técnicos del taller para el uso del camión grúa.
  21. No hay espacio para la colocación del camión grúa.
  22. Bahías de trabajo insuficientes.
  23. Las condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo del trabajo.
  24. Falta de coordinación en el trabajo.

Figura 4.21 – Lluvia de ideas

#### **b. Diagrama causa efecto.**

El diagrama causa efecto, lo utilizaremos para identificar y agrupar las causas raíces que influyen en el tiempo de mantenimiento por cambio de componentes. Para este apartado utilizaremos el mismo diagrama tanto para el cambio de transmisión como para el cambio de diferencial, debido a que como ya se ha plasmado en la parte superior, ambos trabajos están interrelacionados y comparten casi un total de operaciones.

Este diagrama está basado en la lluvia de ideas que fue desarrollado y mostrado en la figura 3.20. El diagrama agrupa las causas con las siguientes variables: Componente, Método/Proceso, Maquinaria/herramientas, Mano de Obra y Medio ambiente. En la figura 4.22 se presenta el Diagrama Causa efecto del problema principal identificado en el servicio de mantenimiento de cambio de componentes para transmisión y diferencial.

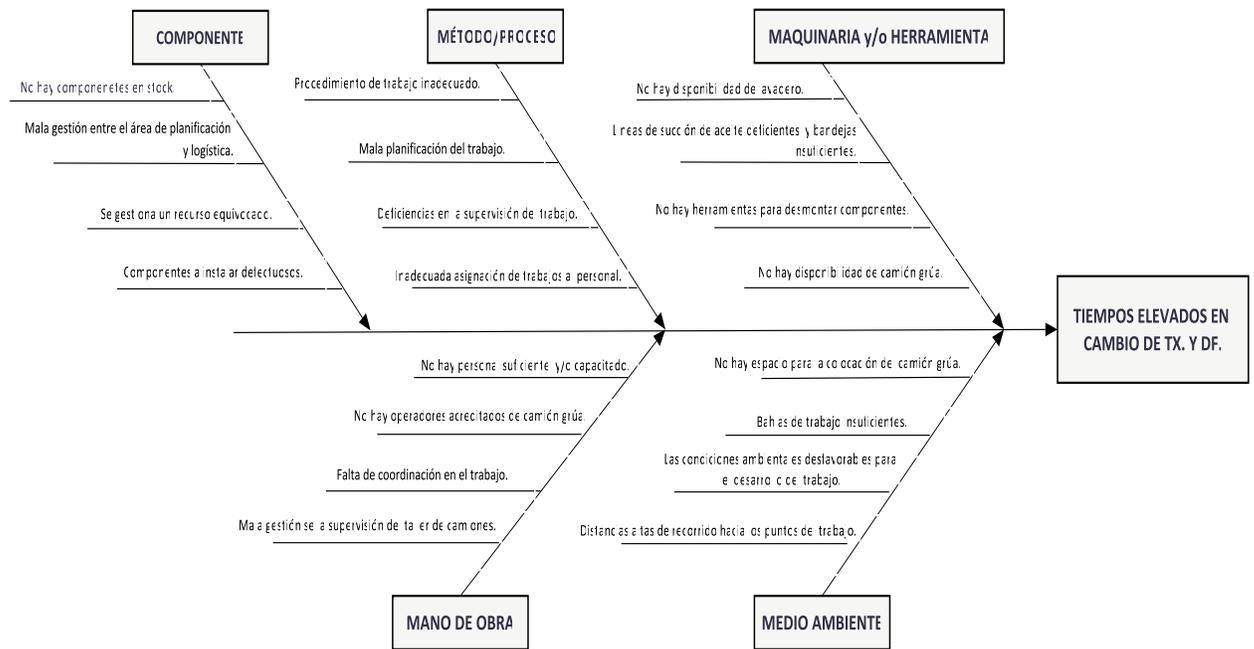


Figura 4.22 – Diagrama causa efecto  
Elaboración propia

### c. Validación de causas en el problema identificado.

#### • Disponibilidad de componentes en almacenes

La siguiente tabla nos muestra un resumen de los componentes en stock dentro de la empresa, así como los principales almacenes en la región sur y centro de la cual se apoya su cadena de suministros, para así asegurar la constante provisión de componentes reparados. Debe mencionarse el servicio exclusivo por parte del taller de reparaciones que se encuentra en la misma ciudad de funcionamiento de la empresa en análisis, con lo que consigue tener un adecuado número de componentes disponibles. Por tanto se tienen en promedio 9 diferenciales y 8 transmisiones a disposición inmediata para el taller de camiones, sin contar los stocks de otros almacenes de la región sur, lo que cubre la demanda promedio del periodo 2018; así como sus puntos picos; 9 diferenciales (enero) y 8 transmisiones (mayo).

Tabla 4.36 - Stock de repuestos en almacener región sur

MOD	DESCRIPCION	PROPIEDAD	SITUACIÓN	UBICACIÓN	CANTIDAD
793	DIFERENCIAL	LIMA	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	15
793	DIFERENCIAL	LIMA	REPARACIÓN	CRC LIMA	12
793	DIFERENCIAL	EMPRESA Minera	DISPONIBLE	ALM AREQUIPA	5
793	DIFERENCIAL	EMPRESA Minera	CERRO VERDE	CRC AREQUIPA	4
793	DIFERENCIAL	EMPRESA Minera	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	4
793	DIFERENCIAL	EMPRESA T	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	6
793	DIFERENCIAL	EMPRESA T	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	6
793	DIFERENCIAL	EMPRESA CU	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	4
793	DIFERENCIAL	EMPRESA CU	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	4
793	DIFERENCIAL	EMPRESA CO	DISPONIBLE	ALM CO	3
793	TRANSMISIÓN	LIMA	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	18
793	TRANSMISIÓN	LIMA	REPARACIÓN	CRC LIMA	15
793	TRANSMISIÓN	EMPRESA Minera	DISPONIBLE	ALM AREQUIPA	6
793	TRANSMISIÓN	EMPRESA Minera	DISPONIBLE	CRC AREQUIPA	3
793	TRANSMISIÓN	EMPRESA Minera	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	3
793	TRANSMISIÓN	EMPRESA T	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	4
793	TRANSMISIÓN	EMPRESA T	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	4
793	TRANSMISIÓN	CUAJONE	DISPONIBLE	DEPOSITO EFE	3
793	TRANSMISIÓN	CUAJONE	REPARACIÓN	CRC AREQUIPA	4
793	TRANSMISIÓN	CONSTANCIA	REPARACIÓN	CRC LIMA	3
793	TRANSMISIÓN	CONSTANCIA	DISPONIBLE	ALM CONST	3

Fuente: Elaboración propia

**• Disponibilidad de herramientas en el taller de camiones**

La disponibilidad de herramientas dentro del taller de camiones para el desarrollo de los trabajos de cambio de componentes, no representa mayores inconvenientes, debido a que se tiene un stock necesario de las herramientas. Eso viene impulsado por la gestión de una empresa subcontratada para la administración de la misma.

El cambio de transmisión y diferencial requiere las siguientes herramientas:

Tabla 4.37 - Herramientas para cambio de Tx y Dif.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
1	Eslinga 8 TON	3
2	Eslinga 4 TON	1
3	Sogas (vientos)	1
4	Pistola neumática ¾ caña corta”	1
5	Pistola neumática ¾ caña larga”	1
6	Dado de impacto 30mm o 1” 1/8	1
7	Grilletes 8 TON	3
8	Grilletes 16 TON	1
9	Tecla de 3.2 TON	1

Fuente: Elaboración propia

De la misma manera, la disponibilidad de herramientas mecánicas básicas es amplia, debido a que cada técnico posee su propia caja de herramientas.

Así mismo los recursos como bandejas son las necesarias, aunque el drenaje de las mismas toma mayores tiempos y crea inconvenientes en el trabajo por las políticas medioambientales.

**• Relación de la capacidad del taller con la cantidad de cambios de componentes.**

Para determinar la disponibilidad de atención de taller respecto al número de servicios por cambios de componente, se parte de la base de contar con 4 bahías para la atención de los mantenimientos, sumado a otras 4 bahías externas.

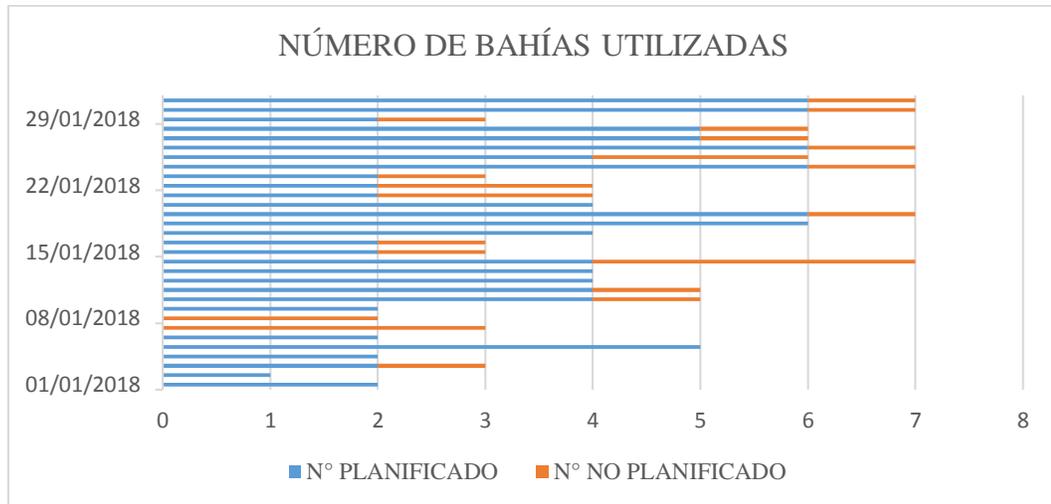


Figura 4.23 – Disponibilidad de bahías por mes

La gráfica anterior muestra el uso de las bahías de trabajo dentro del taller por servicios de cambio de componentes, como se puede ver el pico de uso ha sido un máximo de 7 bahías, por lo que el taller puede soportar la atención de los diferentes mantenimientos. Debe mencionarse que esta gráfica es un cálculo del requerimiento de bahías por cada trabajo de cambio de componente en un determinado día del mes evaluado. Dicha tendencia se mantiene con las variaciones propias del día de los diferentes meses.

• **Requerimiento de mano de obra para los mantenimientos**

Actualmente la política interna de la empresa considera que por cada camión que posee debe tener 1.5 técnicos de trabajo, dicha relación nos entrega la siguiente información.

Tabla 4.38 – Requerimiento de personal

N° CAM	FACTOR	N° TOTAL
92	1.5	138
TECNICOS	GUARDIAS	N° TOTAL
32	4	128

Fuente: Elaboración propia

La empresa debiera tener un total de 130 trabajadores repartidos entre sus 4 guardias de trabajo, sin embargo posee 128 trabajadores totales. Los trabajadores faltantes para el cumplimiento de esta política son 10, lo que vendría a ser 3 técnicos faltantes por cada guardia. No obstante es un número mínimo debido a que se cubre un 92% del requerimiento. El faltante varía de acuerdo a la carga laboral de cada día, como ya se ha analizado en diversas gráficas, la carga es fluctuante. La programación semana por otro lado, toma en cuenta el

requerimiento de personal adicional, el cual puede ser gestionado directamente por horas extras de los trabajadores, o la subcontratación de personal del dealer de la marca de los camiones, la cual es una empresa que trabaja en las instalaciones y tiene disposición inmediata de personal cuando se requiera.

Tabla 4.39 – Cantidad de personal técnico

EMPRESA MINERA	TÉCNICOS	N° TOTAL
2 guardias	3	6
DEALER	TÉCNICOS	N° TOTAL
1 guardia	3	3

Fuente: Elaboración propia

La empresa cuenta con la disposición de tener 3 técnicos del dealer fijos para cambio de componentes o hasta 6 técnicos propios de la empresa. Estos valores son propios de variaciones y requerimientos propios del día, están sujetos a la planeación y gestión directa de la supervisión.

Sobre las capacidades del personal en el taller se recoge la siguiente información:

Tabla 4.40 – Requerimientos técnicos del personal

Formación	Experiencia	Requerimientos
Técnico de 3 años	Mínima 3 años	Examen salud OK
	Dealer Ferreyros	Licencia de conducir A2B mínimo
	Otra empresa Minera	

Fuente: Elaboración propia

La empresa contrata personal técnico con formación profesional de institutos reconocidos, así como con experiencia de trabajos anteriores como en otras empresas mineras o ex trabajadores del dealer de la marca de los camiones en Perú, exige a su vez que dicho personal se encuentre en buen estado de salud y cuente como mínimo con licencia de conducir a2B. Ello muestra que la empresa cuenta con un personal altamente capacitado, el cual ha reunido suficiente experiencia y puede desarrollarse bajo los más altos estándares.

#### **d. Descarte de las causas de incremento de tiempo en el cambio de componentes.**

Para el descarte de las causas de los problemas dentro de los cambios de componente de transmisión y diferencial plasmados en el diagrama de causa-efecto figura 3.21 se ha utilizado la ponderación de las misma, tal como menciona los pasos en el desarrollo del diagrama según la fuente citada en el capítulo 1. Para ello se ha utilizado la elaboración de

preguntas donde el grupo de investigación junto a personal técnico y supervisión ha llegado en consenso a los siguientes resultados.

- **Criterios para evaluación de la posible causa**

¿Es un factor que lleva al problema?, ¿Es factor?

¿Ocasiona directamente el problema?, ¿Causa directa?

¿Si esto es mejorado, se corregirá el problema?, ¿Solución directa?

¿Se puede plantear una solución factible?, ¿Solución factible?

¿Se puede medir si la solución funcionó?, ¿Es medible?

¿La solución es de bajo costo?, ¿Bajo costo?

- **Ponderación de los criterios**

Tabla 4.41 – Ponderación de criterios

• Ponderación	• Descripción
• 3	• Beneficio mayor
• 2	• Beneficio medio
• 1	• Beneficio menor

Fuente: Elaboración propia

- **Análisis de la causa raíz del problema.**

La tabla 3.42 nos muestra las causas determinadas en los cambios de componentes seleccionados, así como las sub causas y la solución viable para remediar la misma. Por ello se parte de los seis criterios mencionados en el punto anterior, los cuales variarán desde un valor de 1 hasta 3 en orden de que la solución propuesta satisfaga la causa identificada. La puntuación por cada criterio se sumará y dará como resultado un valor total.

Tabla 4.42 – Evaluación de causa raíz del problema

CAUSAS	SOLUCIONES	CRITERIOS						Total es
COMPONENTE	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
No hay componentes en stock.	Buscar proveedores adicionales.	1	1	1	2	3	2	10
Mala gestión entre el área de planificación y logística.	Desarrollar plan estratégico en almacén.	1	1	1	3	2	3	11
Se gestiona un recurso equivocado.	Seguimiento a la planificación.	2	1	1	3	1	3	11
Componentes a instalar defectuosos.	Buscar otros proveedores en reparación.	2	1	1	2	3	2	11
MÉTODO/PROCESO	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
Procedimiento de trabajo inadecuado.	Seguimiento y evaluación de desempeño.	3	2	2	3	3	3	16
Mala planificación del trabajo.	Seguimiento a la planificación de trabajos.	2	2	1	3	2	3	13
Deficiencias en la supervisión del trabajo.	Capacitación en control de operaciones.	1	1	2	3	1	3	11
Inadecuada asignación de trabajos al personal.	Reorganización de los puestos de trabajo.	2	1	2	3	1	3	12
MAQ./HERRAMIENTAS	Solución	Factor	Causa Directa	Solución	Factible	Medible	Bajo Costo	
No hay disponibilidad de lavadero	Construir un nuevo lavadero.	1	1	3	1	1	1	8
Líneas de succión y bandejas de aceite deficientes.	Adquirir equipo para manejo de aceites.	2	2	3	3	1	3	14
No hay herramientas para desmontar componentes.	Controlar stock en pañol de herramientas.	1	1	2	3	1	3	11

No hay disponibilidad de camión grúa.	Maquinaria alternativa para desmontaje.	3	3	3	3	2	2	16
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>Solución</b>	<b>Factor</b>	<b>Causa Directa</b>	<b>Solución</b>	<b>Factible</b>	<b>Medible</b>	<b>Bajo Costo</b>	
No hay personal suficiente y/o capacitado.	Subcontratación y entrenamiento.	1	1	3	2	1	2	10
No hay operadores acreditados de camión grúa.	Entrenamiento y acreditación.	2	1	3	2	1	3	12
Falta de coordinación en el personal.	Capacitación de trabajo en equipo.	2	2	2	2	1	3	12
Mala gestión se la supervisión del taller de camiones.	Capacitación en control de operaciones.	2	1	2	3	1	3	12
<b>MEDIO AMBIENTE</b>	<b>Solución</b>	<b>Factor</b>	<b>Causa Directa</b>	<b>Solución</b>	<b>Factible</b>	<b>Medible</b>	<b>Bajo Costo</b>	
No hay espacio para la colocación del camión grúa.	Adquirir otra herramienta de trabajo	3	3	3	3	2	2	16
Bahías de trabajo insuficientes.	Construcción de nuevas lozas de trabajo.	1	1	3	1	1	1	8
Las condiciones ambientales desfavorables.	Desarrollar los trabajos dentro del taller.	3	2	3	3	2	3	16
Distancias altas de recorrido en el trabajo.	Desarrollar los trabajos dentro del taller.	2	2	2	3	3	3	15

Fuente: Elaboración propia

#### e. Causas más importantes del problema en componentes seleccionados.

La ponderación de la criticidad en cada causa encontrada para el proceso de cambio de transmisión y diferencial ha arrojado como resultado cuatro principales causas que estarían provocando las deficiencias antes mencionadas, las cuales se están traduciendo en tiempos elevado de reparación y posteriores reprogramaciones.

Tabla 4.43 – Priorización de las causas del cambio de Tx. y Df.

CAUSAS	PUNTUACIÓN
Procedimiento de trabajo inadecuado.	16
No hay disponibilidad de camión grúa.	16
No hay espacio para la colocación del camión grúa.	16
Las condiciones ambientales desfavorables.	16
Líneas de succión y bandejas de aceite deficientes.	14
Mala planificación del trabajo.	13
Inadecuada asignación de trabajos al personal.	12
No hay operadores acreditados de camión grúa.	12
Falta de coordinación en el personal.	12
Mala gestión se la supervisión del taller de camiones.	12
Mala gestión entre el área de planificación y logística.	11
Se gestiona un recurso equivocado.	11
Componentes a instalar defectuosos.	11
Deficiencias en la supervisión del trabajo.	11
No hay herramientas para desmontar componentes.	11
No hay componentes en stock.	10
No hay personal suficiente y/o capacitado.	10
No hay disponibilidad de lavadero	8
Bahías de trabajo insuficientes.	8

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO V: PROPUESTA DE MEJORA

Las oportunidades de mejora presentadas permitirán reducir el tiempo de cambio de la transmisión y diferencial, y mejorar las condiciones de trabajo.

- Los diagramas analíticos del proceso de cambio de transmisión y diferencial de cada técnico mostraron la necesidad de mejorar el proceso que elimine los traslados innecesarios de los técnicos.

- Mejorar y cambiar las herramientas y equipos que se utilizan para el izaje, llenado/drenaje de aceite, ya que estas demandan mayor tiempo para su utilización generando demoras que terminan ampliando el tiempo del cambio del componente.

- Reemplazar el equipo auxiliar que se usa para el izaje, por uno que permita el libre desarrollo de otros mantenimientos alrededor y no dependa de un espacio adicional al designado para realizar el cambio del componente, el modo en que se hace actualmente genera las mayores demoras.

- Realizar el trabajo dentro del taller, ya que las bahías exteriores no ofrecen las condiciones adecuadas para realizar el cambio del componente y estas condiciones sobre exigen al técnico afectando su rendimiento en el trabajo, esto se vio reflejado al momento de hallar el tiempo estándar.

- Las propuestas de mejora presentadas podrían ser implementar en 4 meses, pero por razones de la administración y la normativa de seguridad de la empresa minera esto puede ser hasta en 10 meses.

- La presente tesis es una propuesta de implementación de mejora, por lo cual los datos obtenidos para el nuevo tiempo estándar y el tiempo total, serán en base a los datos obtenidos en la evaluación de la situación actual.

- Por ser trabajos similares el cambio de transmisión y cambio de diferencial, las propuestas de mejorada involucrarán para ambos mantenimientos.

## 5.1. Herramientas y equipos para el cambio de componentes seleccionados.

### 5.1.1. Llenado de aceites

La figura 4.1, muestra el modo actual utilizado para llenar aceite cuando el mantenimiento se realiza en bahías exteriores 3 y 4, como muestra la figura 4.2. Las bombas tienen la capacidad de trabajar con las extensiones, pero usar el carrito de extensiones genera demoras como se vio en puntos anteriores. La distancia que existe entre los surtidores de aceite y la bahía exterior 4 es de 41 metros, como lo muestra la figura 4.1.

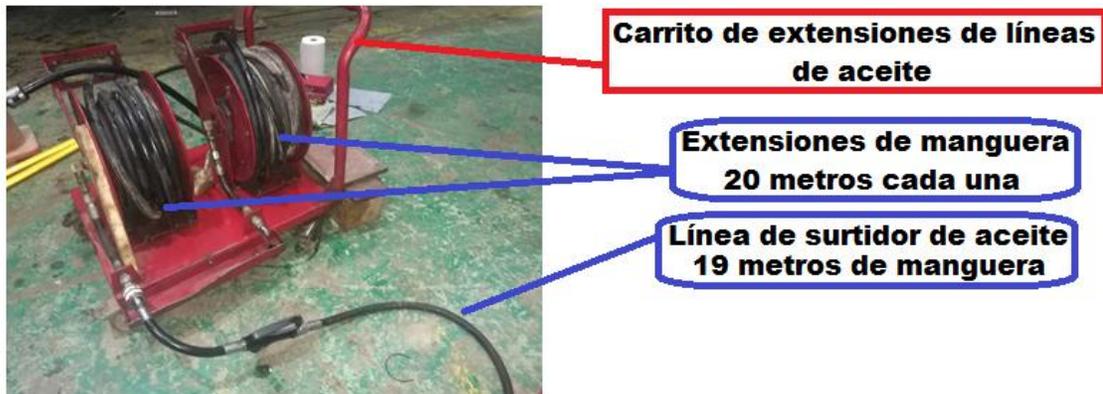


Figura 0.1 - Carrito de extensiones de líneas aceite para llenado

Según las especificaciones de las bombas que se usan para el llenado de aceite en la tabla 4.1, podemos reemplazar las líneas de aceite de 19 metros que se usa actualmente por unas líneas que lleguen hasta las bahías 3 y 4, para lo cual se necesitaran mangueras de 40 metros, como lo muestra la figura 4.2

Tabla 0.1 – Especificaciones de bomba de llenado

DATOS TECNICOS	
Modelo:	Lincoln 2001
Medios:	Aceites, productos químicos
Accionamiento:	Neumático 110 PSI
Cebado:	Autocebante
Tecnología:	Pistones
Sector:	Industrial
Caudal:	400 Gal/h
Tubo de la bomba	84985
Proporción:	12:1
Diámetro:	4 pulgadas
Distancia de entrega	492 pulgadas/150 metros

Fuente: Elaboración propia

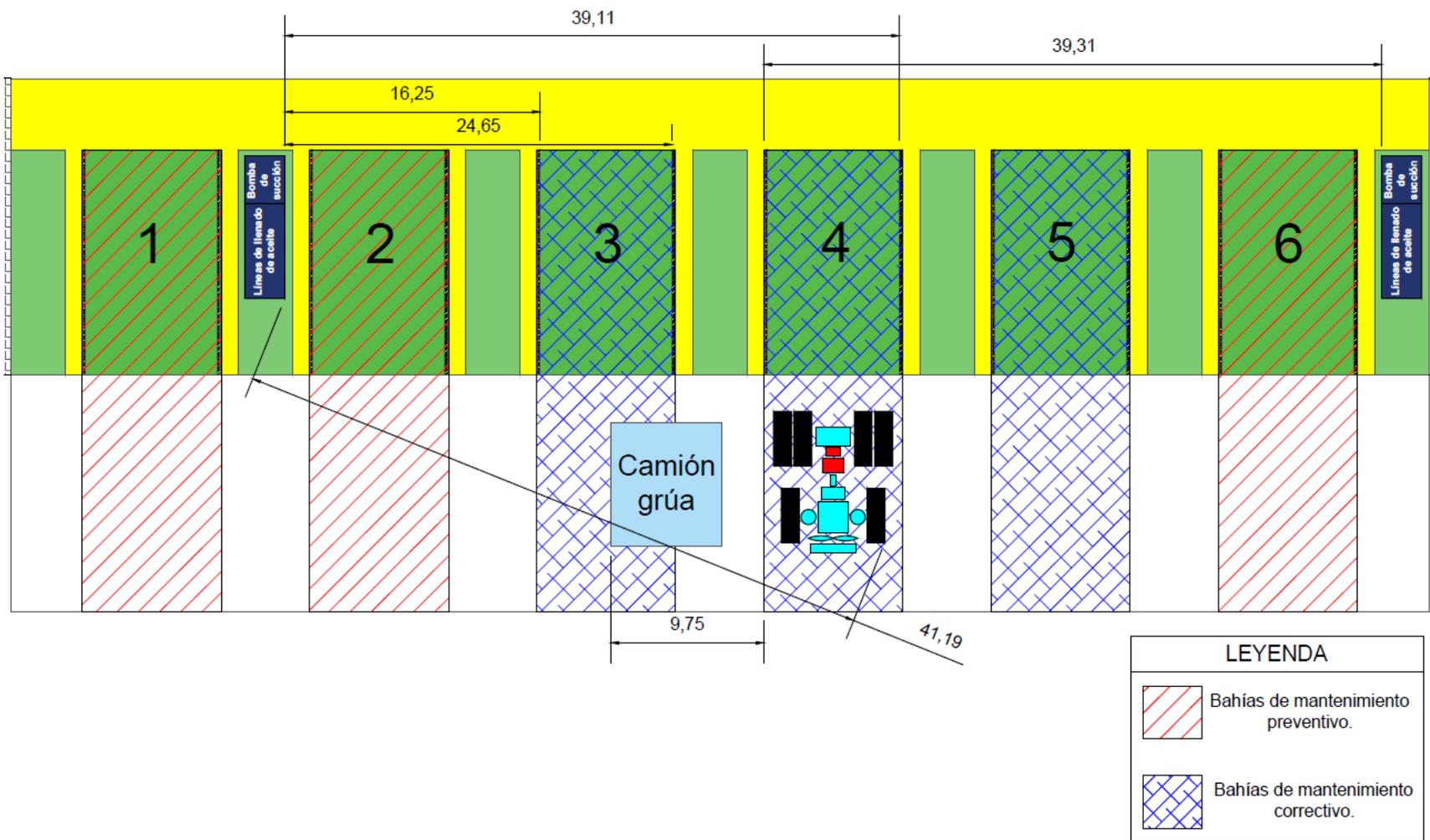


Figura 0.2 - Taller de mantenimiento

Elaboración propia

### 5.1.2 Drenaje de aceites

Las bombas que se utiliza actualmente para el drenaje de aceite, Mostrada en la figura 4.4 trabajan con un línea para la succión de 9 metros, la cual solo puede ser utilizada en las bahías internas 1,2 y 6 del taller como muestra la figura 4.2 generando las demoras ya presentadas en puntos anteriores.



Figura 0.3 - Bomba de succión de aceite usado

Las especificaciones de la bomba que se utiliza actualmente tienen las características que muestra la tabla 4.2, de las especificaciones vemos que la aspiración máxima es de 30 pies (9.14 metros), por lo cual no podría reemplazarse la línea actual por una más larga que llegue a las bahías 3 y 4. Por lo tanto es necesario reemplazar la bomba por otra que pueda trabajar sin problemas con una manguera de 26 metros.

Tabla 0.2 – Especificaciones bomba de succión

Datos técnicos:
SKU 221001
Material Polipropileno
Material de bola SS AISI 316
Material del diafragma HYTREL + PTFE
Relación de compresión 1: 1
Caudal 45 gpm – 170.3 lpm
Conexión de entrada de aire 1/2 in
Hilo de entrada 2 pulg NPT, salida 2 pulg NPTF
Presión máxima de trabajo 116 PSI
Altura máxima de entrega 262 ft
Elevación de succión máxima (seca) 16 pies
Aspiración máxima (llenada) 30 pies
Ruido (dB) 75
Viscosidad Hasta 35000 cps

<b>Fluidos Diesel, Aceite</b>
Temperatura máxima 185 F° (85 C°)
Max. Paso sólido 5/16 (0.3 pulg)

Fuente: tekmain.cl

La bomba PC125M cumple con las características requeridas, es una electrobomba centrífuga, que sin ningún problema puede succionar aceite con una línea de 40 metros. La Tabla 4.3 muestra las características de la bomba a adquirir. Respecto a la alimentación para el funcionamiento de la bomba, no habría problema porque el taller está equipado con tomas de alimentación eléctrica de 330 y 440 voltios.

Tabla 0.3 – Especificaciones bomba requerida

<b>DATOS TÉCNICOS</b>	
Modelo:	PC125M
Medios:	Para fangos, de aceite
Accionamiento:	Eléctrica
Cebado:	Autocebante
Tecnología:	Centrífuga
Sector:	Industrial
Otras características:	Mecánica, ATEX, de circulación
Caudal:	200 m³/h (7.062,9333 ft³/h)
Aspiración máxima	50 m (164 pies)
Presión:	16 bar (232,06 psi)
Altura:	100 m (328'01"

Fuente: directindustry.es

Las dimensiones de la bomba son parecidas a la bomba neumática que se usa actualmente, solo se tendría que reemplazar la bomba eléctrica en el lugar de la bomba neumática.

Para el uso de la manguera de succión se deberá considerar los mismos aspectos de seguridad que se determinaron para el uso de las mangueras de llenado de aceite, en los puntos siguientes. Según las especificaciones de la bomba a adquirir podrá succionar los 350 galones del diferencial en menos de 30 minutos.

#### **a. Aspectos de seguridad a considerar**

Al extender las mangueras de aceite para el llenado desde los surtidores hasta las bahías 3 y 4, pasaran por accesos peatonales como muestra la figura 5.3, existen dos accesos peatonales entre bahías de trabajo.

- Si el trabajo se realiza en la bahía 3 la manguera cruzara por tres accesos peatonales.

- Si el trabajo se realiza en la bahía 4 la manguera cruzara por cinco accesos peatonales.

#### **b. Levantamiento de aspectos de seguridad observados**

Las líneas al ser usadas como máximo tendrán un tiempo de uso de 60 minutos. Como muestra las especificaciones de las bombas de llenado en la tabla 4.1, el caudal que ofrece la bomba es de 400 galones/hora y la cantidad de aceite requerido para el diferencial es de 350 galones, si solo se hiciera un cambio de transmisión el tiempo de uso sería menor, ya que el aceite necesario para la transmisión es de 50 galones.

Para evitar algún accidente por el uso de las mangueras de llenado, se debe usar el tiempo necesario y luego retirarlas de las vías peatonales.

Durante el uso de las mangueras se deberá colocar rampas en los accesos peatonales por donde pasan las mangueras, las rampas a usar se muestran en la figura 4.3. El taller cuenta con dichas rampas, por lo cual no será necesario adquirir otras.



Figura 0.4 - Rampas para mangueras  
Fuente propia

#### **5.1.3. Herramientas de izaje.**

El camión grúa el cual ocupa una bahía adicional para su utilización, puede ser reemplazada sin problemas por una grúa articulada fija, la cual para su instalación necesita de un área de 1.9 metros, la cual no necesite de estabilizadores largos como el camión grúa, esta debe ser instalada en el espacio que hay entre la bahía 3 y 4, permitiendo realizar trabajos en ambos frente, como lo muestra la figura 4.5. Las especificaciones de la grúa a adquirir se muestran en la tabla 4.4

Tabla 0.4 - Especificaciones de grúa a adquirir

Datos Técnicos	HIAB X- HIPRO 1058 E-10
Alcance, extensión hidráulica (m)	24
Alcance / capacidad de elevación, con extensión hidráulica, brazo primero a 18°, brazo segundo horizontal (m/kg)	4.4 / 18000 6.3 / 12300 8.0 / 9300 9.7 / 7300 11.6 / 5800 13.6 / 4750 15.5 / 4050 17.6 / 3450 19.6 / 3050 21.8 / 2720 23.8 / 2480
Angulo de giro ( ° )	Continuo
Espacio de instalación necesario sin / con jib (mm)	1834 / -
Espacio de instalación necesario (incluyendo espacio de giro sin / con jib (mm)	1913 / -

Fuente: [www.hiab.com](http://www.hiab.com)

Para la instalación se aprovechara el espacio libre que existe entre la bahía 3 y 4, que posee un área de 3.46 metros x 14.26 metros, el espacio libre para la instalación se muestra en la figura 4.5

El brazo grúa a adquirir cumple con las mismas especificaciones a la usada en el camión, la grúa instalada en el camión al ser instalado sobre este equipo necesita de unos estabilizadores que al final terminan usando espacio adicional afectando las bahías contiguas, generando las demoras ya presentadas en los puntos anteriores. La figura 4.2 muestra el espacio que ocupa usar el camión grúa.

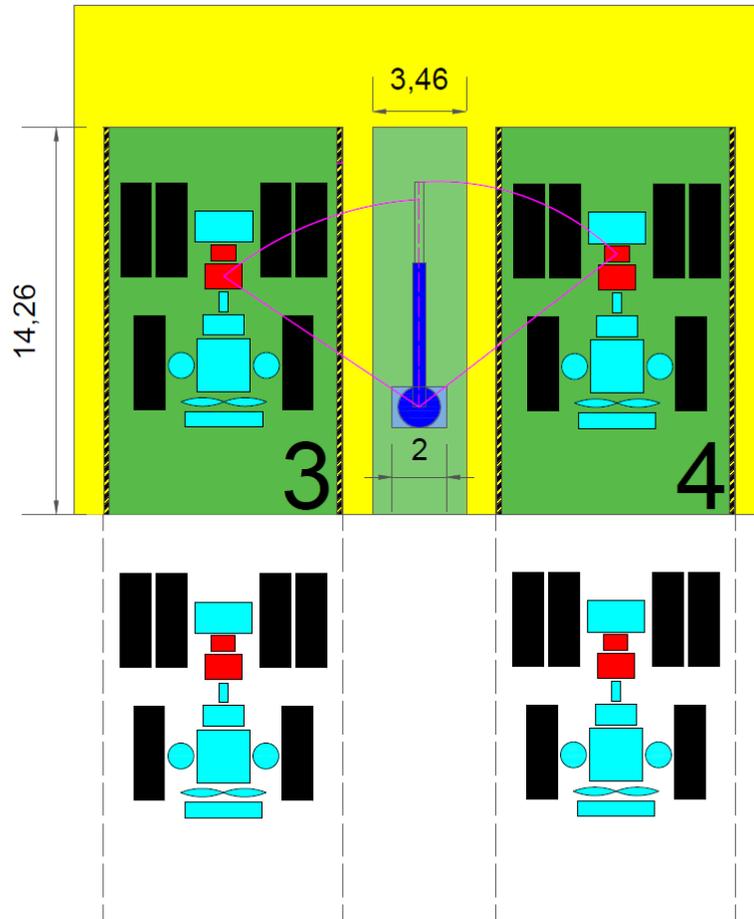


Figura 0.5 – Ocupación de brazo grúa estacionario.

Fuente: Elaboración propia

### 5.2. Instalaciones adecuadas.

Al reemplazar el camión grúa por una grúa articulada fija, los trabajos se podrán desarrollar dentro de las instalaciones del taller, bahía 3 y 4. Eliminando así las condiciones adversas que se presentaban fuera del taller, como muestra la figura 5.5

### 5.3. Organizar al personal adecuadamente.

Tomando en cuenta las actividades evaluadas desarrolladas por cada técnico en los cambio de transmisión y diferencial en el capítulo anterior, estas actividades se organizan para evitar traslados y operaciones innecesarias. Considerando las actividades que necesitan

apoyo y la utilización de las nuevas herramientas, el procedimiento propuesto se muestra en el punto 4.4

#### **5.4. Definición del nuevo procedimiento**

##### **5.4.1. Cambio de transmisión – Proceso propuesto**

Para mejorar el proceso, T1 encargado de conseguir las herramientas, repuestos, dispositivos de bloqueo y demás herramientas. Las actividades descritas en la Anexo 16, serán desarrolladas por el T1. El T2 y T3 trabajaran en la parte superior de la transmisión, solo se necesitara el apoyo del T3 en la parte inferior de la transmisión por un breve momento, deberán también realizar las actividades descritas en las tablas adjuntas en el Anexo 16.

El T4 será el encargado en transportar la Transmisión nueva y la saliente, además será el encargado de operar la grúa articula, cumplirá también las actividades mostradas en el Anexo 16.

##### **5.4.2 Cambio de diferencial – Proceso propuesto**

El técnico 1 será el encargado de conseguir las herramientas, repuestos, dispositivos de bloqueo y demás herramientas, en algunas actividades recibirá el apoyo del T2. Las actividades mostradas en la anexo 19. Serán desarrolladas por el T1.

El T2 desarrolla la mayor parte de sus actividades en la parte superior del camión, pero también se organizó actividades que deberá desarrollar junto al T3, en la parte superior e inferior del camión. Deberán también realizar las actividades descritas en las tablas adjuntas en el Anexo 19.

El T4 será el encargado en transportar el diferencial nuevo y el saliente, además será el encargado de operar la grúa articula, cumplirá también las actividades mostradas en el Anexo 19.

##### **5.4.3. Determinación del nuevo tiempo estándar Método Propuesto**

Las actividades evaluadas son las determinadas en el punto 4.4. Respecto al tiempo asumido para trasladar las nuevas líneas de llenado se duplico el tiempo que se tenía al trasladar las líneas actuales cuya medida son de 14 metros.

Al considerar las nuevas herramientas y equipo se eliminó los traslados que demandaban el uso de las herramientas y equipos anteriores.

Al realizar los trabajos de mantenimiento las tolerancias suplementarias se redujeron de 34% a 28% el nuevo análisis se muestra en la tabla 4.5, esto mejora el rendimiento de los técnicos.

Respecto al tiempo para la nueva grúa articula se consideró las recomendaciones generales que se tiene para el uso de un componente hidráulico. Para hallar el número de muestras necesarias en el técnico que opera la grúa articulada, se consideró el factor de 1.64 con un nivel de confianza del 90%, esto para tener valores más probables por ser esta tesis una propuesta de implementación.

Tabla 0.5 - Tolerancias para el Cambio de Tx yDf– Situación propuesta

A. Tolerancias constantes:	Añadir %	Evaluación	
1) Tolerancia por necesidades personales	5	9	Se le añade las tolerancias constantes, el técnico desarrolla actividades de constante movimiento
2) Tolerancia básica por fatiga	4		
<b>B. Tolerancias variables:</b>			
1) Tolerancia por ejecutar el trabajo de pie	2	2	El trabajo en su totalidad se hace de pie
2) Tolerancia por posiciones anormales en el trabajo:			
a) Ligeramente molesta	0	2	Para el desarrollo del trabajo será necesario tomar algunas posturas, estos son intermitentes
b) Molesta (cuerpo encorvado)	2		
c) Muy molesta (acostado, extendido)	7		
3) Empleo de fuerza o vigor muscular (esfuerzo para levantar, tirar, empujar), determinado por el peso levantado (en kilogramos y libras, respectivamente):			
a) 2.5 kg/5 lb	0	4	Por los procedimientos de trabajo seguro de la empresa, el personal como máximo podrá cargar 25 Kg, El técnico no carga constantemente esa cantidad, para cargas superiores se apoya del camión grúa, montacargas y demás equipos auxiliares
b) 5/10	1		
c) 7.5/15	2		
d) 10/20	3		
e) 12.5/25	4		
f) 15/30	5		
g) 17.5/35	7		
h) 20/40	9		
i) 22.5/45	11		
j) 25/50	13		
k) 30/60	17		
l) 35/70	22		
4) Alumbrado deficiente:			
a) Ligeramente inferior a lo recomendado	0	0	

b) Muy inferior	2		La iluminación del taller es la adecuada, cumplen estándares
c) Sumamente inadecuado	5		
5) Condiciones atmosféricas (calor y humedad) variables.	0-10	3	El trabajo se hace dentro de taller, el cual protege al técnico de las condiciones del clima.
6) Atención estricta:			
a) Trabajo moderadamente fino	0	2	Es necesario realizar un trabajo fino, por temas de seguridad y técnico
b) Trabajo fino o de gran cuidado	2		
c) Trabajo muy fino o muy exacto	5		
7) Nivel de ruido:			
a) Continuo	0	5	La cantidad de ruido es intermitente y fuerte, por el uso de las herramientas neumáticas y demás mantenimientos que se desarrollan alrededor
b) Intermitente-fuerte	2		
c) Intermitente-muy fuerte	5		
d) De alto volumen-fuerte	5		
8) Esfuerzo mental:			
a) Proceso moderadamente complicado 1	1	1	Para el desarrollo del trabajo es necesario considerar especificaciones técnicas y concentración para realizar los izajes
b) Complicado o que requiere amplia atención 4	4		
c) Muy complicado	8		
9) Monotonía:			
a) Escasa	0	0	La monotonía es escasa, el personal rota constantemente sus funciones
b) Moderada	1		
c) Excesiva	4		
Tolerancia total	28		

#### 5.4.4. Tiempo estándar cambio de Transmisión

En los anexos 16 se muestran los elementos propuestos, el tiempo medio de la sumatoria de cada técnico y el tamaño de la muestra que se deberá realizar en cada técnico.

En los anexos 17, se muestra los valores hallados de cada técnico, los valores que se muestra son:

- El tiempo medio observado.
- El valor de desempeño que se mantiene 100.
- El tiempo normal.
- El valor de las tolerancias suplementarias se redujeron de 34 a 28% esto por las nuevas condiciones de trabajo.
- El tiempo estándar propuesto.

En la tabla 5.6 se muestra el resumen de los tiempos estándar propuesto de cada técnico.

Tabla 0.6 - Tiempo estándar propuesto

Técnicos	Tiempo Estándar
Técnico 1 (HRS)	7.49
Técnico 2 (HRS)	7.46
Técnico 3 (HRS)	7.45
Técnico 4(HRS)	7.19

El nuevo tiempo estándar a considerar es del Técnico 1, por ser el mayor 7.49 Horas, este tiempo se redujo en comparación al tiempo estándar de la situación actual. A este tiempo le falta aumentar las demoras inevitables, esto en los puntos posteriores.

#### 5.4.5. Tiempo estándar cambio de Diferencial.

En los anexos 19, se muestran los elementos propuestos, el tiempo medio de la sumatoria de cada técnico y el tamaño de la muestra que se deberá realizar en cada técnico. Para el tamaño de la muestra del T4, se considera el factor 1.64 con un nivel de confianza del 90%, esto para tener valores más probables por ser esta tesis una propuesta de implementación.

En los anexos 20, se muestra los valores hallados de cada técnico, los valores que se muestra son:

- El tiempo medio observado
- El valor de desempeño que se mantiene 100
- El tiempo normal
- El valor de las tolerancias suplementarias se redujeron de 34 a 28% esto por las nuevas condiciones de trabajo.
- El tiempo estándar propuesto

Tabla 0.7 - Tiempo estándar propuesto

Técnicos	Tiempo Estándar
Técnico 1 (HRS)	10.034
Técnico 2 (HRS)	9.781
Técnico 3 (HRS)	10.002
Técnico 4(HRS)	7.424

El nuevo tiempo estándar a considerar es del Técnico 1, como muestra la tabla 4.7, por ser el mayor 10.03 horas, este tiempo se redujo en comparación al tiempo estándar de la situación actual. El tiempo estándar del T4 es menor, porque el trabajo no será concluido en el turno y en el siguiente solo será necesario 3 técnicos. A este tiempo le falta aumentar las demoras inevitables, esto en los puntos posteriores.

#### **5.4.6. Diagrama analítico del Proceso operativo de cambio de Transmisión**

El desarrollo del proceso operativo con los diagramas analíticos del proceso permitirá mostrar la secuencia de las actividades con el nuevo método propuesto, además permitirá una evaluación respecto a la situación actual, dando a conocer los beneficios que se podrían obtener en relación al tiempo y organización del personal.

El nuevo tiempo estándar de cada actividad que será usado en los DAP, fue calculado en el punto 4.4.4. Al tiempo estándar se le añadirá las demoras inevitables. Los datos mostrados en las tablas de evaluación 4.7 y 4.8, de cada técnico, fueron extraídos del DAP actual y propuesto de cada técnico.

- **Técnico 1:** La figura 4.6. Muestra el diagrama analítico del proceso del técnico 1, no presenta demoras, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 97.71% respecto al tiempo total, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 65 metros y el tiempo total del T1 es 10.9 incluyendo las demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 2:** El diagrama analítico del proceso del técnico 2, se adjunta en el Anexo 18, no presenta demoras, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 96.38% respecto al tiempo total, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 55 metros y el tiempo total del T2 es 10.87 incluyendo las demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 3:** El diagrama analítico del proceso del técnico 3, se adjunta en el Anexo 18, no presenta demoras, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 98.14% respecto al tiempo total, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 27 metros y el tiempo total del T3 es 10.86 incluyendo las demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 4:** El diagrama analítico del proceso del técnico 4, se adjunta en el Anexo 18, no presenta demoras, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 90.81% respecto al tiempo total, este valor es el menor en comparación al resto de técnicos ya que se le asigno operar los equipos auxiliares, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 149

metros y el tiempo total es de 8.4 Horas, incluyen las demora inevitables de 1 hora, descrita en el diagrama analítico del proceso.

#### a. Beneficios a lograr con el Método propuesto

La tabla 4.8, muestra los valores obtenidos del proceso actual y el propuesto del T1 y T2, del cual se obtiene los siguientes beneficios:

- El tiempo que invierte en las operaciones el T1 incrementan en 16.89% del tiempo total, para el T2 incrementa en 16.06%.
- Los traslados que realiza el T1 para el cambio de transmisión se redujeron de 134.5 metros a 65 metros. Para el T2 sus traslados se redujeron de 99 a 55 metros.
- Las demoras se redujeron a 0 horas, tanto para el T1 como para el T2

Tabla 0.8 - Evaluación T1 y T2

	TECNICO 1			TECNICO 2		
	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio
Tiempo Total (Horas)	14.6	10.9	3.7 Hrs	14.6	10.87	3.73 Hrs
Tiempo de Operaciones (%)	80.82	97.71	16.89%	80.32	96.38	16.06%
Traslados (metros)	134.5	65	69.5 metros	99	55	44 metros
Demoras del proceso (Horas)	1.33	0	1.33 Horas	1.43	0	1.43 Horas

La tabla 4.9, muestra los valores obtenidos del proceso actual y el propuesto del T3 y T4, del cual se obtiene los siguientes beneficios:

- El tiempo que invierte en las operaciones el T3 incrementan en 16.96% del tiempo total y para el T4 incrementan en 16.09%
- Los traslados que realiza el T3 para el cambio de transmisión se redujeron de 116 metros a 27 metros. Para el T4 sus traslados se redujeron de 340 a 149 metros.
- Las demoras se redujeron a 0 horas, tanto para el T3 como para el T4

Tabla 0.9 - Evaluación T3 y T4

	TECNICO 3			TECNICO 4		
	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio
Tiempo Total (Horas)	14.1	10.86	3.24 Hrs	11.2	8.4	2.8 Hrs
Tiempo de operaciones (%)	81.18	98.14	16.96%	74.72	90.81	16.09%

Traslados (metros)	116	27	89 metros	340	149	191 metros
Demoras del proceso (Horas)	1.33	0	1.33 Horas	0.5	0	0.5 Horas

**b. Nuevo tiempo para el cambio de Trasmisión**

El nuevo tiempo para el cambio de transmisión será 10.9 Horas, el tiempo total del técnico 1 por ser el mayor tiempo. Si este método se hubiera aplicado el 2018 se tendría un ahorro aproximado de 284.9 Horas, como lo muestra la tabla 4.10

Tabla 0.10 - Tiempo posiblemente ahorrado 2018

<b>HORAS DE CAMBIO DE TRANSMISIÓN</b>		
<b>Horas de cambio de Tx 2018</b>	<b>Método Propuesto</b>	<b>Horas Ahorradas</b>
Tx cambiadas:77	77*10.9 Horas	284.9
1124.2 Horas	839.3 Horas	Horas

Fuente: Elaboración propia

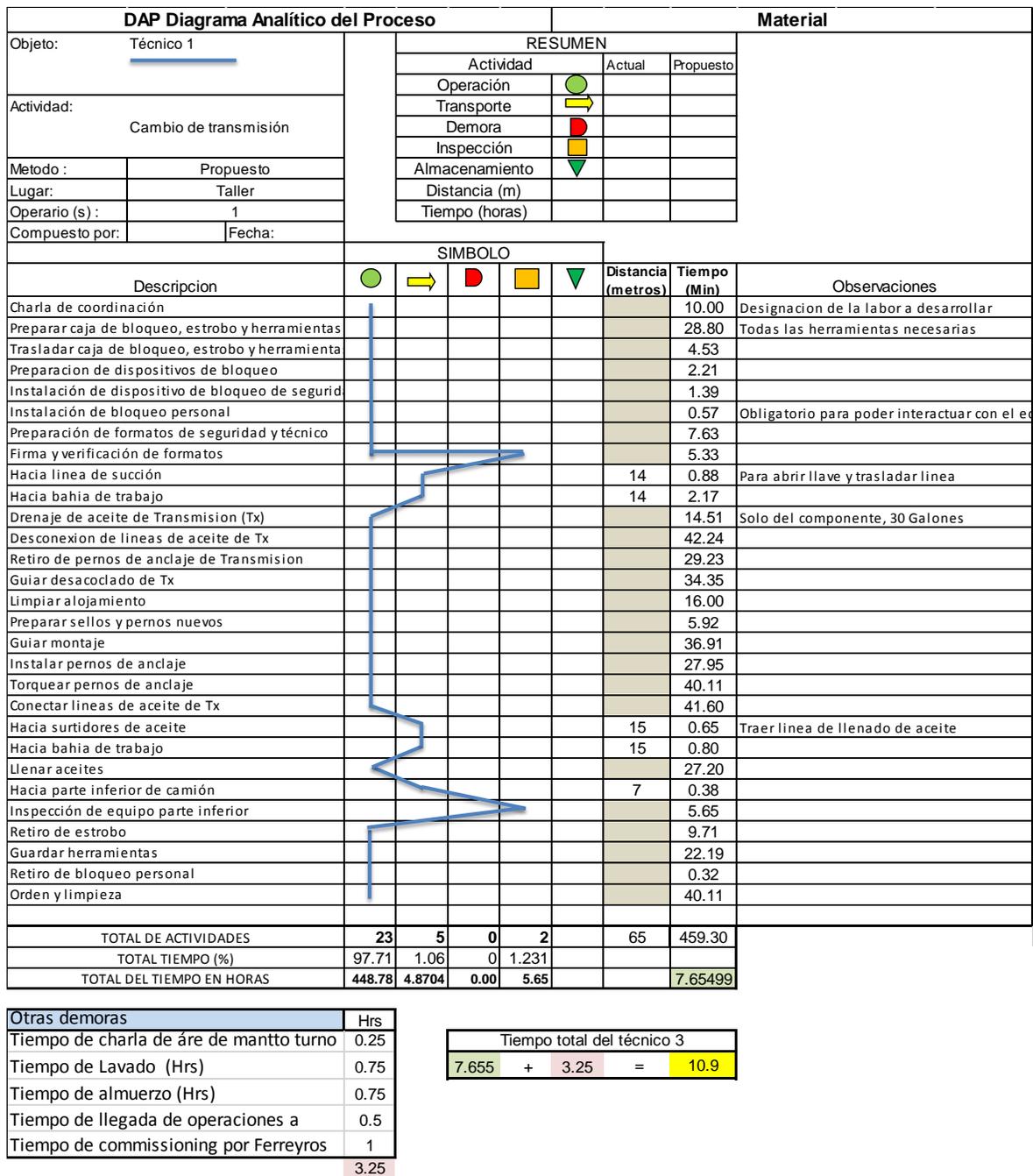


Figura 0.6 - DAP de Técnico 1, Cambio de Transmisión, Fuente: Elaboración propia

#### **5.4.7. Diagrama analítico del Proceso operativo de cambio de Diferencial.**

El nuevo tiempo estándar de cada actividad que será usado en los DAP, fue calculado en el punto 4.4.5. Al tiempo estándar se le añadirá las demoras inevitables. Los datos mostrados en las tablas de evaluación 4.11 y 4.12 de cada técnico, fueron extraídos del DAP actual y propuesto de cada técnico. Las demoras que presentan los técnicos 1, 2 y 3 pertenece al cambio de turno, donde se utiliza el tiempo para la alimentación y charla del turno entrante, esto porque el trabajo dura más de un turno.

- **Técnico 1:** La figura 4.7. Muestra el diagrama analítico del proceso del técnico 1, presenta demoras necesarias por el cambio de turno, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 89.85% respecto al tiempo total, este valor podría ser mayor pero es afectado por la demora necesaria el cual representa 8.8% del tiempo total. Los traslados necesarios para el mantenimiento son de 133 metros y el tiempo total del T1 es 14.6 horas, incluyendo las otras demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 2:** El diagrama analítico del proceso del técnico 2, se adjunta en el Anexo 21, presenta demoras por el cambio de turno, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 90.25% respecto al tiempo total, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 99 metros y el tiempo total del T2 es 14.4 horas incluyendo las demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 3:** El diagrama analítico del proceso del técnico 3, se adjunta en el Anexo 21, presenta demoras por el cambio de turno, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 89.77% respecto al tiempo total, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 73 metros y el tiempo total del T3 es 14.6 horas incluyendo las demoras inevitables las cuales suman 3.25 Horas.

- **Técnico 4:** El diagrama analítico del proceso del técnico 4, se adjunta en el Anexo 21, no presenta demoras por terminar su participación en el turno, el tiempo dedicado a las operaciones representa el 86.81 % respecto al tiempo total, este valor es el menor en comparación al resto de técnicos ya que se le asigno operar los equipos auxiliares, los traslados necesarios para el mantenimiento son de 112 metros y su tiempo total es de 8.6 horas, incluyen las demora inevitables de 1 hora, descrita en el diagrama analítico del proceso.

DAP Diagrama Analítico del Proceso						Material																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
Objeto:	Técnico 1	<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">RESUMEN</th> </tr> <tr> <th>Actividad</th> <th>Actual</th> <th>Propuesto</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operación</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Transporte</td> <td>→</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Demora</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Inspección</td> <td>■</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Almacenamiento</td> <td>▼</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Distancia (m)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo (horas)</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						RESUMEN				Actividad	Actual	Propuesto		Operación	●			Transporte	→			Demora	●			Inspección	■			Almacenamiento	▼			Distancia (m)				Tiempo (horas)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
RESUMEN																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Actividad	Actual	Propuesto																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
Operación	●																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Transporte	→																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Demora	●																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Inspección	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Almacenamiento	▼																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Distancia (m)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
Tiempo (horas)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
	Técnico 1 Relevo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Actividad:	Cambio de transmisión																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Metodo :	Propuesta																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Lugar:	Taller																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Operario (s) :	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
Compuesto por:	Fecha:																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">SIMBOLO</th> <th>Distancia (metros)</th> <th>Tiempo (Min)</th> <th>Observaciones</th> </tr> <tr> <th>Descripción</th> <th>●</th> <th>→</th> <th>●</th> <th>■</th> <th>▼</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Charla de coordinación</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10.00</td><td>Designacion de la labor a desarrollar</td></tr> <tr><td>Delimitación de área de trabajo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>17.28</td><td>Obligatorio para interactuar con el equipo</td></tr> <tr><td>Preparacion de dispositivos de bloqueo</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>32.21</td><td>Herramientas y esligas</td></tr> <tr><td>Preparación de formatos de seguridad y técnicos</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16.00</td><td>Obligatorio para interactuar con el equipo</td></tr> <tr><td>Firma y verificación de formatos</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.48</td><td></td></tr> <tr><td>Instalación de bloqueo personal</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.23</td><td>Obligatorio para interactuar con el equipo</td></tr> <tr><td>Traslado de bandeja de aceite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>23</td><td>4.75</td><td></td></tr> <tr><td>Ir hacia línea de succión</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>23</td><td>0.41</td><td></td></tr> <tr><td>Traslado de línea de succión</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>23</td><td>0.66</td><td></td></tr> <tr><td>Drenar aceite de Tx y diferencial</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>32.43</td><td></td></tr> <tr><td>Desconectar líneas de aceite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>28.16</td><td></td></tr> <tr><td>retirar pernos de anclaje del diferencial</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>18.77</td><td></td></tr> <tr><td>Retirar tapas de mandos finales RH y LH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>32.00</td><td></td></tr> <tr><td>Desconectar semiejes RH y LH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>36.2667</td><td></td></tr> <tr><td>Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>40.32</td><td></td></tr> <tr><td>Ir al alojamiento del Diferencial</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>8</td><td>0.40</td><td></td></tr> <tr><td>Limpiar alojamiento</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>24.75</td><td></td></tr> <tr><td>Preparar sellos y pernos nuevos</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>16.85</td><td></td></tr> <tr><td>Ir a la parte inferior de camión</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>8</td><td>0.55</td><td></td></tr> <tr><td>Instalar pernos de anclaje de diferencial</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>26.45</td><td></td></tr> <tr><td>Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>49.49</td><td></td></tr> <tr><td>Instalación de semiejes RH/LH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>36.05</td><td></td></tr> <tr><td>Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>34.56</td><td></td></tr> <tr><td>Orden y limpieza</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>35.63</td><td></td></tr> <tr><td>Retiro de bloqueo personal</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.33</td><td></td></tr> <tr><td>Espera de turno entrante</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>60.00</td><td>Espera del turno entrante, Cena y charla</td></tr> <tr><td>Charla de coordinación</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>10.00</td><td>Designacion de la labor a desarrollar</td></tr> <tr><td>Instalación de bloqueo personal</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>1.95</td><td></td></tr> <tr><td>Torquear pernos de anclaje</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>27.31</td><td>De Diferencial y Transmision</td></tr> <tr><td>Ir a surtidor de aceites</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>24</td><td>0.80</td><td></td></tr> <tr><td>Trasladar línea de llenado de aceite</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>24</td><td>1.63</td><td></td></tr> <tr><td>Llenado de aceite de diferencial y tx</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>38.61</td><td></td></tr> <tr><td>Retiro de bloqueo personal</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>0.26</td><td></td></tr> <tr><td>Arrancar motor</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>7.89</td><td></td></tr> <tr><td>Bajar de tolva</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>4.69</td><td></td></tr> <tr><td>Orden y limpieza</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>29.87</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL DE ACTIVIDADES</td><td>28</td><td>7</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>133.00</td><td>682.07</td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL TIEMPO (%)</td><td>89.853</td><td>1.35</td><td>8.797</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>TOTAL DEL TIEMPO EN HORAS</td><td>10.2</td><td>0.2</td><td>1.0</td><td>0.0</td><td>0</td><td></td><td>11.3678</td><td></td></tr> </tbody> </table>								SIMBOLO						Distancia (metros)	Tiempo (Min)	Observaciones	Descripción	●	→	●	■	▼				Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar	Delimitación de área de trabajo							17.28	Obligatorio para interactuar con el equipo	Preparacion de dispositivos de bloqueo							32.21	Herramientas y esligas	Preparación de formatos de seguridad y técnicos							16.00	Obligatorio para interactuar con el equipo	Firma y verificación de formatos							4.48		Instalación de bloqueo personal							0.23	Obligatorio para interactuar con el equipo	Traslado de bandeja de aceite						23	4.75		Ir hacia línea de succión						23	0.41		Traslado de línea de succión						23	0.66		Drenar aceite de Tx y diferencial							32.43		Desconectar líneas de aceite							28.16		retirar pernos de anclaje del diferencial							18.77		Retirar tapas de mandos finales RH y LH							32.00		Desconectar semiejes RH y LH							36.2667		Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx							40.32		Ir al alojamiento del Diferencial						8	0.40		Limpiar alojamiento							24.75		Preparar sellos y pernos nuevos							16.85		Ir a la parte inferior de camión						8	0.55		Instalar pernos de anclaje de diferencial							26.45		Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial							49.49		Instalación de semiejes RH/LH							36.05		Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH							34.56		Orden y limpieza							35.63		Retiro de bloqueo personal							0.33		Espera de turno entrante							60.00	Espera del turno entrante, Cena y charla	Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar	Instalación de bloqueo personal							1.95		Torquear pernos de anclaje							27.31	De Diferencial y Transmision	Ir a surtidor de aceites						24	0.80		Trasladar línea de llenado de aceite						24	1.63		Llenado de aceite de diferencial y tx							38.61		Retiro de bloqueo personal							0.26		Arrancar motor							7.89		Bajar de tolva							4.69		Orden y limpieza							29.87		TOTAL DE ACTIVIDADES	28	7	1	1	0	133.00	682.07		TOTAL TIEMPO (%)	89.853	1.35	8.797	0	0				TOTAL DEL TIEMPO EN HORAS	10.2	0.2	1.0	0.0	0		11.3678	
SIMBOLO						Distancia (metros)	Tiempo (Min)	Observaciones																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Descripción	●	→	●	■	▼																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Delimitación de área de trabajo							17.28	Obligatorio para interactuar con el equipo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Preparacion de dispositivos de bloqueo							32.21	Herramientas y esligas																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Preparación de formatos de seguridad y técnicos							16.00	Obligatorio para interactuar con el equipo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Firma y verificación de formatos							4.48																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Instalación de bloqueo personal							0.23	Obligatorio para interactuar con el equipo																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Traslado de bandeja de aceite						23	4.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ir hacia línea de succión						23	0.41																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Traslado de línea de succión						23	0.66																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Drenar aceite de Tx y diferencial							32.43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Desconectar líneas de aceite							28.16																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
retirar pernos de anclaje del diferencial							18.77																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Retirar tapas de mandos finales RH y LH							32.00																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Desconectar semiejes RH y LH							36.2667																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Guiar desmontaje de conjunto Dif/Tx							40.32																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ir al alojamiento del Diferencial						8	0.40																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Limpiar alojamiento							24.75																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Preparar sellos y pernos nuevos							16.85																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Ir a la parte inferior de camión						8	0.55																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Instalar pernos de anclaje de diferencial							26.45																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Conectar líneas de aceite de Tx y diferencial							49.49																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Instalación de semiejes RH/LH							36.05																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Instalación de Tapas de mandos finales RH/LH							34.56																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Orden y limpieza							35.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Retiro de bloqueo personal							0.33																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Espera de turno entrante							60.00	Espera del turno entrante, Cena y charla																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Charla de coordinación							10.00	Designacion de la labor a desarrollar																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Instalación de bloqueo personal							1.95																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Torquear pernos de anclaje							27.31	De Diferencial y Transmision																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Ir a surtidor de aceites						24	0.80																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Trasladar línea de llenado de aceite						24	1.63																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Llenado de aceite de diferencial y tx							38.61																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Retiro de bloqueo personal							0.26																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Arrancar motor							7.89																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Bajar de tolva							4.69																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Orden y limpieza							29.87																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
TOTAL DE ACTIVIDADES	28	7	1	1	0	133.00	682.07																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
TOTAL TIEMPO (%)	89.853	1.35	8.797	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
TOTAL DEL TIEMPO EN HORAS	10.2	0.2	1.0	0.0	0		11.3678																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	

Otras demoras	Hrs
(Hrs)	0.25
Tiempo de Lavado (Hrs)	0.75
Tiempo de almuerzo (Hrs)	0.75
Tiempo de llegada de operaciones a taller	0.5
Tiempo de commissioning por Ferreyros	1
	3.25

Tiempo total del tecnico 1			
11.37	+	3.25	= 14.6

Figura 0.7 - DAP de Técnico 1, Cambio de Diferencial, Fuente: Elaboración propia

**a. Beneficios a lograr con el Método propuesto.**

La tabla 4.11, muestra los valores obtenidos del proceso actual y el propuesto del T1 y T2, del cual se obtiene los siguientes beneficios:

- El tiempo que invierte en las operaciones el T1 incrementan en 7.78% del tiempo total, para el T2 incrementa en 8.66%.
- Los traslados que realiza el T1 para el cambio de transmisión se redujeron de 161 metros a 133 metros. Para el T2 sus traslados se redujeron de 190 a 99 metros.
- Las demoras que permanecen pertenecen al tiempo para el cambio de turno, el resto de demoras que tenía el mantenimiento fueron eliminados.

Tabla 0.11 - Evaluación T1 y T2

	TECNICO 1			TECNICO 2		
	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio
Tiempo Total (Horas)	18.8	14.6	4.2 Hrs	17.7	14.4	3.3 Hrs
Tiempo de operaciones (%)	82.07	89.85	7.78%	81.59	90.25	8.66%
Traslados (metros)	161	133	28 metros	190	99	91 metros
Demoras del proceso (Horas)	1.5	1	0.5 Horas	1.8	1	0.8 Horas
Demoras del proceso (%)	9.6	8.8	0.8 %	12.67	8.9	3.77 %

Fuente: Elaboración propia

La tabla 4.12, muestra los valores obtenidos del proceso actual y el propuesto del T3 y T4, del cual se obtiene los siguientes beneficios:

- El tiempo que invierte en las operaciones el T3 incrementan en 8.67% del tiempo total y para el T4 incrementan en 14.08%
- Los traslados que realiza el T3 para el cambio de transmisión se redujeron de 200 metros a 73 metros. Para el T4 sus traslados se redujeron de 417 a 112 metros.
- Las demoras para el T3 se redujeron en 2.6%, esta demora representan el cambio de turno y el T4 se redujo en su totalidad.

Tabla 0.12 - Evaluación T1 y T2

	TÉCNICO 3			TÉCNICO 4		
	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio	Situación Actual	Método Propuesto	Beneficio
Tiempo Total (Horas)	17.9	14.6	3.3 Hrs	11.9	8.6	3.3 Hrs
Tiempo de operaciones (%)	81.1	89.77	8.67%	72.73	86.81	14.08%
Traslados (metros)	200	73	127 metros	417	112	305 metros
Demoras del proceso (Horas)	1.7	1	0.7 Horas	0.83	0	0.83 Horas
Demoras del proceso (%)	11.4	8.8	2.6 %	7.64	0	7.64 %

Fuente: Elaboración propia

#### b. Nuevo tiempo para el cambio de Diferencial

El nuevo tiempo para el cambio de transmisión será 14.6 Horas, el tiempo total del técnico 1 por ser el mayor tiempo.

Si este método se hubiera aplicado el 2018 se tendría un ahorro aproximado de 319.2 Horas, como lo muestra la tabla 4.13

Tabla 0.13 - Tiempo posiblemente ahorrado 2018

HORAS DE CAMBIO DE TRANSMISIÓN		
Horas de cambio de Dif 2018	Método Propuesto	Horas Ahorradas
Diferenciales cambiados:76	76*14.6 Horas	319.2
1428.8 Horas	1109.6 Horas	Horas

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4.7. Resumen del método propuesto.

- El nuevo tiempo con el método propuesto será de 10.91 Horas, manteniendo los mismos estándares de calidad.
- El tiempo se redujo en 3.69 horas.
- El método propuesto asegura el cambio de transmisión en un tiempo menor a 11 horas, ya que se libera de situaciones que podrían generar demoras por la utilización del camión grúa y la necesidad de ocupar una bahía adicional.
- Las actividades propuestas para cada técnico, permiten realizar el trabajo de una forma más ordenada, eliminando desplazamientos innecesarios y las demoras evaluadas inicialmente.

- Las nuevas condiciones de trabajo para los técnicos, mejoraran su rendimiento dando la posibilidad de hacer el trabajo en menor tiempo.

- El técnico 4, terminara sus actividades en 8.4 horas, el resto de tiempo puede apoyar al resto de técnicos, permitiendo así reducir a un más el tiempo de cambio de transmisión.

### **5.5. Gestión anticipada de trabajo.**

Mediante la gestión anticipada del trabajo se podrá conseguir un mejor control de las operaciones por cambio de componentes. Para ello se proponen implementar un formato de control de gestión de los trabajos. La implementación de un formato de control no sólo será útil para la gestión de los servicios por cambio de componentes seleccionados, sino para el control de los otros componentes mayores analizados en este trabajo.

Este formato de gestión, permitirá en si verificar la condición de todos los recursos tanto materiales, como humanos, para asegurar un adecuado control de los mismos y se encuentren disponibles para el día del trabajo.

La información requerida en este formato será la siguiente:

- a. Iniciará con el encabezado, donde se mencionará el tipo de cambio de componente, el equipo donde se desarrollará y la fecha planificada.
- b. Como punto número uno, se tendrá en consideración las bahías de trabajo, donde se marcará el número de la bahía donde se pretende trabajar, a continuación si requiere demarcación o no, y que tipo de área es considerada. Así también se especificará qué condiciones se requieren en pasillos, áreas adyacentes y otras condiciones generales.
- c. El segundo punto describirá los recursos que serán necesarios para esta tarea, cuantas bandejas y de que capacidad. Por otro lado las herramientas necesarias.
- d. El tercer punto son los equipos que estarán comprometidos en la tarea. Dichos equipos son las herramientas fundamentales para realizar un determinado cambio de componente.
- e. Siguiendo a este, se considerará la fuerza laboral que se necesita, así como las capacidades que se requieren para este trabajo.
- f. En torno al punto final, se habla de los componentes a cambiar, aquí se gestionará los datos del mismo, su ubicación y la condición en la cual se encuentra y se deja.
- g. Por otro lado también se tienen los repuestos necesarios para el trabajo, estos repuestos deben estar nombrados, contabilizados y verificados.

GESTIÓN PREVIA POR CAMBIO DE COMPONENTE									
<b>TRABAJO:</b>									
<b>EQUIPO:</b>						<b>FECHA:</b>			
<b>1. BAHÍAS DE TRABAJO</b>									
Bahía Requerida:		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		
Demarcación:		SI	NO	Area Controlada			Area Restringida		
Pasillos y Adyacentes:									
Otras características:									
<b>2. RECURSOS</b>									
Bandejas:		cap.		cap.		cap.			
Herramientas:									
<b>3. EQUIPOS</b>									
<i>Descripción</i>	<i>X</i>	<i>#</i>	<i>Descripción</i>	<i>X</i>	<i>#</i>	<i>Descripción</i>	<i>X</i>	<i>#</i>	
Montacarga			Worktable			Portacilindro			
Camión aux			Implemento			Elevador 500			
Elevador hidro			Grua puente			Manipulador			
<b>4. RECURSO HUMANO</b>									
<i>Descripción</i>	<i>X</i>	<i>#</i>	<i>Descripción</i>	<i>X</i>	<i>#</i>				
Operador Grúa Puento			Operador Kimbo						
Operador Grua mobil			Maniobrista						
Operador grúa fija			Técnico mecánico						
Operador Camión Serv.			Técnico Electricista						
<i>Designación</i>			<i>Designación</i>						
<b>5. COMPONENTE</b>									
<i>Descripción:</i>						<i>S/N:</i>			
<i>Procedencia:</i>						<i>Estado:</i>			
<i>Condición:</i>									
<b>6. REPUESTOS</b>									
<i>Item</i>	<i>Descripción</i>					<i>Cantidad</i>	<i>Entregado</i>		
<i>Supervisor</i>						<i>Tecnico llder</i>			

Figura 0.8 – Formato de gestión de cambio de componente

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: EVALUACIÓN ECONÓMICA DE LAS PROPUESTAS

### 6.1. Análisis Beneficio – Costo para la adquisición de un Brazo hidráulico fijo.

Para este análisis se considera una vida del proyecto de cinco años inicialmente, por parte de diferentes proveedores, la vida útil de una maquinaria hidráulica es de 5 años de forma asegurada; después de este periodo no existirá el activo contablemente, debido a que debe ser evaluado para un reacondicionamiento o la venta de la misma.

La depreciación de una herramienta hidráulica de esta aplicación se depreciará por el método de línea recta y no se considerará un valor residual. La inversión inicial de esta propuesta incluye la adquisición de esta herramienta hidráulica. A ello se le sumarán otros costos los cuales devienen del propio trabajo de la herramienta en los próximos cinco años; entre estos costos tenemos:

Costos de mantenimiento y combustible del equipo, este costo será \$ 8865 anuales e irá aumentando 5% anual por la proyección del aumento de combustible y los insumos y recursos de los mantenimientos. (Véase tabla 5.1)

Tabla 5.1 – Costos de la nueva herramienta hidráulica

Costos de combustible		Costos mantenimiento			
servicios mensuales	13	<b>mantenimiento mensual</b>	M.O.	\$ 300	
combustible/servicio	5 galones		Repuestos	\$ 150	
consumo total	65 galones			<b>\$ 450</b>	
precio/combustible	\$ 3	<b>mantenimiento semestral</b>	M.O.	\$ 600	
precio mensual	\$ 195		Aceites	\$ 262.5	
precio anual	<b>\$ 2340</b>		Repuestos	\$ 150	
				<b>\$ 1012.5</b>	<b>\$ 2025</b>
					<b>\$ 6525</b>

Fuente: Elaboración propia

En relación a los beneficios propios de la instalación de una herramienta que elimine los tiempos por demoras en la disposición y manejo del camión grúa, se debe mencionar que los valores que se presentan en la tabla 6.2 son el producto de las horas en las que se redujo el trabajo multiplicadas por el costo de tener un equipo sin producir:

Tabla 5.2 – Beneficio económico por horas ahorradas

	<b>TRANSMISIÓN</b>	<b>DIFERENCIAL</b>
<b>N° CAMBIOS</b>	77	76
<b>TIEMPO AHORRADO</b>	3.718 Horas	4.307 Horas
<b>Tiempo TOTAL</b>	286.3 H/año	327.3 H/año
<b>Costo de Camión Parado</b>	\$ 4840.108291/Hora	\$ 4840.108291/Hora
<b>BENEF. ECONOMICO</b>	\$ 1385655.242	\$ 1584322.3

Fuente: Elaboración propia

El cálculo del costo de camión parado se puede ver en el anexo 10.

En la tabla 6.3 se ven los costos que implica la instalación de una nueva herramienta con las especificaciones propuestas, así como los beneficios monetarios de reducir el tiempo de cambio de componente.

Tabla 5.3 – Flujo de costos por adquisición de nueva herramienta hidráulica

<b>Periodo</b>	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>	<b>Año 4</b>	<b>Año 5</b>
<b>Inversión</b>	<b>Monto (\$)</b>					
Adquisición de la herramienta	439488.00					
Instalación	8974.00					
Total Inversión	448462.00					
<b>Costos</b>						
Combustible	0	2340	2457	2580	2709	2844
Mantenimiento	0	6525	6851	7194	7554	7931
Total Costos	<b>0</b>	<b>8865</b>	<b>9308</b>	<b>9774</b>	<b>10262</b>	<b>10775</b>
<b>Beneficios</b>						
Ahorro en tiempo reparación		2753314.9	2753314.9	2753314.9	2753314.9	2753314.9
Valor residual del activo						84872
Total Beneficios	0	<b>2753314.9</b>	<b>2753314.9</b>	<b>2753314.9</b>	<b>2753314.9</b>	<b>2838186.9</b>
Flujo Neto		2744449.9	2744006.7	2743541.3	2743052.6	2827411.5

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 5.4 se ven los costos que implica la instalación de una bomba de succión con las especificaciones propuestas.

Tabla 5.4 - Flujo de costos por adquisición de bomba eléctrica de succión

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
<b>Inversión</b>	<b>Monto (\$)</b>					
Bomba de aceite	\$ 3900.00					
Instalación	\$ 1000.00					
Manguera succión	\$ 1040.00					
Total Inversión	\$ 5940.00					
<b>Costos</b>						
Energía eléctrica	0	\$ 250	\$ 263	\$ 276	\$ 289	\$ 304
Mantenimiento	0	\$ 200	\$ 210	\$ 221	\$ 232	\$ 243
Total	<b>0</b>	<b>\$ 450</b>	<b>\$ 473</b>	<b>\$ 496</b>	<b>\$ 521</b>	<b>\$ 547</b>
Costos Totales	<b>\$ 8426.53</b>					

Fuente: Elaboración propia

Finalmente se muestra el cuadro resumen en lo referente a relación Beneficio/Costo, evidenciándose beneficios económicos reales, por lo que esta propuesta es viable.

Tabla 5.5 – Relación beneficio costos de la nueva adquisición

Periodo	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Flujo Neto	-448462.0	2961112.57	2960669.32	2960203.91	2959715.22	3044074.11
Total Beneficio	14885775.13					
Total Costos	456888.53					
Relación Beneficio/Costo	32.58%					

Fuente: Elaboración propia

Entiéndase por la tabla 5.5 que en minería la parada del camión estaría dejando de producir cierta cantidad de cobre, lo cual se traduce en un valor monetario. Es decir se estaría ganando en promedio treinta veces más de lo que se invirtió en la compra una nueva herramienta hidráulica. No obstante para mantener en correcto funcionamiento la flota de camiones de la empresa minera en cuestión, se requieren otros gastos, los cuales pueden verse a detalle en el anexo 11. Estos gastos son necesarios, ya que incluyen los gastos generales de mantenimiento, los gastos por insumos como el combustible, el salario del recurso humano, entre otros. A continuación el extracto final de dichos gastos:

<b>Costo mensual Taller Camiones 793</b>	\$16,578,717.08
<b>Costo Anual Taller Camiones 793</b>	\$198,944,605.01

Anualmente los costos incurridos en la puesta en operación de los camiones de acarreo 793 ascienden a un promedio de 198944605 millones de dólares. Por otro lado anualmente el ahorro por la reducción en el tiempo de cambio de transmisión y diferencial asciende a 2753315.0 millones de dólares. Ello quiere decir que los beneficios económicos conseguidos con esta propuesta de mejora, si bien son valores grandes, los cuales han cubierto la inversión de una nueva herramienta, comparados a los gastos generados en la puesta en operación de la flota de camiones, solo representa el 6.71% del total de estos costos. Este valor a pesar de todo es altamente considerable: no obstante no se está tomando en cuenta los costos de las demás etapas de los procesos que involucra una gran empresa minera, ello debido a la restricción en el acceso a esta información. Con la suma de los demás gastos en las otras etapas de una empresa minera, los beneficios alcanzados ya no se vislumbrarían como cuantiosas cantidades de dinero ahorradas. Sin embargo lo que sí se demuestra es que no existe pérdidas por la adquisición de dicha herramienta hidráulica. Por todo lo contrario se obtiene un beneficio el cual se representa en tiempo real ahorrado.

## CONCLUSIONES

A través de la investigación inicial del presente trabajo se concluye:

- Los servicios en el taller de mantenimiento de camiones conformados por sus dos principales servicios (mantenimientos preventivos y cambio de componentes) presentaban características y resultados diferentes, por lo cual se identificó deficiencias en el proceso por mantenimientos de cambio de componentes.
- El servicio de mantenimiento por cambio de componentes está conformado por el montaje y desmontaje de diferentes componentes dentro del camión, los cuales son de vital importancia para el correcto funcionamiento del camión, ello siguiendo un orden de criticidad unos respecto de otros.
- Los cambios de componentes mostraban resultados bajo los estándares de la empresa en cuanto a la reprogramación de los trabajos, un total de 67%. Siendo para transmisión y diferencial de 59% y 58% respectivamente.
- La causa principal de la reprogramación en cambio de componentes se debía al tiempo elevado de mantenimiento, lo que ocasionaba la demora de los trabajos, la reprogramación de los trabajos consecutivos, y la conglomeración general del taller. Siendo este tiempo de 115 y 109 horas en la transmisión y el diferencial respectivamente.
- La elección de los componentes transmisión y diferencial, se debió como resultado del alto índice de cambios que mostraban, así como el tiempo de parada en taller y la criticidad de los mismos, 77 y 76 cambios respectivamente.
- La falta de una secuencia en las actividades realizadas en los mantenimientos generan entorpecimiento del personal, operaciones y movimientos innecesarios que al final se refleja en el tiempo necesario para el mantenimiento.
- Las herramientas que se identificaron para ser reemplazadas provocan la mayor parte de las demoras y son las responsables en generar más operaciones, que se eliminaran si se reemplazan por otras herramientas y equipos.

- Es muy importante tener en cuenta las condiciones donde se realizan los mantenimientos, porque esto podría afectar el rendimiento del personal y en consecuencia prolongar los tiempos del mantenimiento.

- Aplicando la propuesta de mejora podemos reducir 3.7 horas el tiempo actual para un cambio de transmisión y 4.2 horas el tiempo en que se realiza un cambio de diferencial.

## **RECOMENDACIONES.**

El presente trabajo ha buscado el desarrollo de una investigación de los servicios brindados en el taller de camiones, donde se ha concluido con la propuesta de la adquisición de una herramienta hidráulica que permita modificar el proceso actual del cambio de componente de transmisión y diferencial. Sin embargo esta sólo ha sido una propuesta, y como se ha podido evidenciar, los tiempos ahorrados parten de la eliminación o reducción de ciertos pasos del proceso. Se recomienda adquirir otro tipo de implemento hidráulico o a fin que cumpla con las especificaciones mencionadas, para que dichos resultados puedan verse. Así también se recomienda profundizar este estudio una vez implementada la herramienta y corroborar el ahorro de tiempo, así como los otros beneficios encontrados en este estudio. Por otro lado también debe considerarse lo siguiente:

- El estudio se centró en los componentes que nos iban a proveer mayores beneficios; sin embargo, el estudio debe extenderse a los otros componentes paulatinamente ya que se ha evidenciado que no hay un plan de mejora continua en los trabajos de cambio de componente, y que los procesos operacionales están conformados por pasos innecesarios o que pueden ser reducidos.
- Se debe implementar en consecuencia un plan de mejora continua, que permita evidenciar los tiempos de mantenimiento y la corrección oportuna de las deficiencias en el proceso.
- Deben establecerse canales apropiados de comunicación para hacer llegar los motivos de las demoras de los trabajos realizados por los técnicos involucrados en los cambios de componentes.
- De seguir el proceso propuesto y adquirir las nuevas herramientas y equipos, se deberá determinar, analizar y comparar un nuevo tiempo estándar, que no variara mucho con el tiempo estándar propuesto, esto porque la presente tesis es una propuesta de mejora que obtuvo un tiempo estándar en base a los tiempos que se utilizan actualmente.

- Se debe considerar completamente la propuesta de mejora si se desea alcanzar los tiempos estándar propuestos.

- El personal con el que se realizó las mediciones está capacitado, el método propuesto necesita que los mantenimientos se realicen con la misma calidad de personal para lograr los tiempos estándar propuestos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baca Urbina, G. (2014). *Intriducción a la ingeniería industrial*. México: Patris.
- Benjamin W. Niebel, A. F. (2008). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. Buenos Aires: Alfaomega.
- Calderón Pozo, F. G. (25 de Julio de 2014). *Diagnóstico y propuesta de mejora del proceso de control de la calidad en una empresa que elabora aceites lubricantes automotrices e industriales utilizando herramientas y técnicas de la calidad*.  
Obtenido de Repositorio PUCP:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/5462>
- Cerrón, J. (2006). *Sistema de Gestión de la Calidad Basado en Procesos*. Trujillo: Fondo Editorial de la CMPSA.
- Claudio Loayza, P. J. (16 de Noviembre de 2011). *Diseño y propuesta de mejora de los procesos de un taller mecánico de una empresa comercializadora de maquinaria*.  
Obtenido de Repositorio PUCP:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/947>
- Criollo García, R. (2000). *Estudio del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- Estudio del Trabajo*. (2018). Obtenido de Ingeniería Industrial on line:  
<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/>
- García Criollo, R. (2000). *Estudio del trabajo*. México: McGraw-Hill.
- García, M. &. (Abril de 2014). *Serie de Normas NTP 9000:2001*. Obtenido de Reachgate:  
[file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Serie\\_de\\_Normas\\_NTP\\_ISO\\_90002001.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Serie_de_Normas_NTP_ISO_90002001.pdf)
- Guaraca, S. G. (Febrero de 2015). *Mejora de la productividad en la sección de prensado de pastillas, mediante el estudio de métodos y medición de trabajo, de la fabrica de frenos automotrices EGAR S.A*. Obtenido de Repositorio Escuela Politécnica

- Nacional de Ecuador: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/9118/3/CD-6072.pdf>
- Hartman, H. L. (1992). *Introducción a la ingeniería de minas*. Estados Unidos: Wiley.
- Hitoshi, K. (2002). *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá: Norma.
- Hodson, W. (1998). *Manual del Ingeniero Industrial*. MCGRAW-HILL .
- INENFIVE. (2017). *Estudio del Trabajo: Beneficios y el proceso de realizar un estudio de tiempo Parte I*. Obtenido de <http://www.inenfive.com/2014/01/estudio-del-trabajo-beneficios-y-el.html>
- Kanawaty, G. (1998). *Introducción al estudio del trabajo*. Ginebra: Oficina Internacional del Trabajo.
- Kume, H. (1993). *Herramientas Estadísticas Básicas para el Mejoramiento de la Calidad*. Bogotá: Norma.
- Lombardo, L. M. (Marzo de 2014). *Biblioteca de Ingeniería, Universidad de Sevilla*. Obtenido de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5487/fichero/MEMORIA+PFC.pdf>
- Lucidchart. (Agosto de 2018). *Diagramas de flujo*. Obtenido de <https://www.lucidchart.com/pages/es/que-es-un-diagrama-de-flujo>
- Manene, L. M. (julio de 2011). *Luis Miguel Manene*. Obtenido de Diagramas de flujo: <http://www.luismiguelmanene.com/2011/07/28/los-diagramas-de-flujo-su-definicion-objetivo-ventajas-elaboracion-fases-reglas-y-ejemplos-de-aplicaciones/>
- Minera, R. S. (Marzo de 2017). *Cómo se relaciona el carguío y transporte con el resto de actividades para la extracción del mineral*. Obtenido de <http://www.revistaseguridadminera.com/operaciones-mineras/el-carguio-y-transporte-y-su-relacion-con-otras-etapas-de-la-explotacion/>
- Minerals, G. A. (Junio de 2012). *Sonami*. Obtenido de Etapas del Proceso Productivo de una Mina: <http://www.sonami.cl/site/wp-content/uploads/2016/04/01.-Etapas-del-Proceso-Productivo-de-una-Mina.pdf>
- Monografias.com. (s.f.). *Estudios de métodos*. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos29/estudios-metodos/estudios-metodos.shtml>
- Moubray, J. (1992). *Mantenimiento centrado en la confiabilidad*. Industrial Press.

Quispe, L. A. (12 de Setiembre de 2015). *Análisis y mejora de procesos en una empresa manufacturera de calzado*. Obtenido de Repositorio PUCP:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6454>

Sanz Zegarra, P., & Arribasplata Zavala, O. A. (20 de Mayo de 2013). *Repositorio digital de tesis PUCP*. Obtenido de  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/4564>

Tasayco Cabrera, G. J. (23 de Julio de 2015). *Análisis y mejora de la capacidad de atención de servicio de mantenimiento periódico en un concesionario automotriz*. Obtenido de Repositorio PUCP:  
<http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6187>

tucarpillar. (s.f.). *camion cat*. Obtenido de  
<http://tucaterpillar.blogspot.com/2014/05/conjunto-diferencial-y-mando-final.html>

tucaterpillar. (s.f.). *Camiones Cat*. Obtenido de  
<http://tucaterpillar.blogspot.com/2014/05/transmision-gear-transmision.html>

wikipedia. (julio de 2018). Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n\\_mec%C3%A1nica](https://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_mec%C3%A1nica)

wikipedia. (Diciembre de 2018). Obtenido de <https://es.wikipedia.org/wiki/Tolva>

wikipedia. (diciembre de 2018). *Cilindro hidraulico*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Cilindro\\_hidr%C3%A1ulico](https://es.wikipedia.org/wiki/Cilindro_hidr%C3%A1ulico)

wikipedia. (Agosto de 2018). *Diagrama de recorrido*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_recorrido](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_recorrido)

wikipedia. (junio de 2018). *Diferencial*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo\\_diferencial](https://es.wikipedia.org/wiki/Mecanismo_diferencial)

wikipedia. (Noviembre de 2018). *Industria minera del Perú*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Industria\\_minera\\_en\\_el\\_Per%C3%BA](https://es.wikipedia.org/wiki/Industria_minera_en_el_Per%C3%BA)

wikipedia. (febrero de 2019). *Bastidor*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Bastidor\\_\(veh%C3%ADculo\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Bastidor_(veh%C3%ADculo))

Wikipedia. (Abril de 2019). *Diagrama de causa efecto*. Obtenido de Diagrama de causa efecto: [https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_Ishikawa](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa)

wikipedia. (Marzo de 2019). *Diagrama de flujo*. Obtenido de  
[https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama\\_de\\_flujo](https://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_flujo)

wikipedia. (marzo de 2019). *mantenimiento*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>

wikipedia. (Marzo de 2019). *Minería*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Miner%C3%ADa>

wikipedia. (Febrero de 2019). *Radiador*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Radiador>

wikipedia. (marzo de 2019). *wikipedia*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Mantenimiento>