



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

**“ANÁLISIS, DESEMPEÑO Y ESTANDARIZACIÓN DE LOS  
TIPOS DE CADENAS PARA TRACTORES DE ORUGA EN  
LA UNIDAD MINERA CHINALCO PERÚ S.A.”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER  
RENZO LESMES ALARCÓN CORNEJO**

**ASESOR  
MG. ING. ROGELIO ALEXSANDER LOPEZ RODAS**

**LIMA – PERÚ, DICIEMBRE 2021**



## **DEDICATORIA**

Este trabajo está dedicado a mi esposa Allison De La Cruz, mis hijas Fabiola y Alexandra y a mi madre Nancy Cornejo por todo el esfuerzo, sacrificio y el apoyo incondicional que he recibido de parte de ellas durante toda mi formación profesional, y sobre todo, por ser la fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder salir adelante para un futuro mejor.





## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco en primer lugar a Dios por darme salud en estos tiempos tan difíciles de pandemia.

Agradezco profundamente a mi esposa e hijas por toda su comprensión, tolerancia e infinita paciencia y todo su sacrificio para brindarme el tiempo necesario para dar inicio con mis estudios y poderlos terminar, cumpliendo de esta manera con una de mis metas personales.

Agradezco a mi madre por la formación brindada de los mejores valores y principios que me dio, por sus palabras de aliento que me dan fuerza para seguir adelante, para ser perseverante en todo y poder cumplir con todos mis ideales.





## INTRODUCCIÓN

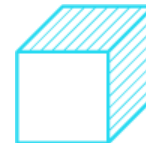
El Bulldozer es una máquina automovil que se emplea en trabajos de obra, excavación y empuje. Está compuesto por un tractor sobre orugas y en ocasiones, sobre dos ejes neumáticos. Su chasis puede ser rígido o articulado y consta de una hoja horizontal, perpendicular al eje longitudinal del tractor, situada en la parte delantera del mismo. El uso de estas máquinas es versátil, pues permiten realizar diversos trabajos en diferentes sectores, entre los cuales se encuentran roturación del terreno, empuje de materiales, excavaciones longitudinales, compactación superficial, entre otros.

Para mover esta máquina en cualquier terreno, los componentes del tren de rodaje trabajan como un sistema integrado, cuyos componentes representan las piezas de más uso en la máquina, las cuales constituyen un costo muy alto de reparación. Pues, el 50% de los costos de reparación anual de estas máquinas lo ocupan el tren de rodaje. Por tanto, mientras menor sea el costo del tren de rodaje menor será el costo total de reparación de la máquina. Así mismo, el tren de rodaje representa el 30% del costo total de un Bulldozer nuevo.

En este sentido, por ejemplo, una cadena ajustada incorrectamente puede costarle dinero tanto por el desgaste acelerado del tren de rodaje, como por el tiempo muerto. Si la misma está muy tensa, se aplican cargas perjudiciales no productivas sobre el tren de rodaje y sus componentes manuales; lo que acelera su desgaste y se reduce la potencia en la barra de tiro del tractor. Adicionalmente, los tractores oruga son máquinas con altos índices de accidentes debido a la naturaleza misma del trabajo, por ello es importante priorizar medidas para evitar la materialización de riesgos asociados.

En este contexto, el objetivo general del presente trabajo se enfocó en el análisis, desempeño y estandarización de los tipos de cadenas para tractores de oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.





## RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo general, analizar el desempeño y realizar la estandarización de los tipos de cadenas para tractores de oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A. Para ello, se llevó a cabo un análisis de la tendencia al desgaste de las cadenas en cuanto a sus componentes principales: eslabón, buje y zapata.

Se analizó el desempeño de las cadenas, en función de las horas de operatividad y el costo horario de las mismas. Se diseñaron 2 procesos macro para la gestión del ciclo de vida de las cadenas a fin de optimizar los costos horarios de las cadenas, generados por los desgastes de los componentes. Por último, se seleccionó el proceso más óptimo en relación al tipo de cadena y el CPH que este genera. Los resultados del análisis de criticidad, mostraron un nivel semi- crítico "SC" en los principales tractores operativos TO101, TO102 y TO103, en relación a los componentes principales de las cadenas: zapata, eslabón y bujes.

Por su parte, el análisis del desgaste mostró una mayor tendencia a este, en las zapatas para las cadenas tipo Berco y para los bujes en las cadenas tipo Caterpillar; por cuanto el análisis del desempeño arrojó un CPH de \$14.06 para las cadenas Caterpillar y de \$13.10 para las Berco, lo cual indicó un mayor tiempo de operación (horas) de estas últimas respecto a las primeras, con un costo menor. El diseño de los 2 procesos (Caterpillar y Berco) para la gestión del ciclo de vida de las cadenas, permitió determinar el más óptimo encontrándose el cómo en esta condición. Por lo cual se concluye que las cadenas más óptimas son las Berco, arrojando el proceso diseñado (2) un CPH de \$9.30, con una disminución de 29% respecto al obtenido en operaciones (\$13.10).

Palabras clave: Tractor oruga, cadena, eslabón, zapata, buje, desgaste, desempeño.





## ABSTRACT

The general objective of this work was to analyze the performance and carry out the standardization of the types of chains for crawler tractors in the Unidad Minera Chinalco Perú S.A. To do this, an analysis of the wear trend of the chains was carried out in terms of their main components: link, hub and shoe.

The performance of the chains was analyzed, based on the hours of operation and their hourly cost. Two macro processes were designed for the management of the life cycle of the chains in order to optimize the hourly costs of the chains, generated by the wear of the components. Finally, the most optimal process was selected in relation to the type of chain and the CPH it generates. The results of the criticality analysis showed a semi-critical level "SC" in the main operating tractors TO101, TO102 and TO103, in relation to the main components of the chains: shoe, link and bushings.

On the other hand, the wear analysis showed a greater tendency to this, in the shoes for the Berco type chains and for the bushings in the Caterpillar type chains; because the performance analysis showed a CPH of \$ 14.06 for the Caterpillar chains and \$ 13.10 for the Berco chains, which indicated a longer operating time (hours) of the latter compared to the former, with a lower cost. The design of the 2 processes (Caterpillar and Berco) for the management of the life cycle of the chains, allowed to determine the most optimal one, finding the as in this condition. Therefore, it is concluded that the most optimal chains are Berco, the designed process (2) yielding a CPH of \$ 9.30, with a decrease of 29% compared to that obtained in operations (\$ 13.10).

Keywords: crawler tractor, chain, link, shoe, bushing, wear, performance.





## TABLA DE CONTENIDO

<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>I</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>II</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>IV</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>V</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>VI</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE GRÁFICOS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>X</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>XI</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>XII</b>
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. PERFIL DE LA EMPRESA .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA.....</b>	<b>3</b>
1.3.1. MISIÓN .....	4
1.3.2. VISIÓN .....	4
1.3.3. OBJETIVO .....	4
<b>1.4. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.....</b>	<b>4</b>
<b>1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA .....</b>	<b>7</b>
1.5.1. ANÁLISIS DEL MACROENTORNO, PESTEL .....	7
1.5.2. ANÁLISIS DEL SECTOR .....	12
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>17</b>

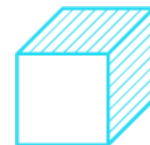




<b>REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....</b>	<b>19</b>
<b>2.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....</b>	<b>28</b>
2.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	28
2.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	28
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>29</b>
<b>DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3. BASES TEÓRICAS .....</b>	<b>32</b>
3.3.1. SISTEMA O TREN DE RODAJE DE TRACTOR ORUGA .....	33
3.3.2. CADENAS DEL TREN DE RODAJE .....	34
3.3.3. ANÁLISIS DE CRITICIDAD .....	38
3.3.4. DESEMPEÑO DE LAS CADENAS .....	41
<b>3.4. BASES NORMATIVAS .....</b>	<b>42</b>
<b>3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO .....</b>	<b>42</b>
3.5.1. EVALUACIÓN DEL DEGASTE DE CADENAS DE TA .....	44
3.5.2. EVALUACIÓN DEL DESEMPEÑO DE LAS CADENAS .....	51
3.5.3. DISEÑAR UN PROCESO DE GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA .....	53
3.5.4. SELECCIONAR EL PROCESO MÁS ÓPTIMO .....	56
<b>3.6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>57</b>
<b>3.7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>58</b>
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>59</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>59</b>







<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>59</b>
<b>CAPÍTULO V.....</b>	<b>62</b>
<b>GLOSARIO DE TÉRMINOS .....</b>	<b>62</b>
<b>CAPÍTULO VI.....</b>	<b>64</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>64</b>





## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1</b> Estructura de la Producción de Cobre en Perú.....	13
<b>Gráfico 2</b> Desgaste de la Cadena del Tractor de Oruga D10T TO002.....	19
<b>Gráfico 3</b> Matriz Gráfica de Vester .....	23
<b>Gráfico 4</b> Resultados de la Causa y Relación .....	25
<b>Gráfico 5</b> Representación Porcentual de las Causas por Área .....	27
<b>Gráfico 6</b> Tendencia al Desgaste Primera Vida Cadena 1 Berco.....	45
<b>Gráfico 7</b> Tendencia al Desgaste Segunda Vida Cadena 1 Berco .....	46
<b>Gráfico 8</b> Tendencia al desgaste cadena 2 Berco.....	47
<b>Gráfico 9</b> Tendencia al Desgaste Final Primera Vida Cadena 3 Berco .....	48
<b>Gráfico 10</b> Tendencia al Desgaste 1 era Vida Cadena 4 CAT .....	49
<b>Gráfico 11</b> Tendencia al Desgaste 2da Vida Cadena 4 CAT .....	50
<b>Gráfico 12</b> Tendencia al Desgaste 2da Vida Cadena 5 CAT .....	51





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Exportaciones de Cobre Peruano por Destino – 2016 .....	14
<b>Tabla 2</b> Causas Identificadas en la Unidad Minera.....	21
<b>Tabla 3</b> Matriz de Vester .....	22
<b>Tabla 4</b> Evaluación Resumen de Vester.....	23
<b>Tabla 5</b> Jerarquización de las Causas en Relación a su Potencial Activo .....	24
<b>Tabla 6</b> Estratificación de las Causas por Área .....	26
<b>Tabla 7</b> Representación Porcentual de las Causas por Área .....	26
<b>Tabla 8</b> Matriz de Alternativas de Solución .....	28
<b>Tabla 9</b> Matriz de Criterios Para Evaluar la Criticidad.....	40
<b>Tabla 10</b> Matriz de Criterios Para Evaluar la Criticidad.....	41
<b>Tabla 11</b> Análisis de Criticidad de los TA en Relación a las Cadenas .....	43
<b>Tabla 12</b> Evaluación del Desgaste de Cadenas Marca Berco .....	44
<b>Tabla 13</b> Evaluación del Desgaste de Cadenas Marca CAT .....	48
<b>Tabla 14</b> Desempeño de las Cadenas Operativas en Tractores Oruga.....	52
<b>Tabla 15</b> Evaluación de los Procesos Planteados Según Tipo de Cadena .....	56
<b>Tabla 16</b> Proceso Óptimo Según Tipo de Cadena.....	56





## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Estructura Organizacional de Minera Chinalco Perú S.A. ....	6
<b>Figura 2</b> Factores Determinantes de la Competitividad .....	12
<b>Figura 3</b> Diagrama Causas y Efectos de la Problemática .....	20
<b>Figura 4</b> Ilustración las Partes Básicas de un Tractor Oruga.....	33
<b>Figura 5</b> Componentes del Tren de Rodaje.....	34
<b>Figura 6</b> Partes de una Cadena de Tractor Oruga .....	35
<b>Figura 9</b> Diagrama de Flujo Gestión y Ciclo de Vida de la Cadena CAT.....	54
<b>Figura 10</b> Diagrama de Flujo Gestión y Ciclo de Vida de la Cadena Berco .....	55





## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 1.....	64
<b>Anexo 2</b> Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 2.....	65
<b>Anexo 3</b> Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 3.....	66
<b>Anexo 4</b> Evaluaciones Técnicas de Equipo del Cliente.....	67
<b>Anexo 5</b> Cronograma de Repuestos Equipos y Servicios .....	68
<b>Anexo 6</b> Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 2.....	69
<b>Anexo 7</b> Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 3.....	70
<b>Anexo 8</b> Zapatas Deterioradas Para Mantenimiento .....	71
<b>Anexo 9</b> Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 4.....	72
<b>Anexo 10</b> Proyección Para el Cambio de Zapatas .....	73
<b>Anexo 11</b> Datos de índice de Vida y Mantenimiento 1 .....	74
<b>Anexo 12</b> Datos de índice de Vida y Mantenimiento 2 .....	75
<b>Anexo 13</b> Datos de índice de Vida y Mantenimiento 3 .....	76





## CAPÍTULO I

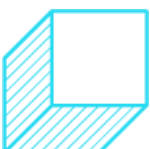
### GENERALIDADES DE LA EMPRESA

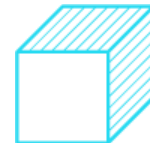
#### 1.1. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

En el año 2007, fue creada Minera Chinalco Perú S.A., (Chinalco Perú) con capital proveniente de Aluminum Corporation of China (Chinalco) y con la responsabilidad de la construcción, desarrollo y operación del megaproyecto de extracción de cobre de Toromocho (Minera Chinalco Perú S.A., 2020c). Debe señalarse que, la casa de matriz de Chinalco Perú ocupa el segundo lugar entre los productores mundiales de alúmina y el tercer lugar, como proveedor de aluminio primario, estando ubicada su sede en Beijing (Minera Chinalco Perú S.A., 2020b).

En la actualidad, esta es la compañía más grande del consorcio chino y su subsidiaria en el país, una de las más importantes empresas mineras del cobre del Perú, pero para ello han ocurrido los siguientes eventos (Minera Chinalco Perú S.A., 2020c, 2020b):

- Para el año 1963, se confirmó, a través de un estudio exploratorio realizado por la empresa Cerro de Pasco Corporation, el yacimiento de Toromocho.
- En el 2003, a la empresa Minera Perú Copper Syndicate S.A., filial de Perú Copper Inc., le fue otorgada la licitación a manos del Estado del proyecto Toromocho.
- Para el 2007, ocurre la adquisición de Perú Copper Inc., por parte de Aluminum Corporation of China y con ello, el acuerdo de opción del proyecto.
- En el año 2008, fue confirmada la adquisición del Proyecto Toromocho por parte del presidente de Chinalco (Sr. Xiao Yaqing).
- En el 2011, comenzó la operación de la planta encargada de tratar el agua del Túnel Kingsmill.





- Luego, en el año 2013, se pone en marcha la chancadora primaria y, por primera vez, ingresa el mineral al molino SAG. En este mismo año, el expresidente peruano Ollanta Humala y el expresidente del consorcio chino Xiong Weiping informan del inicio de operaciones; así, se realizó el primer trabajo del stacker, apilando el material en el stockpile.
- Para el año 2014, comienza operaciones el molino de bolas 2 y se empezó con el embarque de concentrado del mineral.
- En el 2015, la planta de procesos llega a su capacidad instalada.
- Durante el año 2016, se entregaron los títulos de propiedad a los habitantes de Nueva Morococha.
- El 01 de junio de 2018, el expresidente Martín Vizcarra y el presidente del consorcio chino, Dr. Ge Honglin, notifican la apertura de las obras para expandir la planta de la unidad minera Toromocho.
- En el año 2020, se comenzó con las pruebas de operación del molino de bolas y molino SAG de la obra señalada previamente.

## 1.2. PERFIL DE LA EMPRESA

La compañía Minera Chinalco Perú S.A., es una empresa dedicada a la exploración, extracción y procesamiento de minerales (Minera Chinalco Perú S.A., 2020b), la cual ha sido constituida y domiciliada en las Islas Caimán y en el marco de la legislación peruana se enfoca en el desarrollo de yacimientos polimetálicos de cobre, molibdeno, plata, tungsteno, uranio, entre otros, con la intención de exportar su producción a China (Consejo de Derechos Humanos de las Naciones Unidas, [CDHNU], 2019).

La empresa, actualmente, tiene la licitación del Proyecto Toromocho, un yacimiento de cobre y molibdeno, ubicado en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, Región Junín, el cual es una mina de tajo abierto con una vida útil aproximada de 36 años, con una reserva de 1,526 millones t de cobre.





Para el año 2016, la casa matriz de Chinalco Perú firmó un acuerdo con el Gobierno del país, para ampliar su operación en dicho yacimiento realizando una inversión de US\$ 1,300 millones, con lo cual estima ampliar su producción a 75,000 t adicionales. Con esta inversión, Minera Chinalco Perú S.A. se ha convertido en el principal abastecedor de cobre de China, con una producción para el año 2017 de 190,000 t (CDHNU, 2019).

### **1.3. ACTIVIDADES DE LA EMPRESA**

Las actividades de la empresa se centran en siete aspectos centrales, con la colaboración de otras empresas especializadas con la finalidad de garantizar la seguridad de las personas, el uso de tecnología de primera y la protección del medio ambiente (Minera Chinalco Perú S.A., 2019b):

- La extracción que se realiza a tajo abierto, aplicándose técnicas de perforación y voladura en las zonas de minado.
- La trituración del mineral que se realiza en la planta de chancado primario, siendo el producto generado transportado en fajas de longitud de cerca 5.5 km y se almacena el mineral grueso en una pila con capacidad de 79,680 t. Esto permite reducir el tamaño de las rocas, liberando las partículas del metal e incrementando su concentración.
- La molienda que se realiza en un circuito compuesto por un molino SAG, dos molinos de bola y una trituradora pebbles.
- La flotación del mineral que se realiza a través de un circuito de flotación (tanto para cobre, como molibdeno) y de remolienda; en conjunto con una planta hidrometalúrgica. Con este proceso se separa, mediante adhesión a burbuja de aire, los sulfurados del metal.
- El concentrado del mineral realizado en su respectivo circuito de filtrado.







- El espesado a través de un circuito de espesadores, repesado final, instalaciones de bombeo y espesado de relaves.
- El transporte se realiza hacia el almacén en el Callao, mediante un total que 280 góndolas ferroviarias que se trasladan desde la mina diariamente, con ello se eliminado del proceso un total de 130,000 viajes que se realizaban de manera terrestre.

### **1.3.1. Misión**

La misión de la empresa es “contribuir con el progreso nacional y global, así como el éxito de los accionistas, a través de la transformación cuidadosa y eficiente de recursos naturales” (Minera Chinalco Perú S.A., 2019a, p. 7).

### **1.3.2. Visión**

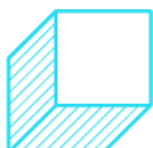
Entre tanto, su visión es “ser reconocidos como una empresa minera de primer nivel, debido a la alta eficiencia y la calidad de su gestión” (Minera Chinalco Perú S.A., 2019a, p. 7).

### **1.3.3. Objetivo**

La empresa se ha planteado como realizar sus labores con absoluto cuidado de la integridad, seguridad, salud ocupacional y bienestar de las personas, basado en un clima organizacional de cooperación y respeto con los propios miembros de la empresa, las poblaciones aledañas y el medio ambiente, a los fines de ser reconocida por su contribución al desarrollo del área de influencia (Minera Chinalco Perú S.A., 2019c).

## **1.4. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA**

La estructura organizativa de la empresa se representa en la imagen 1 (Minera Chinalco Perú S.A., 2020a). En este organigrama se aprecia que las actividades son organizadas desde la presidencia de la empresa en conjunto con cuatro figuras de apoyo (GS - Lima Manager, Safety & Occupational





Health Manager, Operational Excellence Director y Audit Manager). Así, las actividades son organizadas a través de seis áreas medulares:

- VP Environmental & Corporate Affairs, encargada de los asuntos legales, las labores con las comunidades, la gestión de las relaciones y comunicaciones y el desarrollo de asuntos corporativos. De igual modo, dentro de sus funciones destaca la gestión de los pasivos ambientales de la compañía.
- VP Human Resources & ITCA, cuyas actividades se orientan a la gestión del talento humano, el cumplimiento de la seguridad laboral, el desarrollo del capital humano, el fomento de la cultura e imagen institucional en los empleados y la gestión de recursos de infraestructura y operaciones.
- VP Finance, cuya responsabilidad se centra en el control de los recursos financieros, la elaboración de informes contables, las labores de tesorería y planificación financiera y la planificación estratégica.
- VP Operations, en donde se centralizan las actividades referidas a la gestión de proyectos, el control de costos, la construcción de infraestructura para minería, el control de la producción, la gestión del recurso eléctrico y la gestión de los activos de la empresa.
- VP Commercial, está encargada de la gestión de la cadena de suministro y la comercialización del producto final.
- VP Project Development, esta vicepresidencia se encarga de la investigación y desarrollo de proyectos existentes y nuevos, gestionar los planes de expansión, desarrollar las estrategias planificadas, entre otras.



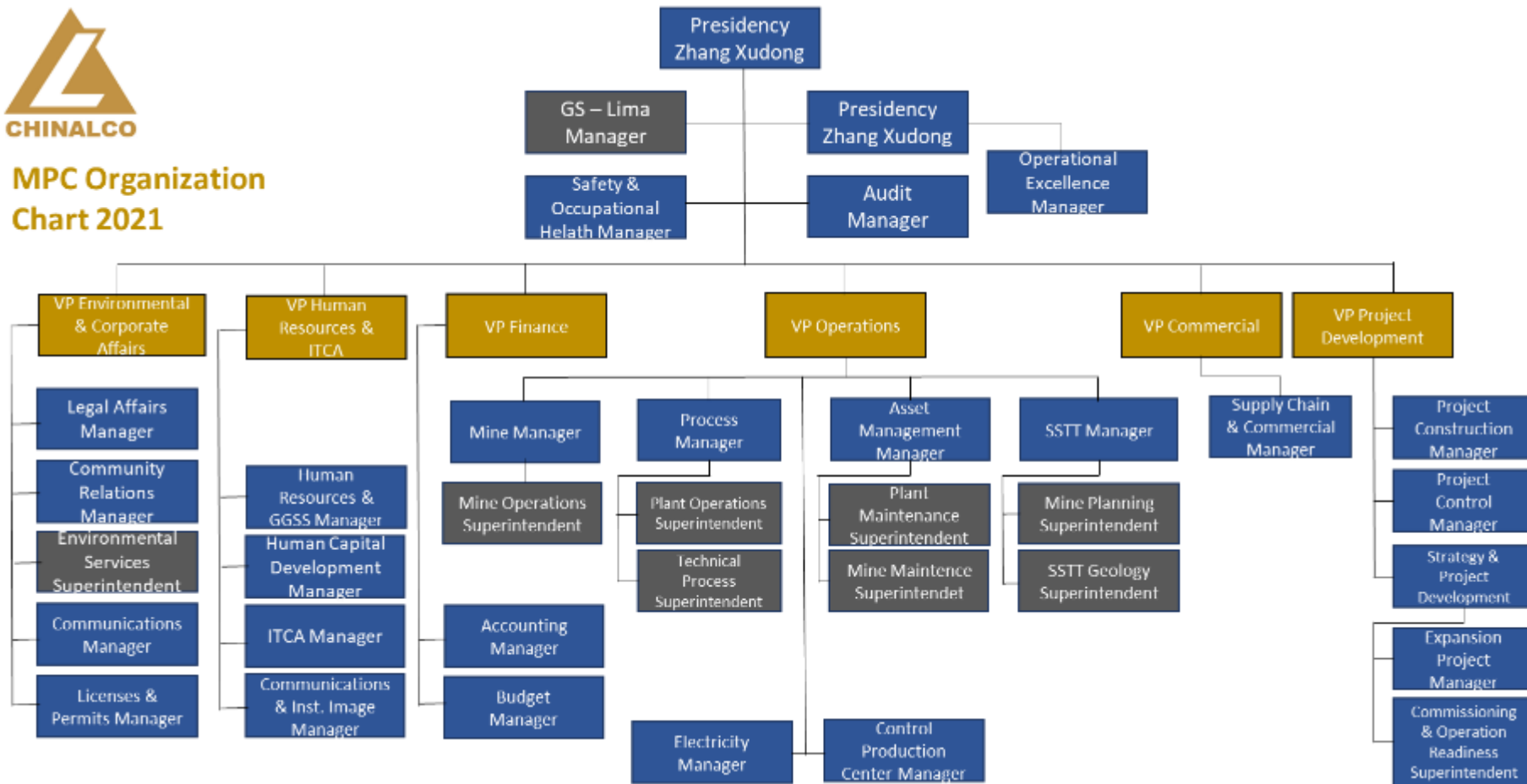


**Figura 1**

*Estructura Organizacional de Minera Chinalco Perú S.A.*



**MPC Organization  
Chart 2021**



Fuente: (Minera Chinalco Perú S.A., 2019a)





## 1.5. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO DE LA EMPRESA

Siguiendo a David (2003), el análisis del entorno se dividirá en análisis del macroentorno (PESTEL) y análisis del sector (cinco fuerzas de Michael Porter).

### 1.5.1. Análisis del macroentorno, PESTEL

**Entorno político:** El escenario político peruano se ha caracterizado, recientemente, por una crisis institucional y una desafección de los ciudadanos hacia los partidos y los políticos, lo cual generó que un candidato, al margen del establishment, haya ganado recientemente las elecciones presidenciales. El recién nombrado presidente ha mantenido un discurso orientado a las mejoras sociales con base a un conjunto de reformas económicas, las cuales pueden generar más conflictos con un Congreso de la República con predominio de fuerzas opositoras, aumentando la incertidumbre política (BBC, 2021).

La posición de izquierda del Presidente de la República busca lograr la consolidación de una asamblea constituyente del Perú y la nacionalización de la minería e hidrocarburos (destacándose sectores estratégicos como el oro, plata, el uranio, el cobre y el litigio) (BBC, 2021). Si bien este escenario se configura de largo plazo, en la inmediatez se ha propuesto una modificación de la política tributaria minera, elevando los impuestos a las sobre ganancias, visto el incremento de los precios de los metales (Agencia EFE, 2021).

Adicionalmente, el panorama político en el sector, pareciera caracterizarse por un mayor control del ministerio del ambiente a la actividad minera y un fortalecimiento de la participación ciudadana en la supervisión. La orientación política se encamina a un equilibrio social y ambiental en la minería, lo cual pudiera desestimular la mayor parte de iniciativas en el sector, dada la resistencia social existente en muchas comunidades que se ven afectadas por el desarrollo de la actividad extractiva (Agencia EFE, 2021).

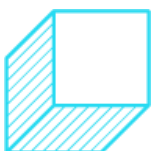




**Entorno económico:** Las condiciones de la economía mundial se han visto afectadas por la pandemia del COVID-19 y las medidas adoptadas por los distintos países para evitar su contagio y propagación; así el Producto Bruto Interno (PBI) mundial registró una caída de 3.3%, la mayor caída desde el año 2009. Bajo este escenario, las grandes economías del planeta presentaron importantes reducciones en sus actividades productivas, salvo China (principal socio comercial del país), que logró crecer en 2.3%, con una reapertura rápida del sector industrial (Ministerio de Energía y Minas, 2020a).

En el contexto nacional, Perú representó la segunda economía de América del Sur con el mayor retroceso económico de su PBI con un -11.1%, lo cual fue el resultado de las medidas de confinamiento, la interrupción de las exportaciones mundiales y bajos precios de la materia prima. Al cierre del año 2020, la economía tuvo una tasa de inflación de 1.83% y un tipo de cambio de 3.50 S/. por US\$ (superior en 4.79% a la tasa de cierre de 2019). El PBI minero nacional fue uno de los que más retrocedió con una variación negativa de 13.5% (Ministerio de Energía y Minas, 2020a).

Sin embargo, para el año 2021, la actividad económica del Perú ha comenzado a reaccionar, creciendo en 3.8% durante el primer trimestre. En el caso del sector minero, se ha observado importantes signos de recuperación, con un incremento de la producción del cobre del 17.1%, del plomo de 30.2%, de la plata de 40.9%, del zinc de 66.6% y del hierro de 101.9% (Comex Perú, 2021). Asimismo, la exportaciones minero-metálicas del país crecieron en 48.8%, al comparar el valor importado durante el primer cuatrimestre de los años 2020 y 2021 y en el caso del cobre (que es el primer producto de exportación nacional), el valor de sus exportaciones creció en 66.7%, como resultado de mayor producción y mejores precios (Ministerio de Energía y Minas, 2021).





**Entorno social:** El entorno social peruano que sirve de marco a la minería se ha descrito como de alta conflictividad, los cuales están asociados en gran medida a impactos socioambientales de la actividad. Dichos conflictos han ocasionado grandes pérdidas al sector, destacando la afectación a la producción de la mina de cobre Las Bambas (Corredor Minero Sur) y la paralización del gran proyecto cuprífero de Tía María (bnamericas, 2021).

Al respecto, para marzo de 2021 se registraban 143 conflictos sociales por la minería, estando 73.7% activos y 26.3% latentes; de este total, también se observó que tres fueron conflictos nuevos y uno reactivado. Por otra parte, 65.0% de los casos activos se encontraban en fase de diálogo, mientras que en el 63.9% se habían observado hechos de violencia, evidenciándose al menos 147 acciones protestas en contra de la actividad minera. Asimismo, la mayor parte de los conflictos se registran en Loreto (12.4%), Cusco (10.8%), Áncash (8.8%) y Puno (7.7%) (Defensoría del Pueblo, 2021).

En general, persiste una desconfianza ciudadana hacia el sector que se expresa con la movilización social que rechaza la postura de las empresas y del estado y a través de una creciente capacitación (mediante la participación de ONG) que busca realizar un mayor control de las actividades mineras (Godfrid et al., 2020)

**Entorno tecnológico:** En cuanto a lo tecnológico, es un hecho notable el proceso de inserción de la actividad productiva peruana a la industria 4.0. La minería no ha sido la excepción y se han comenzado a observar importantes esfuerzos de las empresas más grandes en lograr la automatización en aquellas áreas donde sea conveniente y cuando sea oportuno. En este sentido, se observa un mayor uso de los vehículos autónomos; sin embargo, para llegar a la automatización y digitalización total deben evaluarse dos aspectos centrales: la necesidad de una mejor conectividad y el acceso a la banda 5G, lo cual está asociado al desarrollo de actividades remotas





con mayor eficiencia y seguridad (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021).

Otras empresas han invertido en robots exploradores en zonas de alto riesgo, en el desarrollo de nuevas técnicas de explosión con bajo impacto en el medioambiente y aplicaciones para determinar el rendimiento de excavadoras, retroexcavadoras y tractores (Morris, 2019). De extenderse este tipo de innovaciones permitiría abaratar los costos y lograr un rendimiento estable y algunas de ellas se pusieron a pruebas con el estallido de la pandemia del COVID-19, cuando fueron introducidas algunas aplicaciones móviles que han facilitado algunos procesos de validación y aprobación y el uso de drones (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021).

A pesar de estas ventajas, también se ha ponderado si la adopción de la industria 4.0 puede traer mayores niveles de conflictividad en la minería peruana, visto que traería un recorte de personal (Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, 2021). Otro aspecto que ha limitado la innovación en el sector ha sido la ausencia de un ecosistema digital compuesto por las universidades, empresas, gobierno y sociedad que favorezca en el desarrollo de investigaciones y proyectos (Morris, 2019).

**Entorno ecológico:** La supervisión, evaluación y fiscalización de la gestión ambiental de las empresas mineras de mediana y gran tamaño está bajo la responsabilidad de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) y del Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), estando esta actividad signada en los últimos años por mejoras en el marco legal que han buscado optimizar la actuación de dichos organismos, favoreciendo en disponer de un personal calificado, mejores equipos y procedimientos técnicos fiables (Godfrid et al., 2020).

Otro aspecto resaltante dentro del entorno ecológico ha sido la creación del Servicio Nacional de Certificación Ambiental para las





inversiones sostenibles (SENACE), mediante el cual las comunidades pueden participar en los estudios de impacto ambiental y la constitución de la ventanilla única de certificación ambiental (Calle, 2018). Sin embargo, los pasivos ambientales del sector siguen creciendo, tanto así que el Estado prevé financiar el 15% de los mismos, dados los daños al ecosistema y a la salud humana (Ministerio de Energía y Minas, 2020a).

A esto debe añadirse el impacto de la minería informal e ilegal; la cual, por ejemplo, extrae cerca de 24,000 kilos de oro al año, generando al menos 48,000 kilos de mercurio que se vierte en el ecosistema y es un factor contaminante para la vida. En este sentido, el Ministerio de Energía Minas (MEM) ha señalado que espera la formalización de 12,000 mineros (cifras privadas señalan que hay más de 500,000 mineras informales); sin embargo, este procedimiento en la actualidad toma 1,200 días (Conexión Esan, 2019).

**Entorno legal:** El marco legal en el que se desenvuelve el sector minero peruano está regido por el Decreto Supremo N° 014-92- EM o Texto Único Ordenado de la Ley General de Minería, en la cual se declara que los recursos minerales existentes en el país son propiedad inalienable e imprescriptible del estado; visto así, éste es el encargado de evaluar y preservar estos recursos y de otorgarlos bajo régimen de concesión a particular para su aprovechamiento (Texto Único Ordenado de La Ley General de Minería, 1992).

Además, en dicha ley, se señala que el Estado protegerá a la pequeña y mediana minería, promoviendo a la vez, la actividad a gran escala (Texto Único Ordenado de La Ley General de Minería, 1992). Se ha observado una intencionalidad por parte de los distintos Gobiernos del Perú, de reorganizar económica, social y ambientalmente la minería en el país; sin embargo, aún no se vislumbra que se alcance un desarrollo sostenible el sector, dada una marcada carencia de recursos por parte de los organismos competentes de hacer cumplir







con las regulaciones (en especial, las sociales y medioambientales) (Manrique y Sanborn, 2021).

### 1.5.2. Análisis del sector

Para el análisis del sector se evaluarán las cinco fuerzas que, según Michael Porter, determinan la competitividad de una empresa en un determinado sector (David, 2003), tal como se detalla en la figura 2.

**Figura 2**

*Factores Determinantes de la Competitividad*

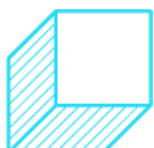


Fuente: (David, F., 2003)<sup>1</sup>

Rivalidad entre empresas competidoras. Perú es el segundo productor de cobre en el mundo con una participación de 12%, por detrás de Chile con 28% y superando a China que produce el 8%, destacándose que para 2018, las cuatro principales empresas productoras del país abarcaban el 69% de la producción cuprífera nacional, siendo éstas: Cerro Verde (20%), Antamina (19%), Las Bambas (16%) y Southern (14%) (Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía, 2019).

No obstante, el dinamismo presente en el sector (por la creciente inversión en el sector a partir de 2016) y el efecto del COVID-19, ha

<sup>1</sup> Se refiere a los factores determinantes a nivel de competitividad de una empresa del sector.

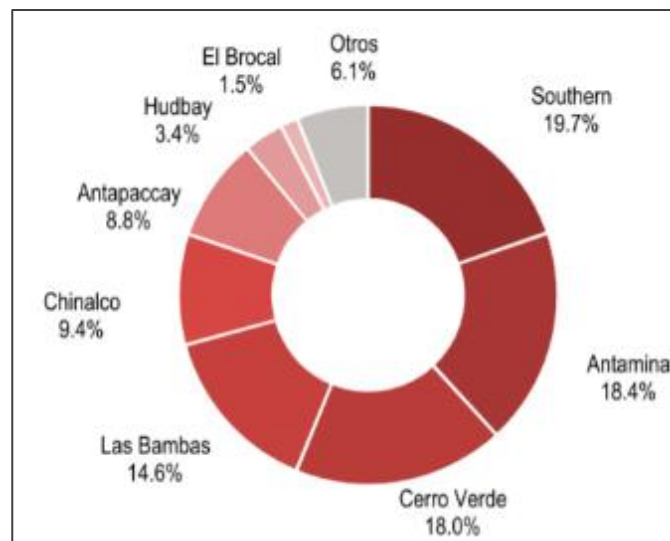




generado cambios en la estructura de producción nacional del cobre para el año 2021, así entre enero y mayo, las principales empresas son Antamina (21.0%), Cerro Verde (18.5%), Southern (18.5%), Las Bambas (13.3%) y Chinalco (8.9%) (Ministerio de Energía y Minas, 2021), como se aprecia en el gráfico 1.

**Gráfico 1**

*Estructura de la Producción de Cobre en Perú*

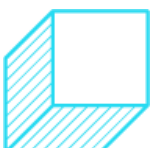


Fuente: (Ministerio de Energía y Minas, 2021)<sup>2</sup>

Visto así, la fuerza relacionada con la rivalidad entre empresas competidoras se valora como alta, visto que hay mucha competencia por mejorar los rendimientos a través de crecientes inversiones, a los fines de mantener u obtener la concesión otorgada por el Estado para la explotación del mineral.

Desarrollo potencial de productos sustitutos. No se observa en el mediano ni en el largo plazo que se pretenda sustituir al cobre, visto que la descarbonización que promoverá la demanda de vehículos eléctricos y con energías no renovables, para cuya producción se requiere de más cantidad de cobre; por ejemplo, los carros a baterías

<sup>2</sup> El gráfico refiere la producción de enero a mayo del 2021.





requieren de 4 a 5 veces más cantidad de cobre que los vehículos con motores de combustión, mientras que los de energías no renovables necesitan de 5 a 6 veces más (Zarria, 2020). De hecho, se estima que el exceso demanda de este mineral metálico crezca de 2.5 millones de t en 2027 a 27.3 millones de t en 2030, no existiendo un insumo alternativo (Arispe, 2021), por lo que la fuerza del desarrollo potencial de productos sustitutos es baja .

Poder de negociación de los consumidores. La producción del cobre peruano se destina, principalmente, al mercado internacional, concentrándose como se observa en la tabla 1, en China (61.4%), Japón (7.5%) y Brasil (4.5%) (Del Águila et al., 2017). Vista la alta participación de China como cliente, dado que sus necesidades de cobre superan ampliamente su producción nacional, se considera que la fuerza relativa al poder de negociación de los consumidores es alta.

**Tabla 1**

*Exportaciones de Cobre Peruano por Destino – 2016*

<b>PAÍS</b>	<b>MILLONES DE US\$</b>	<b>EL %</b>
China	6,238	61.4
Japón	762	7.5
Brasil	456	4.5
Corea del Sur	413	4.1
India	381	3.7
Otros	1,918	18.9
<b>TOTAL</b>	<b>12,087</b>	<b>100.0</b>

Fuente: (Del Aguilar et al., 2017)



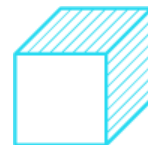


Entrada potencial de nuevos competidores. Existen varias condiciones que promueven la intención de ingreso de nuevos competidores en el sector; en primer lugar, la demanda creciente del metal y la amplia variedad de sus uso (elaboración de equipos, construcción, infraestructura, transporte e industria) (Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía, 2019). Luego, el cash costs de las grandes minas del país está por debajo de US\$ 1.3 por libra de cobre (llegando incluso a US\$ 0.6 por libra), siendo bastante competitivo si se compara con el US\$ 1.4 por libra promedio mundial (incluso en Chile, está por ese orden) (Del Águila et al., 2017). Por otro lado, durante el último año, el precio internacional del cobre se ha incrementado 96% en el precio del cobre (Agencia EFE, 2021).

A pesar de estas características que hacen atractivo a este mercado, debe reconocerse el hecho de que las empresas que deseen ingresar al mercado, deben obtener la concesión del estado, lo cual amerita tiempo y recursos, visto así esta fuerza debe valorarse como media.

Poder de negociación de los proveedores. Los insumos principales del sector son materia prima, servicios, tecnología y mano de obra, destacando que la primera es un recurso natural, el análisis de esta fuerza debe concentrarse en servicios, tecnología y mano de obra. La mayoría de las empresas subcontratan servicios y tecnologías, lo cual viene asociado con la adquisición de sistemas de análisis de datos y equipos de procesamiento, por lo cual las empresas mineras dependen de este proveedor (Tiempo Minero, 2020). En cuanto a la disponibilidad de mano de obra, se ha observado una mayor organización del personal minero, lo cual incide en el desarrollo de conflictos laborales; así como, una creciente necesidad de personal especializado, lo cual aumenta el poder de negociación de los trabajadores. Visto estos dos aspectos, el poder de negociación de





los proveedores debe considerarse como una fuerza alta (Ministerio de Energía y Minas, 2020b).





## CAPÍTULO II

### REALIDAD PROBLEMÁTICA

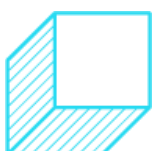
#### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

A pesar de la importancia de los camiones mineros y los equipos de carguío en la actividad de las minas de tajo; en la actualidad, muchas compañías están prestando mayor atención en los equipos auxiliares (entre ellos, los tractores), lo cual obedece a que se ha demostrado que al aumentar el rendimiento de estos equipos se incrementa la eficiencia de los equipos de carguío y acarreo (Ferreyros CAT, 2021).

El principal uso de los tractores en minería se centra en el ripado del terreno, es decir, en romper su textura con el ripper, el cual es sometido a una fuerza de penetración y otra de traslación. En el mercado, existen dos tipos de tractores de orugas (cadenas) y de ruedas, estando su elección condicionada a la capacidad de tracción y al costo por adquirirlo. Por otro lado, se debe destacar que los tractores de orugas son los de mayor empleo visto que disponen de mayor fuerza de excavación y empuje, capacidad de maniobra en condiciones adversas y movilidad en el desplazamiento (Gómez et al., 1995).

Es precisamente a versatilidad de los tractores de oruga, lo que ha generado que su empleo en la minería se haya extendido ampliamente, así que además de usarse en el ripado o escarificado del terreno, también es utilizado en el empuje de materiales sueltos: deforestar y preparar terrenos; nivelar los pancos; limpiar los tajos; remodelar terrenos; etc. (Gómez et al., 1995).

En este sentido, se ha determinado que es necesario seguir mejorando en el conocimiento de las características físicas de estos equipos y de las condiciones del lugar de trabajo, a los fines de evitar el desgaste temprano de las partes de los equipos; en especial de los tractores tipo bulldozer (como también conoce a los tractores de oruga). Particularmente, el desgaste del tren de movimiento de este tipo de tractor; compuesto por la rueda catalina,



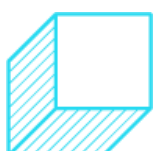


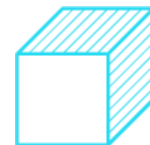
la cadena, el rodillo guía, la teja, el eslabón, la rueda tensadora, el larguero y el rodillo soporte, es uno de los más frecuentes, generando costos de hasta el 60% de la reparación, mantenimiento y/o reposición de los tractores (Guerra-López y Montes de Oca-Risco, 2018).

Este desgaste acelerado, además, puede generar la reducción del rendimiento del equipo, que afecta su disponibilidad y productividad, provoca inconvenientes en las labores de la mina y eleva el consumo de energía; incluso puede culminar en la destrucción física del equipo (Ferreira et al., 2015). En particular, las cadenas, sobre la cual se desliza el tractor y se compone de eslabones, casquillos y bulones, es una de las partes que más sufre desgaste por estar sometida a distintas situaciones: ingreso de lodo y residuos al pasador y buje; problemas de tensado que generan cargas perjudiciales e improductivas; pérdida de aceite de lubricación; incorrecta operación del equipo (velocidad indebida, propensión a girar y trabajar marcha atrás); elección del tipo de cadena; etc.

El problema de desgaste demasiado temprano de las cadenas de los tractores de oruga se ha observado en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A., la cual cuenta con siete unidades D10T Caterpillar y cuatro unidades D11T Caterpillar. Esta empresa utiliza dos marcas de cadena (Berco y Caterpillar), las cuales continuamente requieren del volteo de bocinas y de calzar las zapatas, lo cual paraliza las actividades de escarificado del terreno y de empuje de materiales, afectando la productividad de la mina. Además, genera costos adicionales de mantenimiento y de reposición que también afectan el rendimiento operativo del equipo.

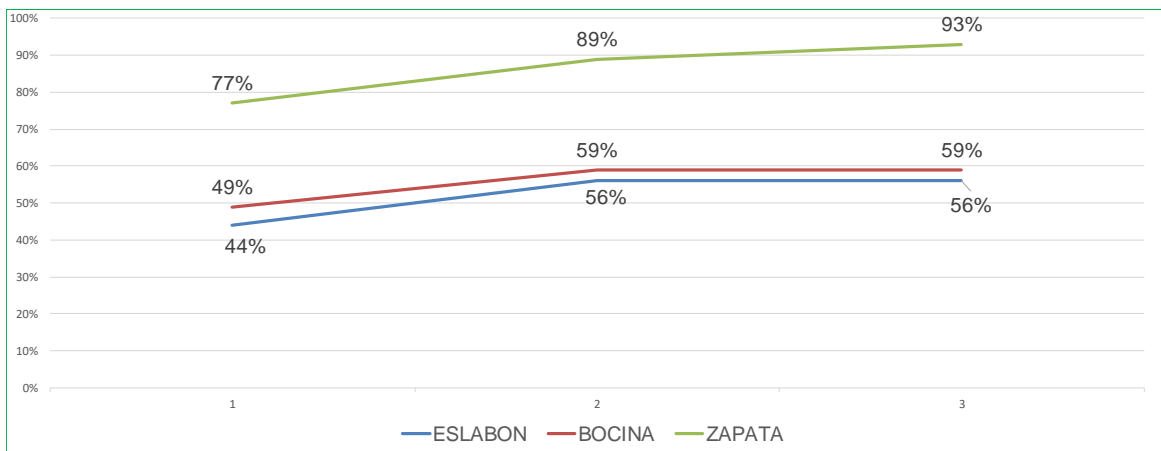
Como se observa en el gráfico 2, el desgaste observado en la cadena del tractor de oruga D10T TO002, en tan solo dos meses, marzo y mayo de 2021, fue de 16% para la zapata (subió de 77% a 93%), de 12% en el eslabón (subió de 44% a 56%) y de 10% para la bocina (subió de 49% a 59%), como se puede apreciar en el gráfico 2. Esta situación ha similar en todos los tractores de oruga, percibiéndose como un problema generalizado en la mina, que requiere su oportuna atención.





**Gráfico 2**

*Desgaste de la Cadena del Tractor de Oruga D10T TO002*



Fecha de Instalación	8/03/2021	06-04-21	01-05-21	10-05-21	Proyección al Calzado de Zapatas (110%)
Horómetro	38,018	38,323	38,655	38,660	38,772
Horas trabajadas	0	304,9	637	642	117
<b>ESLABON</b>	44%	56%	56%	56%	
<b>BOCINA</b>	49%	59%	59%	59%	
<b>ZAPATA</b>	77%	89%	93%	93%	17%
<b>CADENAS Y ZAPATAS NUEVAS</b>					
Horas 1ra vida to002					3355.00
Horas continuadas en 1ra vida en TO006					642.00
Horas totales acumuladas en 1ra vida					3997.00
Vida total si se retiraba según proyec					4114.37

**ICC**  
REPUESTOS / EQUIPOS / SERVICIOS

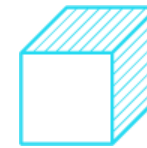
Fuente: (ICC Repuestos / Equipos / Servicios, 2021).

## 2.2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

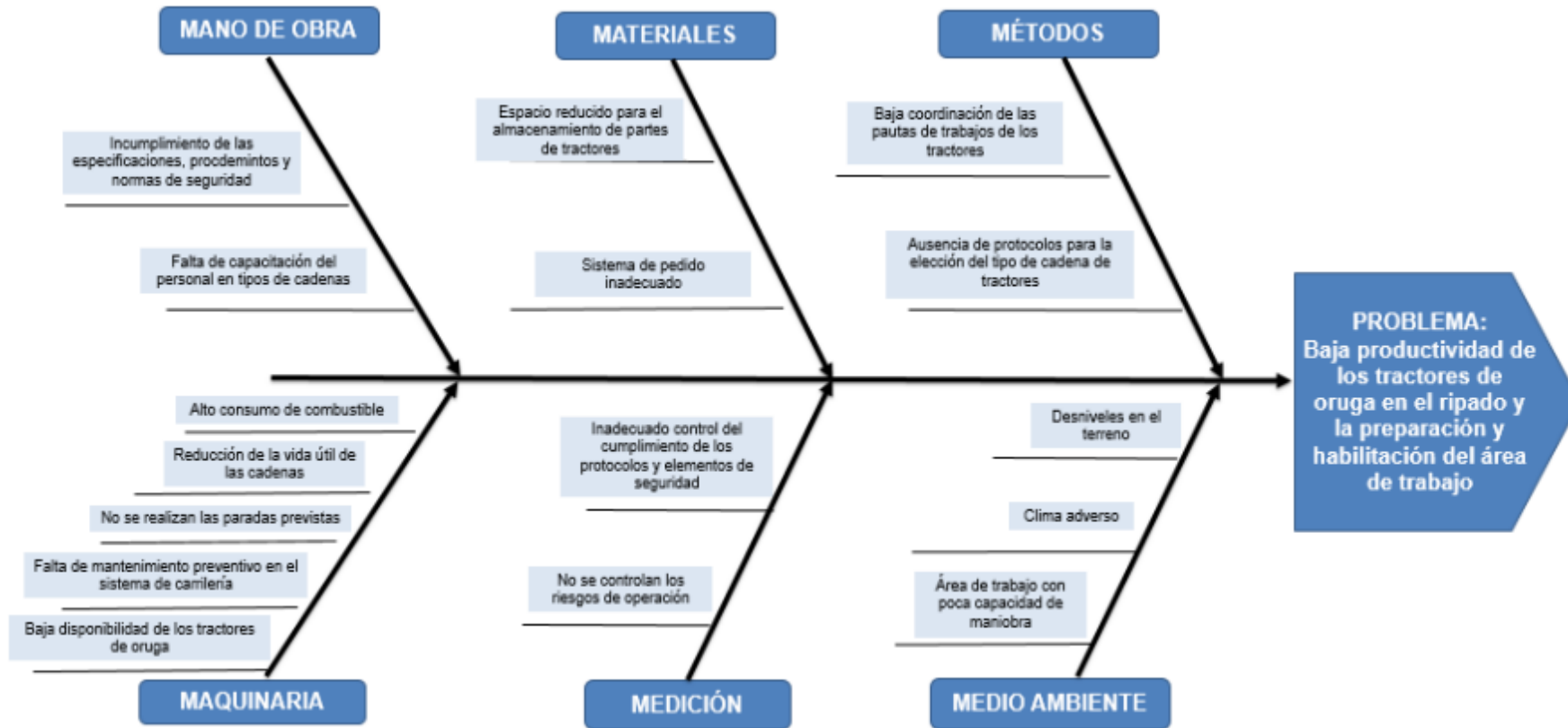
El desgaste temprano o acelerado de las cadenas de los tractores de oruga de la Unidad Minera Chinalco Perú S.A., ha obedecido a las causas descritas en el diagrama de Ishikawa de la figura 3 y la tabla 2, lo cual como también se observa, genera una baja productividad en las actividades de ripado, preparación y habilitación del terreno.







**Figura 3**  
*Diagrama Causas y Efectos de la Problemática*



Fuente Elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)



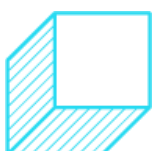


**Tabla 2**  
*Causas Identificadas en la Unidad Minera*

<b>N°</b>	<b>CAUSAS</b>
C1	Incumplimiento de las especificaciones, procedimientos y normas de seguridad
C2	Falta de capacitación del personal en tipos de cadenas
C3	Alto consumo de combustible
C4	Reducción de la vida útil de las cadenas
C5	No se realizan las paradas previstas
C6	Falta de mantenimiento preventivo en el sistema de carrilería
C7	Baja disponibilidad de los tractores de oruga
C8	Espacio reducido para el almacenamiento de partes de tractores
C9	Sistema de pedido inadecuado
C10	Inadecuado control del cumplimiento de los protocolos y elementos de seguridad
C11	No se controlan los riesgos de operación
C12	Baja coordinación de las pautas de trabajos de los tractores
C13	Ausencia de protocolos para la elección del tipo de cadena de tractores
C14	Desniveles en el terreno
C15	Clima adverso
C16	Área de trabajo con poca capacidad de maniobra

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Asimismo, en la tabla 3 se presenta la matriz Vester, cuyo análisis general se resume en la tabla 4 y en el gráfico 3; donde se observa que la unidad minera presenta tres causas críticas (C4, C7 y C12) que se deben atender con urgencia, ocho causas activas (C2, C5, C6, C9, C10, C13, C14 y C15) a las que debe darse el tratamiento oportuno, dos causas pasivas (C3 y C11) que serán resultas en la medida que se atiendan las causas críticas y activas y, finalmente, tres causas indiferentes (C1, C8 y C16) que son de baja prioridad.





**Tabla 3**  
*Matriz de Vester*

Código	Variable	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	Influencia
C1	Incumplimiento de las especificaciones, procedimientos y normas de seguridad	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	6
C2	Falta de capacitación del personal en tipos de cadenas	3	1	2	2	2	2	2	1	0	0	1	2	1	0	0	0	18
C3	Alto consumo de combustible	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	5
C4	Reducción de la vida útil de las cadenas	0	0	3	1	3	0	3	3	0	0	0	2	0	0	0	0	14
C5	No se realizan las paradas previstas	0	0	2	3	1	3	2	0	0	1	2	1	0	0	0	0	14
C6	Falta de mantenimiento preventivo en el sistema de carrilería	0	0	3	3	0	1	3	0	0	2	2	0	0	0	0	0	13
C7	Baja disponibilidad de los tractores de oruga	0	0	0	0	0	0	1	3	0	1	2	3	0	0	0	0	9
C8	Espacio reducido para el almacenamiento de partes de tractores	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	2	0	0	0	0	6
C9	Sistema de pedidos inadecuados	0	0	1	2	0	0	2	3	1	0	2	0	0	0	0	0	11
C10	Inadecuado control del cumplimiento de los protocolos y elementos de seguridad	3	0	1	2	0	0	1	0	0	1	3	3	0	0	0	0	13
C11	No se controlan los riesgos de operación	2	0	0	1	0	2	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	8
C12	Baja coordinación de las pautas de trabajos de los tractores	2	0	2	2	2	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	11
C13	Ausencia de protocolos para la elección del tipo de cadena de tractores	0	3	3	3	0	0	3	3	0	0	0	2	1	0	0	0	17
C14	Desniveles en el terreno	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	1	0	1	0	3	11
C15	Clima adverso	2	0	2	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	3	12
C16	Área de trabajo con poca capacidad de maniobra	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	1	6
Dependencia		14	3	21	23	9	7	29	13	0	10	15	23	1	0	0	6	174

Fuente Elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

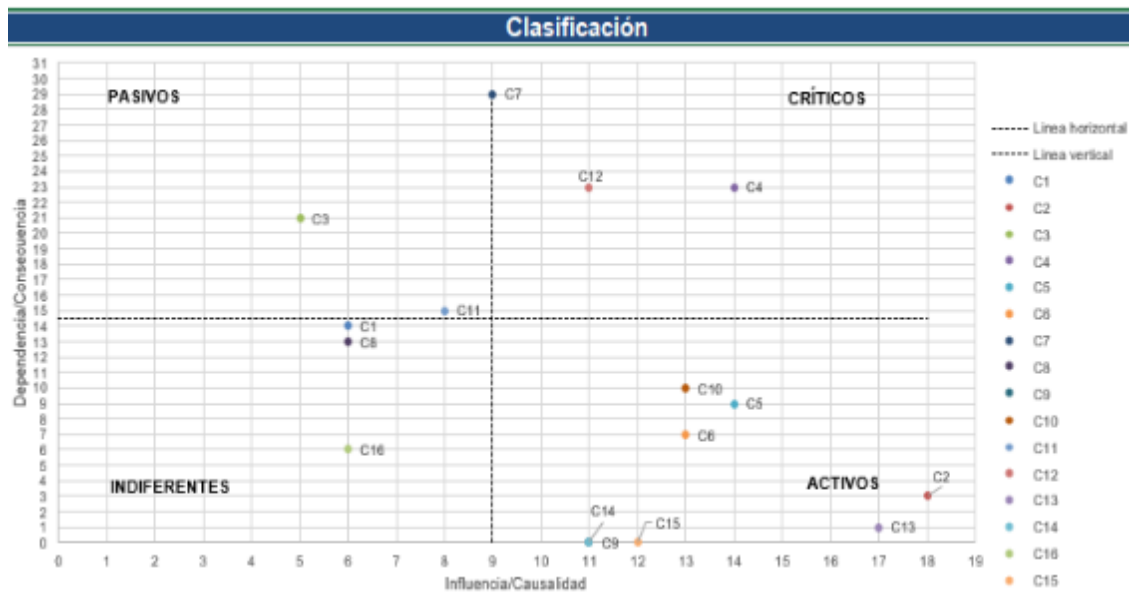


**Tabla 4**  
*Evaluación Resumen de Vester*

GRADO DE CAUSALIDAD	CALIFICACIÓN
No existe relación causal	0
Causalidad débil	1
Causalidad moderada	2
Causalidad fuerte	3

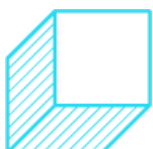
Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

**Gráfico 3**  
*Matriz Gráfica de Vester*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Con base a su potencial activo (causalidad) en la tabla 5, se han ordenado jerárquicamente las causas consideradas de la baja productividad del área, las cuales también se representan en el diagrama de Pareto del gráfico 4. Se observa como las causas consideradas como críticas y activas concentran el





82% del problema reflejado y de manera individual, las causas C2 (falta de capacitación del personal en tipos de cadenas) y C13 (ausencia de protocolos para la elección del tipo de cadena de tractores) representan 10% del total.

**Tabla 5**  
*Jerarquización de las Causas en Relación a su Potencial Activo*

N°	Causas	Puntuación	Puntuación acumulada	Puntuación porcentual parcial	Puntuación porcentual acumulada
C2	Falta de capacitación del personal en tipos de cadenas	18	18	10%	10%
C13	Ausencia de protocolos para la elección del tipo de cadena de tractores	17	35	10%	20%
C4	Reducción de la vida útil de las cadenas	14	49	8%	28%
C5	No se realizan las paradas previstas	14	63	8%	36%
C6	Falta de mantenimiento preventivo en el sistema de carrilería	13	76	7%	44%
C10	Inadecuado control del cumplimiento de los protocolos y elementos de seguridad	13	89	7%	51%
C15	Clima adverso	12	101	7%	58%
C9	Sistema de pedidos inadecuados	11	112	6%	64%
C12	Baja coordinación de las pautas de trabajos de los tractores	11	123	6%	71%
C14	Desniveles en el terreno	11	134	6%	77%
C7	Baja disponibilidad de los tractores de oruga	9	143	5%	82%
C11	No se controlan los riesgos de operación	8	151	5%	87%
C1	Incumplimiento de las especificaciones, procedimientos y normas de seguridad	6	157	3%	90%
C8	Espacio reducido para el almacenamiento de partes de tractores	6	163	3%	94%
C16	Área de trabajo con poca capacidad de maniobra	6	169	3%	97%
C3	Alto consumo de combustible	5	174	3%	100%
Total		174		100%	

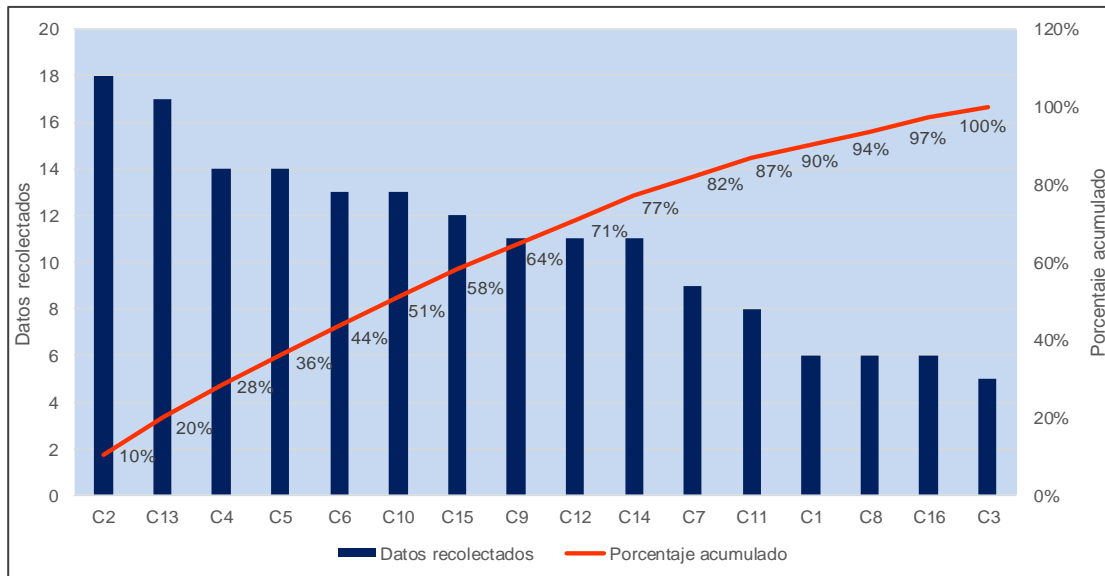
Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





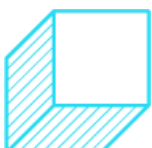
**Gráfico 4**

*Resultados de la Causa y Relación*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Seguidamente, se ha procedido a identificar la responsabilidad de cada área en la unidad minera respecto a las causas atribuibles a la baja productividad en el ripado; así como en la preparación y habilitación del área de trabajo, lo cual se describe en la tabla 6. Lo cual se condensa en la tabla 7 y el gráfico 5, donde se agrupan estas causas por área, destacando que el área de mantenimiento es el que concentra mayor porcentaje con 39%, seguido de Operaciones con 22%.





**Tabla 6**  
*Estratificación de las Causas por Área*

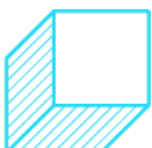
<b>Codigo</b>	<b>Causa</b>	<b>Puntuación</b>	<b>Área</b>
C1	Incumplimiento de las especificaciones, procedimient	6	SSTT - riesgos
C2	Falta de capacitación del personal en tipos de cadenas	18	Recursos Humanos
C3	Alto consumo de combustible	5	Operaciones
C4	Reducción de la vida útil de las cadenas	14	Mantenimiento
C5	No se realizan las paradas previstas	14	Mantenimiento
C6	Falta de mantenimiento preventivo en el sistema de ca	13	Mantenimiento
C7	Baja disponibilidad de los tractores de oruga	9	Mantenimiento
C8	Espacio reducido para el almacenamiento de partes d	6	Logística
C9	Sistema de pedidos inadecuados	11	Logística
C10	Inadecuado control del cumplimiento de los protocolos	13	SSTT - riesgos
C11	No se controlan los riesgos de operación	8	SSTT - riesgos
C12	Baja coordinación de las pautas de trabajos de los trac	11	Operaciones
C13	Ausencia de protocolos para la elección del tipo de cac	17	Mantenimiento
C14	Desniveles en el terreno	11	Operaciones
C15	Clima adverso	12	Operaciones
C16	Área de trabajo con poca capacidad de maniobra	6	Logística

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

**Tabla 7**  
*Representación Porcentual de las Causas por Área*

<b>ÍTEM</b>	<b>ÁREA</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>	<b>PORCENTAJE</b>
1	Mantenimiento	67	39%
2	Operaciones	39	22%
3	Logística	23	13%
4	SSTT - riesgos	27	16%
5	Recursos Humanos	18	10%
<b>TOTAL</b>		<b>174</b>	<b>100%</b>

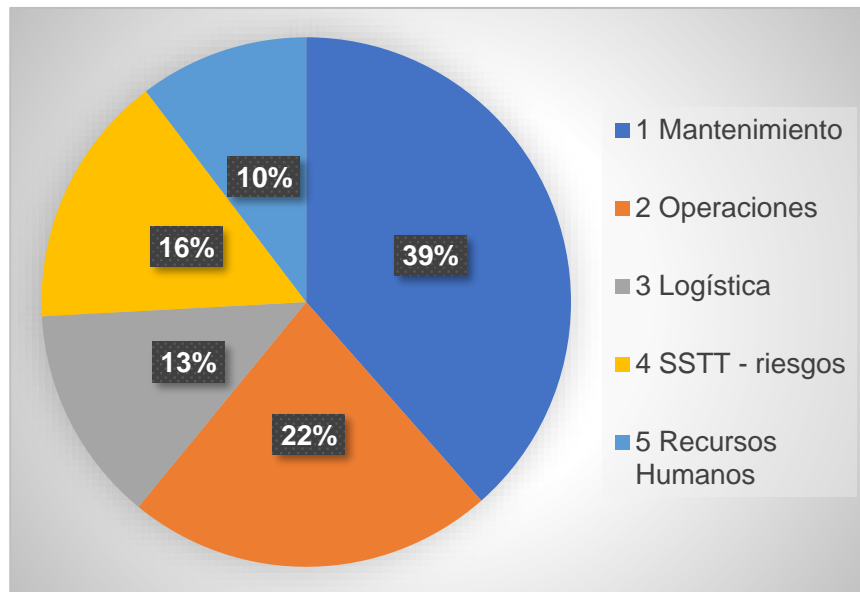
Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





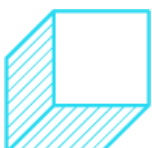
**Gráfico 5**

*Representación Porcentual de las Causas por Área*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Con base a los resultados anterior, se han establecido tres estrategias para atender los problemas del área de mantenimiento, dado que es allí, donde se concentran las principales causas activas del problema. Estas estrategias son: estandarización de los tipos de cadenas, mantenimiento predictivo y plan estratégico de mantenimiento, las cuales fueron evaluadas por cinco criterios: costo, tiempo de aplicación, complejidad, sostenibilidad y completitud, tal como se observa en la tabla 8. Cada criterio se ha evaluado con base a su nivel de conveniencia, donde 0 = poco conveniente, 1 = algo conveniente y 2 = muy conveniente, destacando que la alternativa estandarización de los tipos de cadenas ha recibido la valoración más importante, como también se aprecia en la tabla 7, por lo que el estudio se centrará sobre ella.







**Tabla 8**

*Matriz de Alternativas de Solución*

Alternativas	Criterios					Total
	Costo	Tiempo de aplicación	Complejidad	Sostenibilidad	Complejitud	
Estandarización de los tipos de cadenas	2	2	2	1	1	8
Mantenimiento predictivo	0	1	1	2	2	6
Plan estratégico de mantenimiento	0	0	1	2	2	5

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

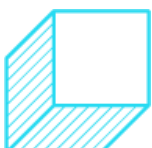
## 2.3. OBJETIVOS DEL PROYECTO

### 2.3.1. Objetivo general

Analizar el desempeño y realizar la estandarización de los tipos de cadenas para tractores de oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.

### 2.3.2. Objetivos específicos

- Analizar el desgaste de la cadena de tractores de oruga a través de un análisis de criticidad en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.
- Analizar el desempeño de las cadenas para tractores oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.
- Diseñar un proceso para la gestión del ciclo de vida de las cadenas para tractores oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.
- Seleccionar el proceso más óptimo en función del tipo de cadena para tractores oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.





## CAPÍTULO III

### DESARROLLO DEL PROYECTO

#### 3.1. DESCRIPCIÓN Y DESARROLLO DEL PROCESO

Para el desarrollo del proyecto se requieren establecer los antecedentes sobre los cuales se fundamentarán el alcance; sobre las bases teóricas la factibilidad en el cual, en concordancia con el marco normativo, se complementarán en todo el desarrollo.

#### 3.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Para el presente trabajo, se consultaron diversos antecedentes afines al tema aquí desarrollado, resultando este muy específico, por lo cual se pudieron encontrar algunas investigaciones relacionadas en algún aspecto, más no en su totalidad, sobre todo relacionado a fallas mecánicas que afectan la disponibilidad de la maquinaria pesada, así como el desgaste de componentes del tren de rodaje en general. En este sentido y con el propósito de tener un estado del arte de referencia, se plantean los siguientes antecedentes.

##### **Antecedentes a nivel internacional**

No se encontraron.

##### **Antecedentes a nivel regional**

No se encontraron.

##### **Antecedentes a nivel nacional**

Paja (2020) en la ciudad de Arequipa, desarrolló un trabajo de investigación cuyo objetivo consistió en optimizar el desempeño de los equipos Komatsu después de una reparación general en el área de mantenimiento Mina Tractores de la UO Toquepala de la empresa Southern Perú, 2019"; a través de la reducción de los tiempos muertos en el proceso de reparación de





maquinarias. La metodología fue de tipo documental, para la cual se realizó un análisis crítico sobre el comportamiento de las máquinas después de su reparación, estudiando, asimismo, la disponibilidad de cada uno de estos; se revisaron los historiales de fallas de los equipos y se inspeccionaron los procedimientos ejecutados para la reparación total de los mismos. Se tomó como muestra, 2 equipos del mismo modelo D475A-5E0 Komatsu del taller de reparación de Tractores para evaluar el nivel de optimización en el proceso. Con ello, se implementaron formatos y procedimientos para la identificación rápida de fallas a fin de reducir tiempos de reparaciones. Se concluye, que la propuesta permitirá mejorar los procesos realizados en el tractor D475A-5E0 Komatsu, con la finalidad de aprovechar al máximo su rendimiento y lograr su más alta disponibilidad, para la cual se obtuvo valores de 88.01% para el equipo D475A X-1 y de 89.71% para el D475A X-2 en un inicio luego de implementar los estándares de la propuesta; esperando que las buenas prácticas se mantengan y se continúe la aplicación total de la propuesta para aumentar dicho indicador.

Huacahuaire y Quispe (2018), desarrollaron un trabajo de investigación con el objetivo general de mejorar la gestión de mantenimiento basada en la Mantenibilidad, y el incremento de la disponibilidad de la flota de tractores Oruga Bulldozer D475 en la empresa Komatsu Mitsui 2017, justificado en el hecho de que se desconocían los equipos críticos de la flota, el momento se necesitaría un cambio de componente mayor; la omisión de análisis de modos y efectos de fallas de dichos equipos, así como no llevar registro histórico de datos estadísticos del tiempo entre fallas de los equipos, para evaluar su confiabilidad y determinar el ciclo óptimo de mantenimiento preventivo de cada equipo crítico. En base a ello, se desarrolló una metodología pre – experimental, aplicando la observación directa, el análisis documental y la entrevista al personal técnico. Las conclusiones reflejan que una adecuada mantenibilidad de la flota de tractores oruga Bulldozer D475, aumentó el tiempo medio entre fallas (MTBF) en 1.95 y disminuyó los tiempos medios de reparación (MTTR) de las máquinas en un 0.44; el indicador de disponibilidad alcanzó un valor de 89.35% al finalizar el año 2017; por tanto, se deja





evidencia que la adecuada mantenibilidad y el aumento de la disponibilidad, mejoran la gestión de mantenimiento de la flota.

Palomino (2016), en su tesis de investigación como objetivo principal determinar cómo la implantación del plan de mantenimiento del tren de rodaje de la excavadora hidráulica 336 DL CAT, incrementa la disponibilidad mecánica en la Empresa Constructores y Mineros CG S.A.C.; debido a que se observó durante los últimos meses (2016) paradas intermitentes de las excavadoras hidráulicas 336 DL CAT por fallas en el tren de rodaje, prolongándose por falta de una buena gestión de mantenimiento, bajo índice de disponibilidad de equipos provocando retraso en la obra. La metodología fue descriptiva y se desarrolló mediante las técnicas de recolección de datos empíricas y las inspecciones de campo a los componentes de la maquinaria. Entre las conclusiones más relevantes en cuenta al presente trabajo, señala que se debe de saber cuáles son los elementos o componentes críticos del tren de rodamiento de la excavadora 336 DL CAT para que de esa manera se pueda tener un mayor control de inspección sobre estos elementos ya que son los que más frecuentemente pueden llegar a fallar; finalmente, expresa que con la implementación del plan de mantenimiento se llegó a aumentar la disponibilidad mecánica de la excavadora 336 DL CAT de la empresa Constructores y Mineros CG S.A.C. De 67.5% a 78.57%.

Jara (2013), en su tesis tuvo como objetivo principal, aplicar el análisis modal de fallos y efectos para disminuir las ratios de la carrilería en los tractores CAT D6T en la empresa ICCGSA. Para ello, desarrolló una metodología tecnológica y aplicada, utilizando matrices AMEF como instrumentos de recolección de datos, aplicadas a 16 tractores CAT D6T. Los resultados mostraron que la aplicación de la metodología AMEF reduce de manera significativa el ratio de operación de la carrilería de los tractores D6T a un 23,5% en el grupo experimental frente a la del grupo control con un valor de 44,48%; del mismo modo, los índices de prioridad de riesgo disminuyeron desde un riesgo medio hasta un riesgo bajo, en la medida que se puede conocer con más detalle los mecanismos de control de fallo; por lo tanto, concluyen que con la aplicación del análisis modal de fallos y efectos,





disminuye los ratios de operación de la carrilería de los tractores Caterpillar D6T.

### **3.3. BASES TEÓRICAS**

#### **Tractor tipo Oruga**

Un tractor es una máquina para movimiento de tierra con una gran potencia y robustez en su estructura, diseñado específicamente para el trabajo de corte (excavación) en conjunto con el empuje a través de la hoja que hace de transporte. Esta máquina soporta varios equipos montados para poder ejecutar su trabajo y tiene la posibilidad de empujar o apoyar a otras máquinas cuando sea necesario. Según su sistema de traslación, estas máquinas pueden ser tipo ruedas u orugas o “Bulldozer” (Mamani, 2007).

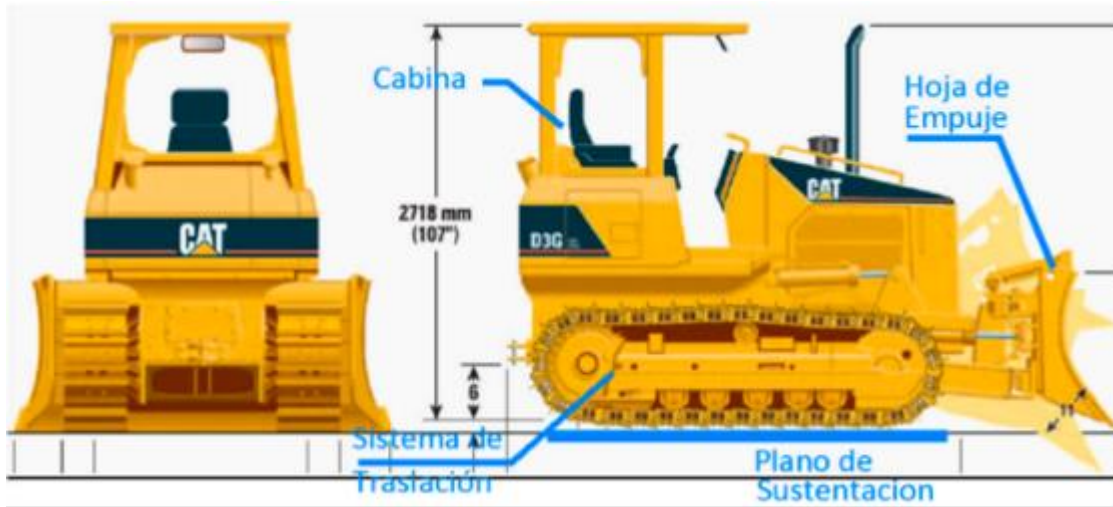
Por su parte, Miuller (2010) describe el tractor oruga o Bulldozer como una máquina montada sobre orugas, equipada con una pieza en la parte delantera para el empuje de materiales, lo cual le permite ejercer menor presión sobre el suelo y por tanto, le confiere mayor capacidad de desplazamiento en superficies irregulares donde otros vehículos convencionales no pueden hacerlo. Sus principales partes constan de una hoja topadora y el Ripper, como se ilustra en la figura 6.





**Figura 4**

*Ilustración las Partes Básicas de un Tractor Oruga*



Fuente: (Mamani, 2007)

Hernández y Sánchez (2003) citado por Miuller (2010), describen la hoja empujadora o topadora como elemento para cortar, realizar explanación, nivelación, apilado y extendido. Esta parte de la maquina es usada para trasladar el material removido hacia un lugar determinado. Por su parte, el Ripper o rompedor es un dispositivo situado en la parte de atrás de la máquina, fabricado con material de acero y tungsteno; es usado para romper estructuras y rocas en el terreno, convirtiéndolas en materiales de menor tamaño.

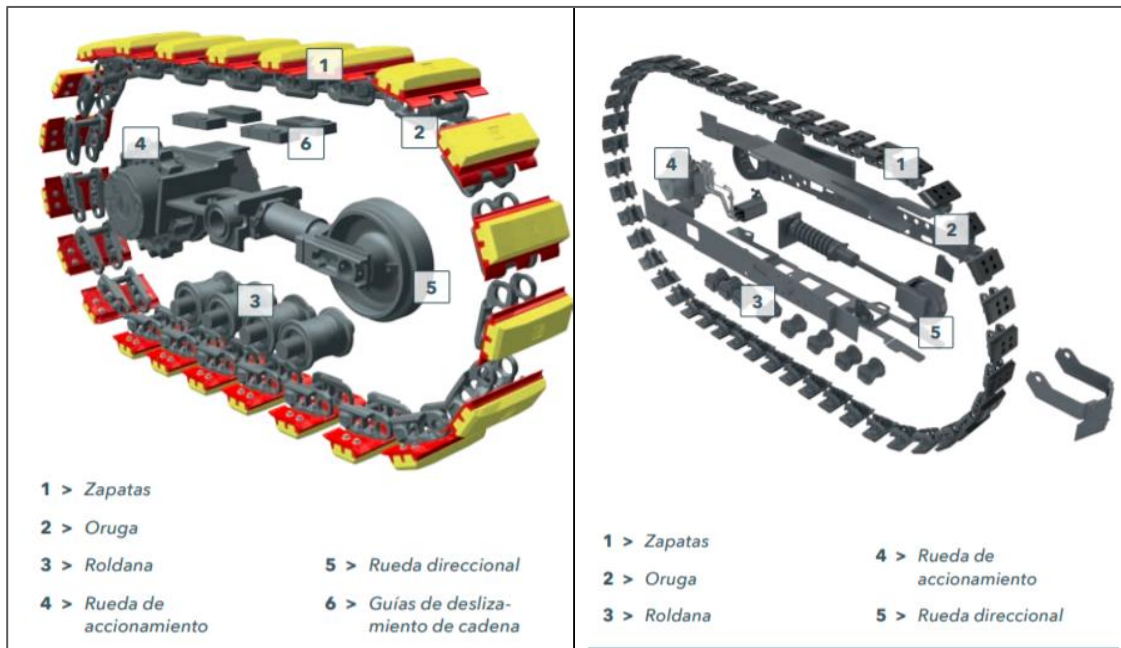
### **3.3.1. Sistema o tren de rodaje de tractor oruga**

El sistema de traslación oruga lo constituye el tren de rodaje de la máquina, el cual está conformado por un conjunto de componentes bien engranados que ejecutan el trabajo armónicamente; donde ruedas motrices dentadas, se engranan con casquillos que articulan entre sí, los eslabones que forman las cadenas en cuyo exterior se acoplan zapatas con las que se apoya finalmente a la superficie del suelo. Estas zapatas incorporan a su vez, garras para afianzarse al suelo por lo que el peso se distribuye en las cadenas (Bolivar, 2017). Un ejemplo ilustrado de lo mencionado, se puede ver en la figura 7.





**Figura 5**  
*Componentes del Tren de Rodaje*

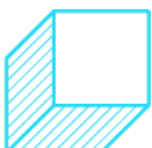


Fuente: (Wirtgen Group, 2018)

Wirtgen Group (2018), menciona que los trenes de rodaje y en especial, las piezas que ejecutan el trabajo, están sujetos a una carga constante que con el tiempo, conlleva al desgaste y fatiga de los componentes. Asimismo, menciona que los trenes de rodaje no son iguales puesto que se utilizan diferentes materiales, se requieren distintas dimensiones y se fabrican una cantidad de elementos, los cuales se seleccionan de tal manera, que la máquina garantice para un desgaste lo más mínimo posible, una alta tracción y seguridad de servicio.

### 3.3.2. Cadenas del tren de rodaje

Las cadenas del tren de rodaje se conforman de segmentos acoplados mediante casquillos y pernos. Estas se ponen en marcha en la dirección de avance deseada a través de la rueda motriz que acciona la máquina. Por ello, la tensión de la cadena debe ser tan alta para que la rueda motriz pueda acoplarse de forma segura a ella. Por



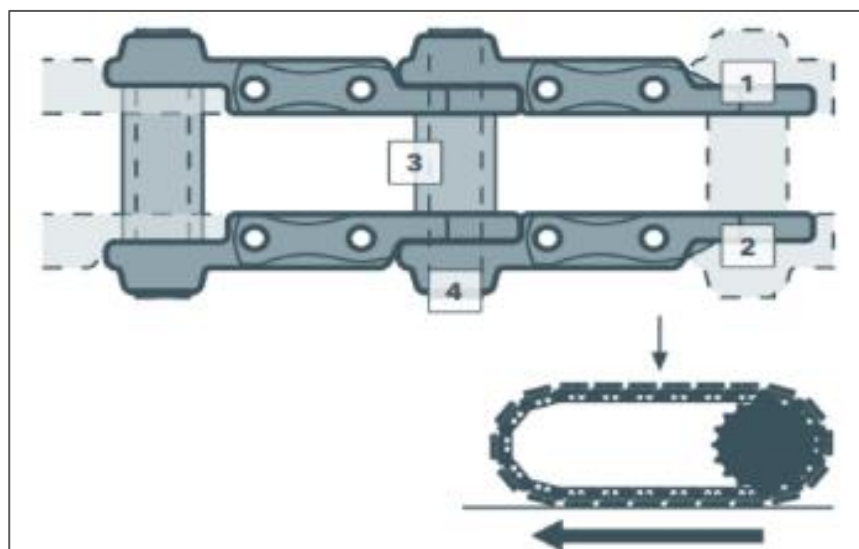


otro lado, en función de las cargas de la cadena de eslabones por el peso en funcionamiento de la máquina, así como de la velocidad máxima posible, las maquinas pueden usar cadenas con o sin lubricación.

De esta manera, en las cadenas engrasadas se encuentra un lubricante entre casquillo y perno que disminuye la fricción entre los componentes, por tanto, aumenta la vida útil del tren de rodaje (Wirtgen Group, 2018). En la figura 8, se puede observar las partes de una cadena de tractor oruga.

**Figura 6**

*Partes de una Cadena de Tractor Oruga*



- 1 > Segmento de eslabón de cadena (derecha)
- 2 > Segmento de eslabón de cadena (izquierda)
- 3 > Casquillo
- 4 > Perno

Fuente: (Wirtgen Group, 2018)

### **Desgaste de cadenas de tractores oruga**

El desgaste aparece por una presión entre dos elementos con la aparición de un movimiento relativo; lo cual provoca que se







desprendan partículas de la superficie de ambos elementos. Las causas que generan el desgaste pueden ser variadas, por ejemplo, la suciedad, montaje inadecuado o piezas de otros fabricantes que sean idénticas, pueden favorecer el desgaste de otros componentes y afectar la productividad de la máquina. Entre las causas más comunes de desgaste, se tienen las siguientes (Wirtgen Group, 2018):

- La aglomeración y la aglutinación de polvo de fresado o restos de asfaltos (ausencia de limpieza).
- Altas velocidades en la reubicación durante la marcha de transporte.
- Desplazamiento marcha atrás.
- Tensión de cadena incorrecta.
- Materiales abrasivos (arena, polvo de fresado, etc.) en lugares de deslizamiento o rodaje.

Para predecir de manera confiable, la durabilidad de una pieza de desgaste en el tren de rodaje, se puede utilizar la siguiente ecuación:

$$\text{Desgaste (hr)} = \frac{\text{Duración de funcionamiento actual de la pieza de desgaste}}{\text{Estado actual de desgaste (\%)}} \times \text{Estado máximo de desgaste}$$

La duración de funcionamiento actual de la pieza de desgaste se puede conseguir en el manual de fabricante, en tanto que el estado máximo de desgaste por lo general es 100%, ya que un valor superior causaría daños fuertes por encima del promedio, en otros componentes. Este indicador de desgaste, proporciona un valor estadístico orientativo que ayuda a planificar el mantenimiento oportuno de las máquinas y con ello aumentar la disponibilidad. Para minimizar en la medida de lo posible, el desgaste de las cadenas del tren de rodaje se debe tomar en cuenta en todo momento, la correcta





tensión de la misma como describe Wirtgen Group (2018) a continuación:

- Si la tensión generada por los cilindros tensores a través de la rueda de accionamiento y la rueda direccional en la cadena de eslabones es muy alta, entonces el rol entre el casquillo y el perno será muy bajo, por lo cual se produce un desgaste innecesario.
- En contraste, una tensión insuficiente de la cadena conlleva a un movimiento de balanceo de los eslabones de la cadena entre la rueda motriz y la rueda direccional. En consecuencia, se genera una fricción de los flancos de los eslabones en las superficies laterales de los rodillos portantes y de la rueda motriz, lo que causaría que salte la cadena, es decir, vibraciones.

Análogamente, Caterpillar (2007) expresa que las variables que determinan la vida útil del sistema del tren de rodaje y el equilibrio entre los elementos, se clasifican en tres grupos: las variables controlables, las variables no controlables y las variables parcialmente controlables. Entre el primer grupo se tiene la tensión de la cadena, ancho de la zapata, equilibrio de la máquina y la alineación de los componentes. El segundo grupo es representado 100% por las condiciones del terreno como son el impacto, abrasividad, compactación, humedad, terreno y movimiento uniforme de la máquina (lo que realiza), en tanto que el último grupo, incluye sucesos controlables o hábitos del operador de la máquina, como, por ejemplo, trabajar con la carga siempre en un mismo lado.

Respecto a las variables controlables, Caterpillar (2007) menciona los siguientes puntos:

- El ancho de la zapata puede causar problemas de integridad de sello y de lubricación de la cadena, como agrietamiento del





eslabona, pestaña de rodillo y desgaste de buje. Esta variable puede controlarse con una adecuada selección de la zapata según la recomendación técnica.

- El ajuste de la cadena se considera como uno de los factores o causa aceleradora en la sección de problemas estructurales y de desgaste de muchos componentes. Pues, se menciona que una cadena demasiado tensa aumenta la velocidad de desgaste hasta tres veces.

### 3.3.3. Análisis de criticidad

Prat (2014), describe el análisis de criticidad como una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, construyendo una estructura que ayuda a la toma de decisiones acertadas y efectivas, orientando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional en función de la realidad actual.

Por su parte, Gutiérrez et al. (2020) exponen el análisis de criticidad (AC) como una metodología semi - cuantitativa para dimensionar el riesgo, que permite establecer jerarquías o prioridades de instalaciones, sistemas, equipos y dispositivos (ISED´S) basadas en una figura de mérito llamada "Criticidad", la cual es proporcional al "Riesgo". En este escenario, el riesgo representa los egresos o pérdidas probables a consecuencia de la probable ocurrencia de un evento no deseado o falla. Así, la criticidad es equivalente al riesgo según las expresiones semi – cuantitativas siguientes:

- $Criticidad (C) = Frecuencia\ de\ falla \times Impacto$
- $Riesgo (R) = Probabilidad\ de\ Falla \times Consecuencia$





Entonces, la frecuencia de falla viene siendo proporcional a la probabilidad de falla y el impacto, proporcional a la consecuencia de una falla. De esta manera, la criticidad puede ser expresa en términos del riesgo, como señala Labra (2018) en la siguiente expresión:

- $Criticidad = Frecuencia\ de\ fallas \times Consecuencia$

Siendo:

- $Consecuencia = IO \times FL + ICM + ISHA$

Donde:

IO: impacto operacional

FL: Flexibilidad

ICM: impacto en costos de mantenimiento

ISHA: impacto en seguridad, higiene y ambiente

Estos indicadores se les asigna una calificación mediante una matriz de criterios, la cual es mostrada en la figura 9 y los valores se registran en una matriz final de evaluación con todos los componentes involucrados (Anexo 2).





**Tabla 9**

*Matriz de Criterios Para Evaluar la Criticidad*

Frecuencia de Fallas		Costo de Mantenimiento	
mayor a 4 fallas/año	4	mayor a S/.1000.00	2
promedio 2 a 4 fallas/año	3	inferior a S/.1000.00	1
Buena 1 a 2 fallas/año	2	Impacto en SHA	
Excelente menores de 1 falla/año	1	Afecta la seguridad humana tanto externa como interna y requiere la notificación a entes externos de la organización	8
Impacto Operacional		Afecta el ambiente instalaciones	7
Parada inmediata	10	Afecta las instalaciones causando daños severos	5
Repercusión en costos operacionales	8	Provoca daños menores (ambiente seguridad)	3
Impacto en niveles de producción	4	No provoca ningún tipo de daños a personas, instalaciones o al ambiente	1
No genera ningún efecto significativo sobre la operación y producción	1	No produce lesión	1
Flexibilidad Operacional			
No existe opción de repuesto	4		
Hay opción de repuesto compartido	2		
Función de repuesto disponible	1		

Fuente: (Labra, 2018)

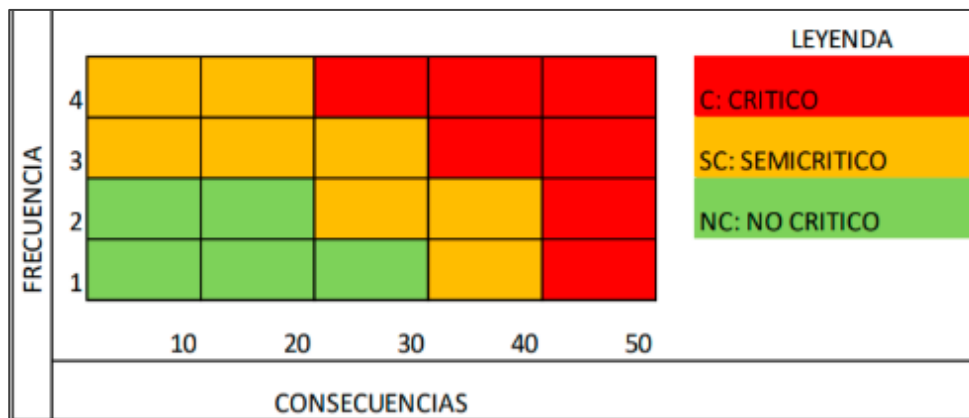
La matriz de criticidad permite jerarquizar los equipos en tres zonas: No crítica (NC), Media Criticidad (MC) y Crítico (C) representada en la figura 10.





**Tabla 10**

*Matriz de Criterios Para Evaluar la Criticidad*



Fuente: (Labra, 2018)

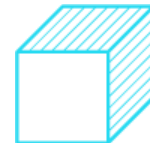
### 3.3.4. Desempeño de las cadenas

Bernaola (2012), menciona que los indicadores clave de desempeño se establecen en función de las metas, objetivo y la visión la organización; por tanto, son cuantificables y permiten lograr el éxito. De manera general, los indicadores de desempeño facilitan la verificación de los recursos y costos empleados, para la toma de decisiones. En tal sentido, para medir el desempeño de las cadenas para tractores oruga, se consideraron los siguientes indicadores:

**Tiempo de operación.** Se refiere al tiempo que registra el horómetro de las cadenas, excluyendo el tiempo de mantenimiento o el desplazamiento de un equipo o componente hacia el taller para el caso de un correctivo. (Casas, 2018)

**Costo horario (CPH).** El costo horario total de maquinaria y equipo, se obtiene de la sumatoria del costo horario de posesión más el costo horario de operación. El primero se refiere a la inversión que ha realizado el propietario de la maquinaria o el equipo para adquirir el mismo, y representa un costo continuo durante su utilización. El segundo, corresponde al costo que supone el trabajo de la máquina





durante una hora; considera factores y costos que intervienen directamente en el funcionamiento de la misma. (Filtertec, 2019)

### **3.4. BASES NORMATIVAS**

#### **Decreto Supremo N° 055-2010- EM**

Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional y otras medidas complementarias en minería. En su capítulo XX, relacionado con la maquinaria, equipos y herramientas, establece que la instalación, operación y mantenimiento de equipos mecánicos fijos y móviles deberá realizarse de acuerdo con las especificaciones de los fabricantes, con especial atención a su programa de mantenimiento, descarga de gases contaminantes, calidad de respuestas y lubricación. Asimismo, ratifica que el trabajador que opera los equipos debe ser seleccionado, capacitado y autorizado por el titular minero.

#### **Análisis de criticidad de los tractores oruga**

Se realizó un análisis de criticidad de los principales tractores oruga, con el fin de determinar los componentes más críticos que generan el mayor desgaste en las cadenas, y por ende, mayor impacto en el desempeño. Para ello, se evaluaron los modos de fallas o componentes de cada cadena en posesión de la empresa, según los parámetros de frecuencia e impacto de las fallas hasta obtener un valor de criticidad equivalente al riesgo, producto de la frecuencia y las consecuencias totales. La matriz general se halla en el anexo 1 y el resumen de la criticidad de las cadenas en la tabla 9.

### **3.5. DESARROLLO DEL PROYECTO**

Desde este punto para adelante, se deberá demostrar los diferentes factores a considerar, con la finalidad de concordar de manera eficiente con la mejora de la propuesta planteada; desde el análisis de cada una de las partes a la evaluación general tanto del desgaste, desempeño y finalmente el diseño del proceso sobre el cual se deberán asentar los criterios para la mejora.





**Tabla 11**

*Análisis de Criticidad de los TA en Relación a las Cadenas*

CADENA	MODO DE FALLA	NIVEL DE CRITICIDAD
<b>TO101</b>	Cambio cadenas Rh y Lh por desgaste	SC
	Cambio de Cadenas	SC
	Trabajos soldadura cambio de cadena/MF	NC
	Cambio de pernos master cadena RH	SC
	Desgaste prematuro de buje de trunio	SC
	Zapata rota	NC
<b>TO102</b>	Cambio cadenas por desgaste	SC
	Unión de cadena e instalación de pernos	SC
	Cambio de eslabón master cadena LH por f	SC
	Zapatas dañadas LH	SC
	Cambio de pernos master zapata LH	SC
	Cambio de eslabones LH	NC
<b>TO103</b>	Cambio de cadenas por desgastes	SC
	Cambios de pernos	SC
	Cambio de cadenas y sprocket LH y RH	SC
	Cambio de cadena y segmentos D Spro	SC
	Cambio de zapata rota	SC

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

En la tabla 9, se puede observar que la los niveles de criticidad determinados se encuentra en los niveles no crítico (NC) y semi – crítico (SC), siendo este último el más representativo. Como se puede apreciar, la criticidad preponderante se presenta en los componentes relacionados a las cadenas, los pernos master de las cadenas, los bujes de las cadenas y en las zapatas. Asimismo, la mayor recurrencia en los niveles mayores de criticidad, se hallaron en las







cadena más utilizadas en los tractores TO102 y TO103. Esto indica la importancia de estos componentes en las estrategias de evaluación técnica y económica para la toma de decisiones.

### 3.5.1. Evaluación del desgaste de cadenas de TA

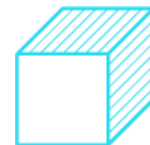
Se evaluó el desgaste de las cadenas en base al ciclo de vida completo, el cual abarca la primera y segunda vida de las mismas. Para ello, se tomaron los datos de las inspecciones técnicas de expertos (anexo 2), tomándose mediciones de los componentes principales y el historial de operatividad de las máquinas. De esta manera, a continuación, se resumen los resultados.

**Tabla 12**  
*Evaluación del Desgaste de Cadenas Marca Berco*

OPERATIVIDAD GENERAL DE LA CADENA					DESGASTE DE COMPONENTES					
Cadena	Marca	Ciclo de Vida	Horas de trabajo	Tractor	Eslabón M		Bocina ØG1		Zapata (Garra F)	
					Izq.	Der.	Izq.	Der.	izq.	Der.
CAD 1	Berco	1	4261	D10T -TO006	53%	55%	54%	54%	90%	85%
		2	3101.9	D10T-TO002	90%	91%	33%	24%	87%	81%
CAD 2	Berco	1	3355.00	D10T -TO002	44%	41%	49%	49%	74%	77%
		1	644.00	D10T -TO006	54%	56%	57%	59%	93%	88%
CAD 3	Berco	1	3114.00	D10T-TO001	15%	15%	22%	22%	32%	32%
		1	3199.40	D10T-TO002	66%	67%	59%	59%	88%	92%
		2	472.80	D10T-TO003	68%	74%	8%	8%	4%	2%
		2	477.70	D10T -TO006	80%	75%	8%	8%	19%	12%

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

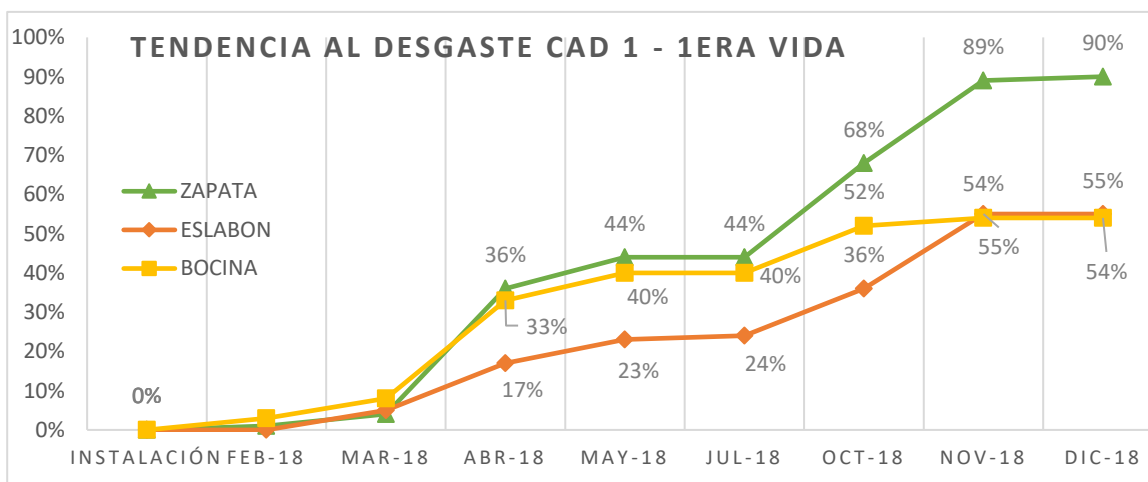




En la tabla 10, se muestra la evaluación del desgaste de las cadenas de la marca Berco para los componentes principales, cuya tendencia se puede apreciar mejor, de manera gráfica. De esta manera, en el gráfico 6 se muestra la tendencia al desgaste de la cadena 1, donde se puede ver que el componente zapata presenta un mayor comportamiento al desgaste, seguido de la bocina y, con menor tendencia, el eslabón Berco. En este sentido, se puede decir, que el componente más crítico en la incidencia del desgaste de la cadena es la zapata, alcanzando un 90% en su primera vida útil.

**Gráfico 6**

*Tendencia al Desgaste Primera Vida Cadena 1 Berco*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

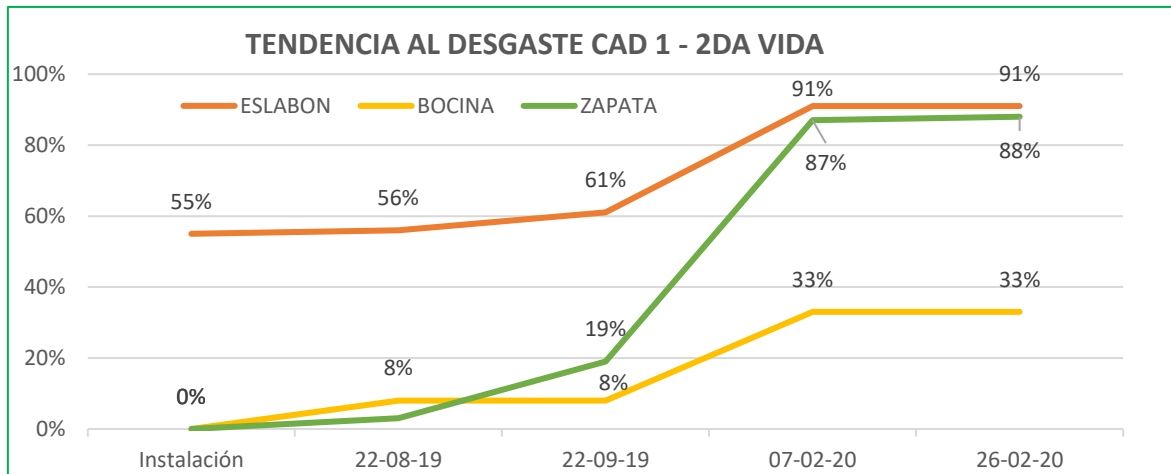
Asimismo, se puede apreciar la tendencia al desgasta de la misma cadena 1 en su segunda vida útil, como se puede ver en el gráfico 7, en el que se puede observar que la tendencia al desgaste en este caso, se da en el eslabón de la cadena hasta alcanzar un 91%, seguido de la zapata hasta un valor similar 88%. A pesar de que el comportamiento de desgaste es mayor en el eslabón, en la zapata se presenta una evolución más abrupta, por tanto, pasa aun estado de desgaste mayor en menor tiempo.





**Gráfico 7**

*Tendencia al Desgaste Segunda Vida Cadena 1 Berco*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

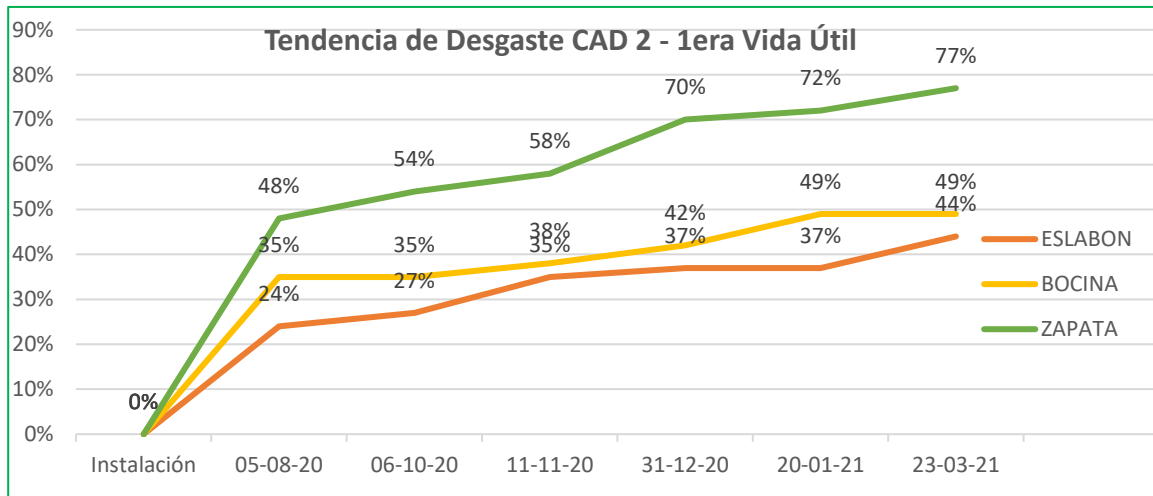
En cuanto a la cadena 2, en el gráfico 8 se muestra el comportamiento al desgaste en su primera vida útil, en el cual se presenta la mayor operatividad de la cadena, por tanto, el mayor desgaste de todo su ciclo de vida. En este gráfico se puede apreciar que la zapata es el componente con mayor tendencia al desgaste alcanzando un 77% en su primer ciclo. Seguidamente, se tiene un comportamiento similar entre el desgaste al eslabón y la bocina, alcanzándose 44% y 49% respectivamente. En este caso, al igual que en la cadena 1, el componente que más incide en el desgaste de las cadenas Berco, es la zapata.





**Gráfico 8**

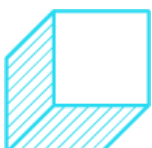
*Tendencia al desgaste cadena 2 Berco*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Por cuanto a la cadena 3, en el grafico 9 se presenta la tendencia al desgaste hasta el final de su primera vida, donde se da el mayor desgaste debido a que el tiempo de trabajo es mayor, puesto que los componentes tienen menor desgaste y fallas por ser nuevos.

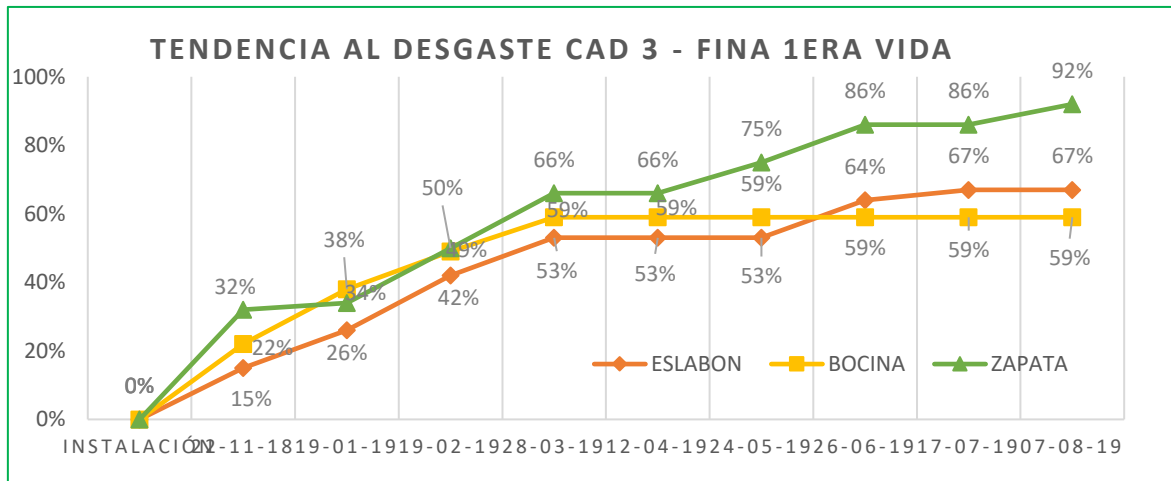
Por lo cual se aprecia una mayor tendencia al desgaste en las zapatas de la cadena Berco, alcanzando un 92% de desgaste. Seguido de la bocina y el eslabón cuyos comportamientos son muy similares. En este caso, también se puede observar que la tendencia al desgaste para los 3 componentes es recurrente en comparación a las cadenas 1 y 2. Por tanto, la zapata es el elemento que incide mayormente en el desempeño de las cadenas Berco, por cuanto a su predominancia en el análisis de desgaste.





**Gráfico 9**

*Tendencia al Desgaste Final Primera Vida Cadena 3 Berco*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

Igualmente, en la tabla 11 se muestra el resumen de la evaluación del desgaste para cadenas de marca CAT, en relación a los principales componentes, siendo estos el eslabón, buje y zapata.

**Tabla 13**

*Evaluación del Desgaste de Cadenas Marca CAT*

OPERATIVIDAD GENERAL DE LA CADENA				DESGASTE DE COMPONENTES						
Cadena	Marca	Ciclo de Vida	Horas de trabajo	Tractor	Eslabón M		Buje		Zapata (Garra F)	
					izq.	Der.	izq.	Der.	Izq	Der.
CAD 4	CAT	1	5310	DT11- TO103	60%	60%	24%	25%	14%	14%
		2	2467	DT11-TO102	102%	82%	60%	45%	88%	54%
CAD 5	CAT	2	3488	DT11-TO101	113%	117%	63%	55%	108%	104%

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

De los resultados de la tabla 11, se puede representar el comportamiento al desgaste en un período de tiempo para apreciar

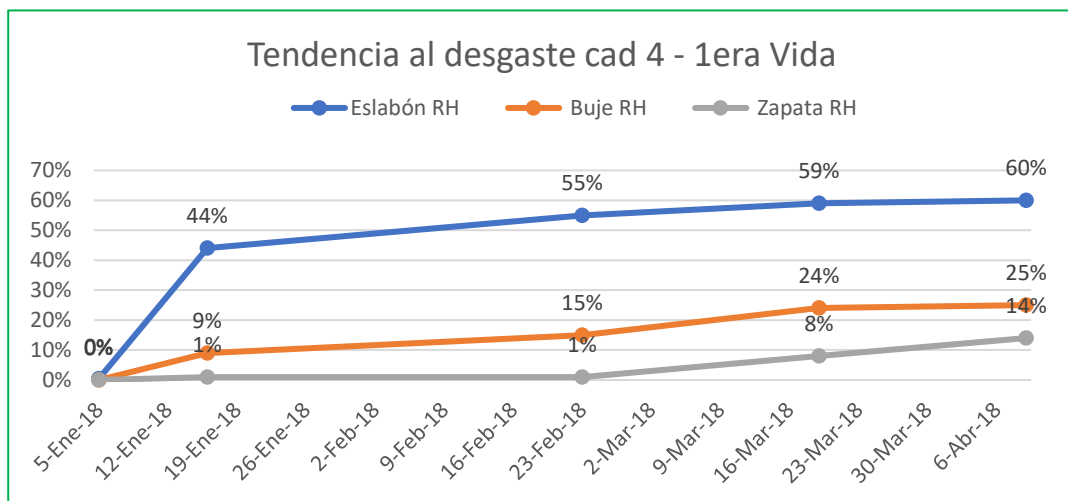




las diferencias entre los componentes de las cadenas: eslabón, buje y zapata. De esta manera, en el gráfico 10 se aprecia la tendencia al desgaste que presentan dichos componentes de la cadena 4 Caterpillar, que, a diferencia de las Berco, existe mayor tendencia al desgaste en el eslabón, alcanzando un 60% en un corto período de tiempo, en cambio que la zapata experimentó un 14% de desgaste en el mismo intervalo de tiempo.

**Gráfico 10**

*Tendencia al Desgaste 1 era Vida Cadena 4 CAT*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

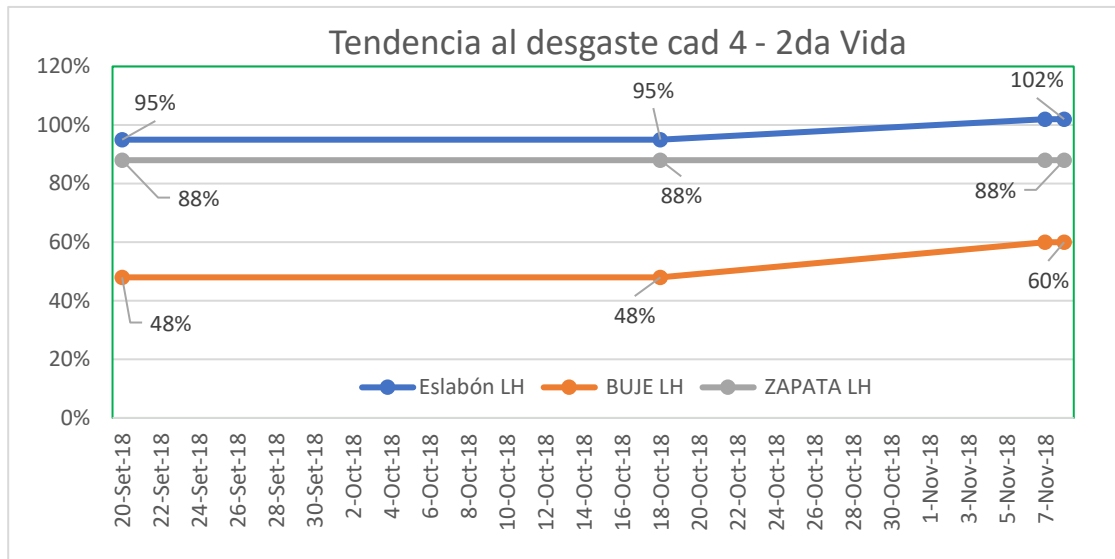
Asimismo, también se puede observar el comportamiento al desgaste en la segunda vida de la misma cadena 4, el cual se representa en el gráfico 11. En el mismo se presenta un aumento significativo del desgaste en el eslabón en un corto período de tiempo, por su parte, la zapata se mantuvo constante en el desgaste ya alcanzó en trabajo previo y, el buje presentó un desgaste relativo al eslabón. En este caso, tanto el eslabón como el buje representan mayores incidencias en el desgaste de las cadenas CAT.





**Gráfico 11**

*Tendencia al Desgaste 2da Vida Cadena 4 CAT*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

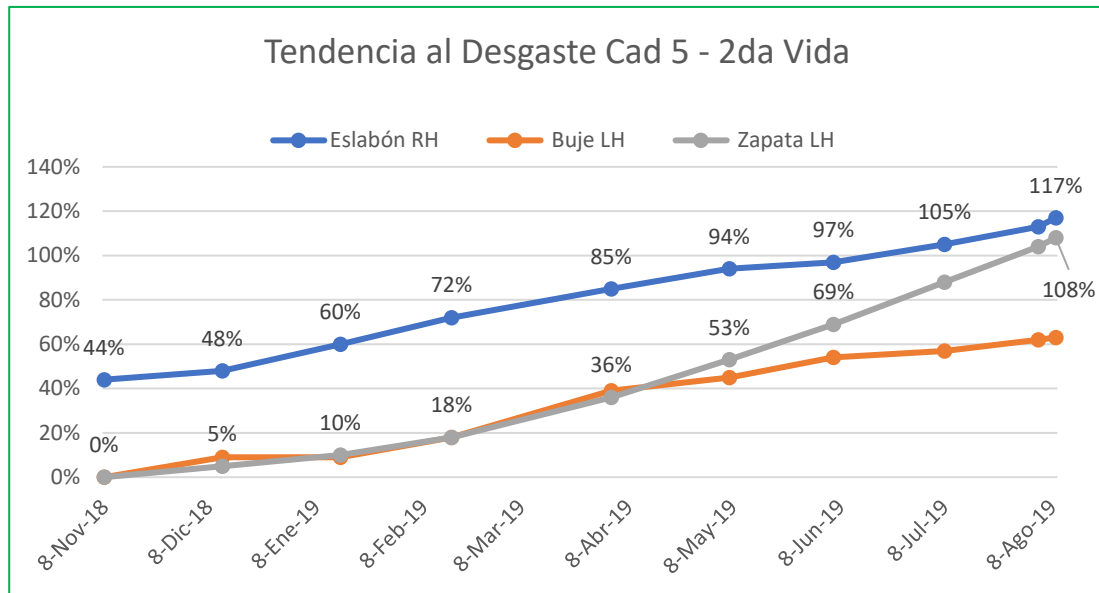
Por su parte, en el gráfico 12 se muestra la tendencia al desgaste de la cadena 5 en su segunda vida útil, en la que se puede observar un desgaste muy rápido debido al eslabón y la zapata, por lo cual, se pueden considerar estos dos componentes como los más influyentes en el desgaste general de la cadena CAT.





**Gráfico 12**

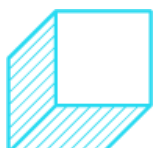
*Tendencia al Desgaste 2da Vida Cadena 5 CAT*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

### 3.5.2. Evaluación del desempeño de las cadenas

Se realizó una evaluación de desempeño de las cadenas operativas de los tractores oruga, considerando las horas operativas de las cadenas, la proyección en horas de los componentes, su porcentaje de desgaste y el costo de cada cadena que incluye mantenimientos. De esta manera, se representó en por el indicador costo por hora (CPH), según se muestra en la tabla 12; en la cual se resume el CPH promedio de las cadenas por marca, resultando menor la marca Berco con 13.10 \$/h, respecto a la marca CAT con 14.06 \$/h, con una diferencia entre sí de 0.96 \$/h. Sin embargo, no solo este indicador determina la mejor estrategia sino, el costo que implica las intervenciones por mantenimiento debido al desgaste de los componentes de cada cadena, puesto que sus reparaciones tienen costos estándares diferentes y horas de trabajo diferentes; por cuanto, a las horas de operatividad, rinden de manera distinta.







**Tabla 14**

*Desempeño de las Cadenas Operativas en Tractores Oruga*

Tractor	Cadena	Marca	Horas trabajo	ESLABÓN		BUJE		ZAPATA		Costo Set (USD\$)	CPH (USD\$)
				%Desgaste	Proyección (hr)	%Desgaste	Proyección (hr)	%Desgaste	Proyección (hr)		
DT10	MCP046	CAT	2882	58%	6211	75%	3843	66%	4367	80000.00	12.88
DT11	MCP046	CAT	5859	70%	10462.5	18%	10463	18%	10463	150000.00	14.34
DT11	MCP047	CAT	8141	106%	9600	59%	13798	106%	7680	143619.00	14.96
DT11	MCP048	Berco	4862	79%	7693	76%	6397	72%	6753	109000.00	14.17
DT10	MCP049	Berco	4220	85%	6206	77%	5481	85%	4965	81000.00	13.05
DT10	MCP057	Berco	464	5%	6629	8%	5800	6%	3742	80000.00	12.07
CPH Promedio CAT:										\$14.06	
CPH Promedio Berco:										\$13.10	

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





### 3.5.3. Diseñar un proceso de gestión del ciclo de vida<sup>3</sup>

Se diseñaron 2 procesos para la gestión general de las cadenas de tractores, uno por cada marca. De esta manera se presentan los procedimientos diagramados en las figuras 4 y 5.

---

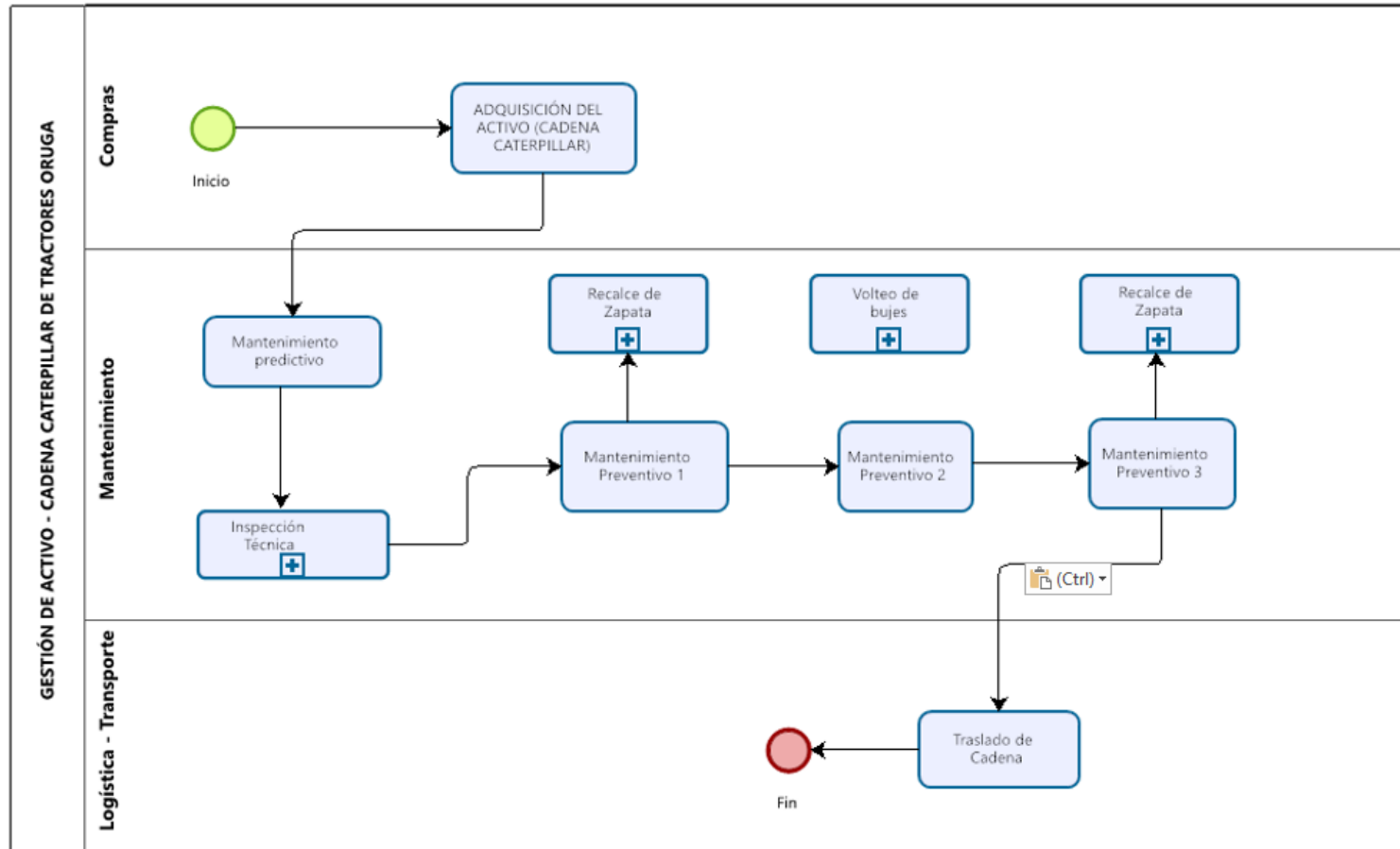
<sup>3</sup> Se refiere a la gestión del ciclo de vida de las cadenas.



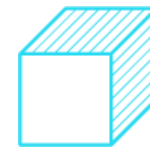


**Figura 7**

*Diagrama de Flujo Gestión y Ciclo de Vida de la Cadena CAT*

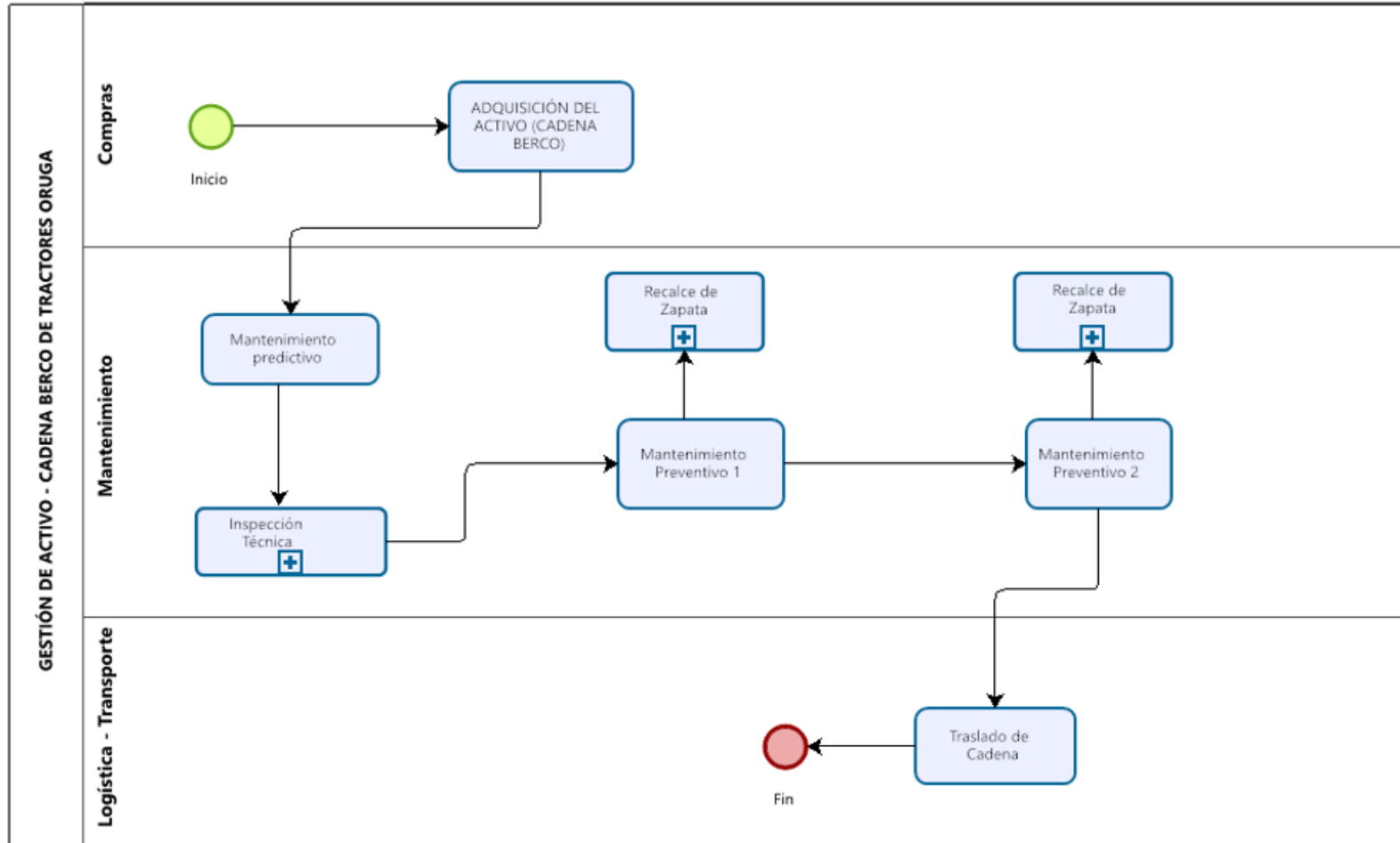


Fuente elaboración propia: (Aларcon Cornejo, 2020)



**Figura 8**

*Diagrama de Flujo Gestión y Ciclo de Vida de la Cadena Berco*



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





### 3.5.4. Seleccionar el proceso más óptimo

**Tabla 15**

*Evaluación de los Procesos Planteados Según Tipo de Cadena*

PROCESO	DESCRIPCIÓN	CADENA	COMPONENTE CRÍTICO	HORAS OPERATIVAS	Z	B	E	COSTO ESTÁNDAR	CPH
1	Adquisición			0	0%	0%	0%	\$ 80,000.00	
	Predicción			1250	46%	38%	25%	-	
	Recalce de Zapata			3514	95%	81%	35%	\$ 13,840.00	
	Volteo de Bujes	<b>CAT</b>	<b>Buje</b>	4145	13%	90%	41%	\$ 3,336.00	\$ <b>12.14</b>
	Recalce de Zapata			7029	95%	70%	70%	\$ 13,840.00	
	Vida final por buje			9143	51%	100%	91%	-	
	Traslado			-	-	-	-	-	
2	Adquisición			0	0%	0%	0%	\$ 82,967.74	
	Predicción			2550	65%	25%	10%	-	
	Recalce de Zapata	<b>Berco</b>	<b>Zapata</b>	4145	90%	38%	33%	\$ 15,469.41	\$ <b>9.30</b>
	Recalce de Zapata			8290	90%	69%	66%	\$ 15,469.41	
	Traslado			12500	91%	94%	100%	\$ 2,400.00	

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

en función del tipo de cadena para tractores oruga en la Unidad Minera Chinalco Perú S.A.

**Tabla 16**

*Proceso Óptimo Según Tipo de Cadena*

Proceso óptimo	Tipo de cadena	CPH Obtenido	CPH óptimo	%Optimización
2	<b>Berco</b>	13.10	9.3	29%

Fuente: elaboración propia.





### 3.6. CONCLUSIONES

- De acuerdo al objetivo general del presente trabajo, se logró realizar un análisis del desgaste, desempeño y estandarización del tipo de cadena para tractores oruga. En este sentido, se obtuvo una mayor tendencia al desgaste en los componentes zapata y buje para el tipo Berco y Caterpillar respectivamente; los cuales inciden directamente en los indicadores de desempeño de las maquinas, medido mediante las horas de operación y el costo horario de las cadenas. Por lo cual se presentó una propuesta de estandarización del proceso de gestión de las cadenas, lo que permitió determinar el tipo de cadena que genera mayor desempeño para la empresa. De esta manera, se resuelven las siguientes conclusiones específicas.
- El análisis de criticidad de los principales tractores operativos, permitió determinar los componentes más críticos en cuanto a las fallas por motivos de desgaste relacionados al sistema de las cadenas. Para lo cual se obtuvo una mayor criticidad en los tractores TO102 y TO103 respecto a los componentes zapatas, eslabones y bujes, presentando niveles de criticidad semi – críticos “SC”.
- Se evaluó el desempeño de las cadenas para tractores oruga, medido convertido finalmente, en el costo horario generado por la trayectoria de operación de las cadenas. Para lo cual se obtuvo un CPH \$14.06 para las cadenas Caterpillar y de \$13.10 para las Berco;
- Se diseñaron 2 procesos macro para la gestión del ciclo de vida de las cadenas, el 1 para el tipo Caterpillar y el 2, para las Berco; los mismos se comprendieron por las etapas de compras, mantenimiento predictivo, mantenimiento preventivo y el traslado al final de la vida útil; este se basó en la evaluación de criticidad y desempeño que presentaron las cadenas en relación a sus componentes: eslabón, buje y zapata. Este proceso permite ver claramente la ruta que se debe seguir para la gestión macro del activo.





- Por último, se evaluaron los 2 procesos diseñados para optimizar los recursos. La eficiencia del proceso 1 (Caterpillar) determinó un CPH \$12.14 y la del proceso 2 (Berco) un CPH de \$9.30. Por lo cual se concluye que el tipo de cadena que genera mejor desempeño para la empresa es la Berco, por cuanto se seleccionó el proceso 2; el con cual se produce una disminución de 29% del CPH respecto al obtenido en operaciones (\$13.10).

### 3.7. RECOMENDACIONES

Considerando los resultados en cuanto al desgaste en los componentes de la zapata y buje que incide en los indicadores de desempeño de las máquinas, se recomienda:

- Realizar con periodicidad el análisis de criticidad de la maquinaria, a fin de identificar oportunamente desgastes de componentes que pudieran comprometer su desempeño.
- Establecer un cronograma de cambio de las cadenas para tractores de oruga en base a los costos horario establecidos, con lo cual se ahorraría en tiempos de parada por daños imprevistos de estas piezas.
- Hacer uso de los procesos macro de gestión del ciclo de vida de las cadenas, como herramienta de control en el seguimiento del uso de estos componentes, estimados de forma adecuada su vida útil y por tanto anticipando las sustituciones.
- Considerar establecer el proceso 2 para la optimización de recursos, el cual permite ahorros considerables en los resultados operativos de la empresa.





## CAPÍTULO IV

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

#### BIBLIOGRAFÍA

Alarcon Cornejo, R. (2020). Trabajo de Suficiencia Profesional de la EPII - Para optar el título de Ingeniero Industrial. Perú: Digital&Electrónico.

Bernaola, H. (2012). *Gestión de productividad total en empresas de minería subterránea*. Obtenido de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/gestion-de-productividad-total-mineria-subterranea/#autores>

Bolivar, L. H. (2017). *Tren de Rodaje*. Obtenido de Slide Share: <https://es.slideshare.net/LuisHumbertoBolivarm/tren-de-rodaje-74037045>

Casas Ocas, D. E. (2018). Tesis. *Indicadores Clave de Desempeño de Equipo Pesado para Control de Rendimiento y Productividad*. Cajamarca, Perú.

Casas, D. (2018). Tesis de grado. *Indicadores Clave de Desempeño de Equipo Pesado para Control de Rendimiento y Productividad*. Cajamarca, Perú.

Caterpillar. (2007). Handbook. *Manual de Servicio Especial de Cadenas Carterpillar 16 Edición*. Estados Unidos: Caterpillar Inc.

Filtertec. (2019). Obtenido de Cómo calcular el costo horario de tu maquinaria: <https://filtertec.mx/blog/2019/11/28/como-calcular-el-costo-horario-de-tu-maquinaria/>

Gonzales, J. (2016). *Propuesta de mantenimiento preventivo y planificado para la línea de producción en la empresa Latercer S.A.C.* (Tesis de pregrado). Universidad Católica Santo Toribio de Magroveje. Chiclayo, Perú.

González, J., Loyo, J., & López, M. (2018). Mantenimiento industrial en máquinas herramientas por medio de AMFE. *Ingeniería Industrial, Año 17(3)*, 209-225. doi:10.22320/S07179103/2018.12







- Gutiérrez, E., Agüero, M., & Calixto, I. (2020). *Análisis de Criticidad Integral de Activos*. Obtenido de Predictiva21: <https://predictiva21.com/analisis-criticidad-integral-activos/>
- Huancahuire Champi, S., & Quispe Ponce De León, K. (2018). Tesis. *Mejora de La Gestión de Mantenimiento, Basada en la Mantenibilidad y el Incremento de la Disponibilidad de la Flota de Tractores Oruga Bulldozer D475 en la Empresa Komatsu Mitsui 2017*. Cusco, Perú.
- Jara Inga, R. (2013). Tesis. *Análisis Modal de Fallos y Efectos, para Disminuir Ratios de Carrilería en los Tractores CAT D6T en ICCGSA*. Huancayo, Perú.
- Labra Quispe, E. (2018). *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo basado en la metodología RCM para la maquinaria pesada para movimiento de tierra, de la Municipalidad Provincial de Canchis - Cuzco*. Canchis, Cuzco, Perú: (Trabajo de Investigación).
- Mamani, R. (2007). Manual. *Maquinaria y Equipo de Construcción*. Colombia: Politécnico Metropolitano.
- Medina, R. (3 de Noviembre de 2016). *La gestión de activos, su historia y definiciones, aspectos claves para entender su alcance*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/la-gestion-de-activos-su-historia-y-definiciones-para-medina-cmrp/?originalSubdomain=es>
- Miuller, J. E. (2010). Tesis. *Evaluación Del Desgaste De Tren De Rodamiento Del Buldozer D155AX-5 Super Avance De 310 Hp y Su Incidencia En ña vida Útil y Capacidad Horaria*. Trujillo, Perú.
- Paja Chire, W. A. (2020). Trabajo de investigación. *Optimización en el desempeño de los equipos Komatsu después de una reparación general en el área de mantenimiento Mina Tractores de la UO Toquepala de la empresa Southern Perú, 2019*. Arequipa, Perú.



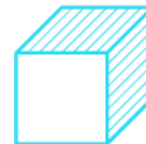


Palomino Pérez, A. (2016). Tesis. *Plan de mantenimiento del tren de rodaje de la excavadora hidráulica 336 DL CAT para la disponibilidad en la empresa Constructores y Mineros CG SAC*. Huancayo, Perú.

Prat, M. (2014). Análisis de fiabilidad, criticidad, disponibilidad, capacidad de mantenimiento y seguridad de una empresa digital. *Universitat Politècnica de Catalunya*.

Wirtgen Group. (2018). Parts and More Compact. *Brichure*. Alemania.





## CAPÍTULO V

### GLOSARIO DE TÉRMINOS

**Buje.** Mantiene sujetos los dos eslabones de cada sección de la cadena.

**Cadena.** Conjunto de cadena que actúa como «un camino de acero infinito» en el que descansa el tractor y que lo soporta cuando se mueve. El área grande de la cadena le proporciona al tractor un nivel muy alto de tracción y flotación en suelo irregular, blando y disparejo.

**Criticidad.** Es un indicador proporcional al riesgo que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, y permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad y administrar el riesgo.

**Disponibilidad mecánica.** Se refiere a la probabilidad de que un sistema o equipo se encuentre en funcionamiento y listo para usarse. En otras palabras, se puede describir como el periodo de tiempo en que el activo debe estar en funcionamiento.

**Desgaste mecánico.** Es un fenómeno físico que conduce a una pérdida o deformación del material. El fallo por desgaste representa la probabilidad de aparición que se incrementa con el tiempo de operación o con el número de operaciones del elemento o de las tensiones aplicadas.

**Eslabón.** Constituye un medio para unir las zapatas de la cadena y permiten un carril continuo a los rodillos.

**Tiempo medio de reparación.** Representa el promedio del tiempo necesario para realizar una reparación y que el activo vuelva a estar en condición de operatividad.

**Tiempo medio entre fallas.** Representa el tiempo transcurrido entre la ocurrencia de dos fallas por averías en un mismo equipo.





**Tren de rodaje.** Consta de toda la estructura en la que se apoya la máquina y el recorrido de las cadenas. El tren de rodaje viene en muchas configuraciones: mando alto o mando bajo, suspendido (D8T) o de montaje sólido, de longitudes estándar y más largas, más amplio y largo para presiones de suelo inferiores, etc.

**Zapata de cadena.** Son las placas amplias fijas a la cadena. Las zapatas de cadena pueden ser amplias o angostas, según la tracción y flotación necesarias para cada aplicación. Las zapatas de cadena también pueden tener orificios de alivio en la parte central para permitir extraer los materiales del área de la caja del eslabón de la cadena.





## CAPÍTULO VI

### ANEXOS

#### Anexo 1

Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 1

Equipo/ Máquina:			TRACTOR DE ORUGA					41- 60	Crítico (C)
Código:			TO101					21- 40	Semicrítico (SC)
Elaborado por:			RENZO ALARCÓN					0- 20	No Crítico (NC)
Ítem	Modo de falla de la cadena (componentes)	Frecuencia	Factores				Consecuencia	Criticidad = Frecuencia x Consecuencia	
			Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Impacto Costos de Matto.	Impacto Seguridad, Salud y Ambiente		Valor	Nivel
1	Cambio cadenas Rh y Lh por desgaste	2	8	2	2	1	13	26	sc
2	Cambio de Cadenas	2	8	2	2	1	13	26	sc
3	Trabajos soldadura cambio de cadena/MF	2	4	1	1	3	9	18	nc
4	Cambio de pernos master cadena RH	3	8	1	1	1	11	33	sc
5	Desgaste prematuro de buje de trunio	2	8	4	2	1	15	30	sc
6	Zapata rota	2	4	2	1	1	8	16	nc

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 2**

*Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 2*

Equipo/ Máquina:			TRACTOR DE ORUGA					41- 60	Crítico (C)
Código:			TO102					21- 40	Semicrítico (SC)
Elaborado por:			RENZO ALARCÓN					0- 20	No Crítico (NC)
Ítem	Modo de falla de la cadena (componentes)	Frecuencia	Factores				Consecuencia	Criticidad = Frecuencia x Consecuencia	
			Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Impacto Costos de Mantto.	Impacto Seguridad, Salud y Ambiente		Valor	Nivel
1	Cambio cadenas por desgaste	3	8	2	2	1	13	39	sc
2	Unión de cadena e instalación de pernos	2	8	2	2	1	13	26	sc
3	Cambio de eslabón master cadena LH por f	2	8	1	1	3	13	26	sc
4	Zapatas dañadas LH	2	4	4	1	1	10	20	sc
5	Cambio de pernos master zapata LH	3	4	4	2	1	11	33	sc
6	Cambio de eslabones LH	2	4	4	1	1	10	20	nc

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 3**

*Matrices de Criticidad de los Tractores Oruga 1 de 3*

Equipo/ Máquina:			TRACTOR DE ORUGA				41- 60	<b>Crítico (C)</b>	
Código:			TO103				21- 40	<b>Semicrítico (SC)</b>	
Elaborado por:			RENZO ALARCÓN				0- 20	<b>No Crítico (NC)</b>	
Ítem	Modo de falla de la cadena (componentes)	Frecuencia	Factores				Consecuencia	Criticidad = Frecuencia x Consecuencia	
			Impacto Operacional	Flexibilidad Operacional	Impacto Costos de Mantto.	Impacto Seguridad, Salud y Ambiente		Valor	Nivel
1	Cambio de cadenas por desgastes	3	8	2	2	1	13	39	<b>sc</b>
2	Cambios de pernos	3	8	2	1	1	12	36	<b>sc</b>
3	Cambio de cadenas y sprocket LH y RH	2	8	4	2	3	17	34	<b>sc</b>
4	Cambio de cadena y segmentos de sprocket	2	8	4	2	1	15	30	<b>sc</b>
5	Cambio de zapata rota	2	4	4	1	1	10	20	<b>sc</b>

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





### Anexo 4

#### Evaluaciones Técnicas de Equipo del Cliente

		EVALUACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DEL CLIENTE						ICC PERU	
								Código: GC-F-002	
								Versión: 02	
<b>Cliente :</b> <b>MINERA CHINALCO PERU S.A.</b>		<b>ATENCIÓN:</b> Ing. Alonso Vallejo		<b>CARGO :</b> Jefe de Mantenimiento		<b>MARCA DE COMPONENTES</b>			
<b>HORAS TRABAJADAS:</b> 3,355.0		<b>Inspector :</b> Richar Condori		<b>Cargo :</b> Asesor Técnico		Cadenas	BERCO		
<b>Departamento de Servicios y Soporte técnico</b>		Modelo y Tipo de Maquina D10T // TRACTOR	Serie : RJG 01893	Cod. Interno TO 002	Ubicación: PISO PALA 3	Zapatas	BERCO		
Fecha de Instalación (NUEVA) miércoles, 26 de Febrero de 2020	Horometro Instalación 37,553.0	Fecha Evaluación Anterior 20 de Enero de 2021	Horómetro Evaluación Anterior 40,446.4	Fecha de Inspección 3 de Febrero de 2021	Horómetro de Inspección Actual 40,908.0	Ruedas Motriz	CATERPILLAR		
<b>Operación Y Aplicación que Realiza el Equipo:</b>		Estacionado <input type="checkbox"/>	Remolcar <input type="checkbox"/>	Rippear <input checked="" type="checkbox"/>	Empujar <input checked="" type="checkbox"/>	Cargar <input type="checkbox"/>	Perforar <input type="checkbox"/>	Zanjar <input type="checkbox"/>	Excavar <input type="checkbox"/>
<b>Condiciones de Suelo Donde Trabaja el Equipo:</b>		Impacto <input checked="" type="checkbox"/>	Abrasión <input checked="" type="checkbox"/>	Humedad <input checked="" type="checkbox"/>	Compactado <input checked="" type="checkbox"/>	Empacado <input type="checkbox"/>	Rocoso <input type="checkbox"/>	Ramal <input type="checkbox"/>	Otros: <input type="checkbox"/>
<b>Datos de Zapatas</b>		Ancho: 24"	Tipo de Zapata: SERV. EXTREMO	1 Garra	2 Garras	3 Garras	Observaciones: Operativas.		
<b>Estado de cadenas</b>		PRIMERA VIDA ÚTIL.							
<b>Fecha y horómetro para el calzado de zapatas</b>		SE PROYECTA CALZADO Y VOLTEO DE BOCINAS, CON HORÓMETRO 41,524 HORAS APROX.							
<b>Rodillos Inferiores</b>		Cantidad: 16	Primera vida útil: SI	Fugas de lubricante: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Reparados: NO Observaciones: Operativas.				
<b>Datos de la Cadena</b>		Pasos: 44	N/P : CR7669	Desgaste lateral <input type="checkbox"/>	Desgaste ondulado <input type="checkbox"/>	Fisuras <input type="checkbox"/>	Elongación <input type="checkbox"/>	Desprendimiento <input type="checkbox"/>	Sinuosidad <input type="checkbox"/>
<b>Pines y Bocinas de Cadena</b>		Lubricado: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>	Buje Volteado: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura alta: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Rozamiento lateral: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocinas fisuradas: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines desplazados: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines Rotos: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocina compactada: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/>
<b>Comba Actual de las Cadenas:</b>		Izquierdo: ****	Derecho: ****	Observación: Medida de la comba ideal 75 mm (+/-10 mm).					
Despiece del Sistema a Evaluar	Medida a Tomar	Medida Nominal en mm	Medida Tomada en Campo		Porcentaje de Desgaste		Recomendación		Observaciones y Pautas.
			Izquierdo mm	Derecho mm	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	
	Eslabón M	181.0	175.1	175.5	44%	41%	Operativo	Operativo	Eslabones con desgaste mínimo.
	Bocina ØG1	95.0	91.3	91.3	49%	49%	Operativo	Operativo	Bocinas con desgaste moderado.
	P	287.0	265.0	265.0	85%	85%	Observacion	Observacion	Sprocket proximo al cambio presenta desgaste elevado, se recomienda cambio junto con la cadena.
	Garra F	101.0	47.7	45.1	74%	77%	Operativo	Operativo	Garra de zapata presenta desgaste.
	Espesor Plancha E	22.5	20.1	19.9	...	...	Operativo	Operativo	Plancha de la zapata presenta desgaste moderado.

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 5**  
*Cronograma de Repuestos Equipos y Servicios*

Fecha de Instalación								
26/02/2020	Instalación	05-08-20	06-10-20	11-11-20	31-12-20	20-01-21	23-03-21	<b>Proyección al Calzado de Zapatas (110%)</b>
Horómetro	37,553	39,057	39,476	39,797	40,272	40,446	40,908	41,470
Horas trabajadas	0	1503.5	1,923	2,244	2,719	2,893	3,355	1,994
<b>ESLABON</b>	0%	24%	27%	35%	37%	37%	44%	
<b>BOCINA</b>	0%	35%	35%	38%	42%	49%	49%	
<b>ZAPATA</b>	0%	48%	54%	58%	70%	72%	77%	56%
<b>CADENAS Y ZAPATAS NUEVAS</b>								
Costo de O2 Track Group		\$ 48,442.00						
Costo Horario / Según horas trabajadas		<b>25.2</b>						
Estado de cadenas.		1ªRA VIDA ÚTIL.						
<b>Reparación programada (CALZADO DE ZAPATAS)</b>		En 1942 horas aprox. ( <b>Horas remanentes</b> ).						




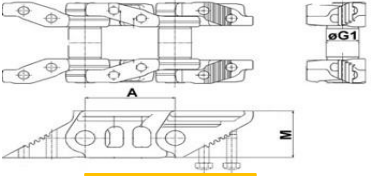
REPUESTOS / EQUIPOS / SERVICIOS

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 6**  
*Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 2*


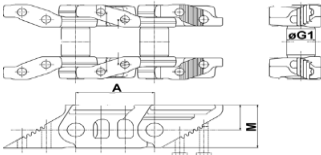
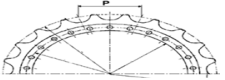
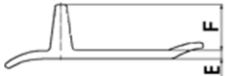
		EVALUACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DEL CLIENTE						ICC PERU									
								Código: GC-F-002									
								Versión:02									
								MARCA DE COMPONENTES									
Cliente :	<b>MINERA CHINALCO PERU S.A.</b>	ATENCIÓN:			CARGO :			Cadenas	<b>BERCO</b>								
		Ing. Alonso Vallejo			Jefe de Mantenimiento			Zapatas	<b>BERCO</b>								
HORAS TRABAJADAS EN EL TO002 + TO 006:	4,000.0	Inspector :			Cargo :			Rueda motriz	<b>CATERPILLAR</b>								
HORAS TRABAJADAS EN EL TO 006:	644.3	Richar Condori			Asesor técnico			Rueda Guía	<b>CATERPILLAR</b>								
<b>Departamento de Servicios y Soporte técnico</b>		Modelo y Tipo de Maquina	Serie :	Cod. Interno	Ubicación:			Rodillos Inf.	<b>BERCO</b>								
		D10T // TRACTOR	RJG 04090	TO 006	AK 8			Rodillos Sup.	<b>BERCO</b>								
Fecha de Instalación	Horometro de Instalación	Fecha Evaluación Anterior	Horometro Evaluación Anterior	Fecha de Inspección	Horometro de Inspección Actual												
lunes, 8 de Marzo de 2021	38,015.6	6 de Abril de 2021	38,322.5	10 de Mayo de 2021	38,659.9												
Operación Y Aplicación que Realiza el Equipo:		Estacionado <input type="checkbox"/>	Remolcar <input type="checkbox"/>	Rippear <input type="checkbox"/>	Empujar <input checked="" type="checkbox"/>	Cargar <input type="checkbox"/>	Perforar <input type="checkbox"/>	Zanpear <input type="checkbox"/>	Excavar <input type="checkbox"/>								
Condiciones de Suelo Donde Trabaja el Equipo:		Impacto <input type="checkbox"/>	Abrasión <input checked="" type="checkbox"/>	Humedad <input checked="" type="checkbox"/>	Compactado <input checked="" type="checkbox"/>	Empacado <input type="checkbox"/>	Rocoso <input type="checkbox"/>	Ramal <input type="checkbox"/>	Otros: <b>ESTACIONADO.</b>								
Datos de Zapatas		Ancho: 24"	Tipo de Zapata: SUP.SERVICIO EXT.	1 Garra <input checked="" type="checkbox"/>	2 Garras <input type="checkbox"/>	3 Garras <input type="checkbox"/>	Observaciones: <b>OPERATIVAS.</b>										
Rodillos Inferiores		Cantidad: 16	Primera vida útil: SI	Fugas de lubricante : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Reparados: NO	Observaciones: <b>NUEVOS.</b>										
Datos de la Cadena		Pasos: 44	N/P : CR7669	Desgaste lateral <input type="checkbox"/>	Desgaste ondulado <input type="checkbox"/>	Fisuras <input type="checkbox"/>	Elongación <input type="checkbox"/>	Despren dimiento <input type="checkbox"/>	Sinuosidad <input type="checkbox"/>								
Estado de Cadenas		<b>CADENAS EN IRA VIDA ÚTIL.</b>															
Pines y Bocinas de Cadena		Lubricado : SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>	Buje Volteado : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura alta : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Rozamiento lateral : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocinas fisuradas : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines desplazados : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines Rotos : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocina compactada : SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Comba Actual de las Cadenas:		Izquierdo: **	Derecho: **	Observación: <b>Comba ideal es de 75 mm (+/- 10 mm).</b>													
Despiece del Sistema a Evaluar	Medida a Tomar	Medida Nominal en mm	Medida Tomada en Campo		Porcentaje de Desgaste		Recomendación		Observaciones								
			Izquierdo mm	Derecho mm	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho									
 <p align="center"><b>CADENAS</b></p>	Eslabon M	181.0	173.3	173.0	54%	56%	Reparación	Reparación	Eslabones con desgaste moderado en el riel.								
	Bocina ØG1	95.0	90.3	90.0	57%	59%	Volteo	Volteo	Bocinas en la mitad de su vida útil.								

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 7**  
**Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 3**

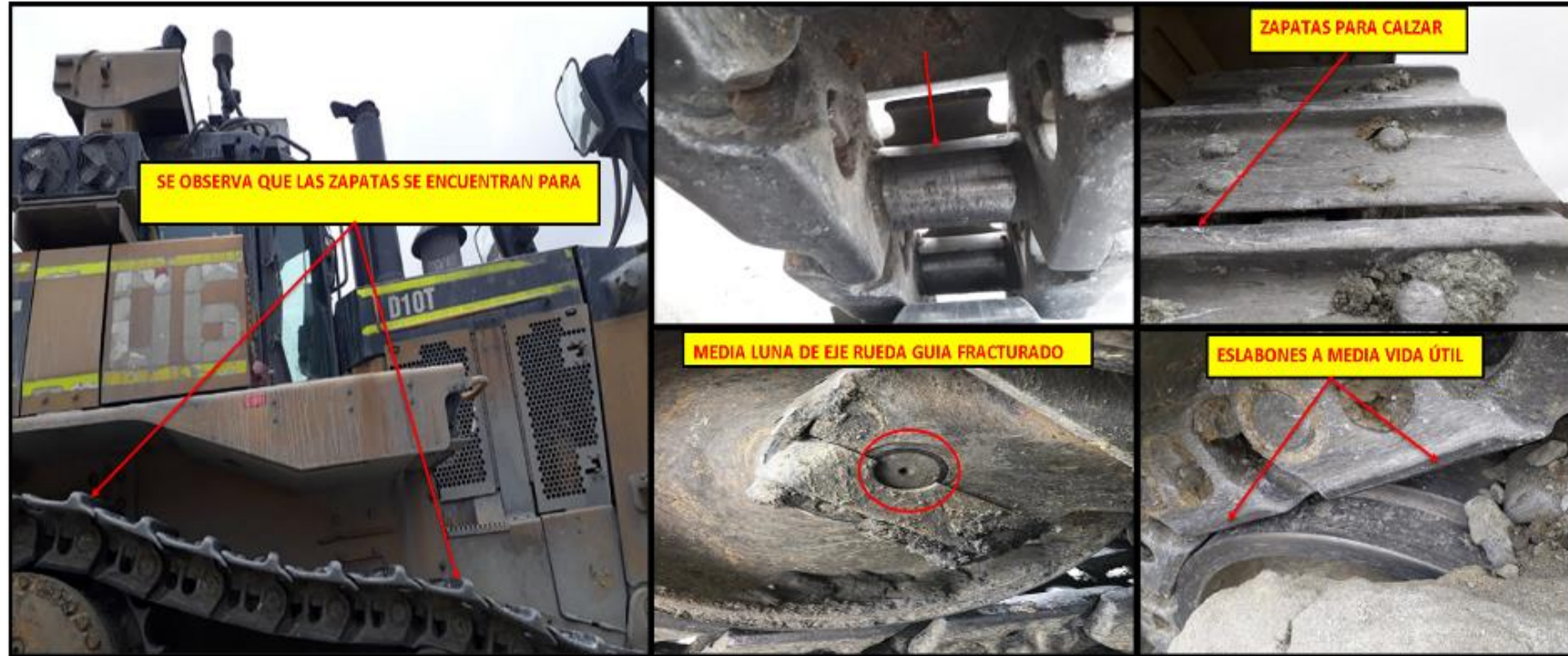
		EVALUACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DEL CLIENTE						ICC PERU																	
								Código: GC-F-002																	
								Versión: 01																	
Cliente :	MINERA CHINALCO	ATENCIÓN:	Ing. Roberto Narahashi			CARGO :	Ingeniero de Confiabilidad																		
HORAS TRABAJADAS:	4,261.0	Inspector :	Richar Condori Alata			Cargo :	Asesor Técnico																		
Departamento de Servicios y Soporte técnico		Modelo y Tipo de Máquina	D10T	Serie :	RJG01892	Cod. Interno	TO006	Ubicación:	Botadero Cajincillo																
Fecha de Instalación	Jueves, 11 de Enero de 2018	Horometro Instalación	25,497.0		Fecha Evaluación Anterior	29 de Noviembre de 2018		Horometro Evaluación Anterior	29,532.0																
Operación Y Aplicación que Realiza el Equipo:		Estacionado	<input checked="" type="checkbox"/>	Remolcar	<input type="checkbox"/>	Rippear	<input checked="" type="checkbox"/>	Empujar	<input checked="" type="checkbox"/>	Cargar	<input type="checkbox"/>	Perforar	<input type="checkbox"/>	Zanpear	<input type="checkbox"/>	Excavar	<input type="checkbox"/>								
Condiciones de Suelo Donde Trabaja el Equipo:		Impacto	<input checked="" type="checkbox"/>	Abrasión	<input type="checkbox"/>	Humedad	<input type="checkbox"/>	Compactado	<input type="checkbox"/>	Empacado	<input type="checkbox"/>	Rocoso	<input checked="" type="checkbox"/>	Ramal	<input type="checkbox"/>	Otros: Estacinado									
Datos de Zapatas		Ancho: 24"	Tipo de Zapata: Ext. Servicio		1 Garra	<input checked="" type="checkbox"/>	2 Garras	<input type="checkbox"/>	3 Garras	<input type="checkbox"/>	Observaciones: Operativas														
Rodillos Inferiores		Cantidad: 16	Primera vida útil: SI		Fugas de lubricante:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Reparados: NO	Observaciones: Rodillos sin pérdida de lubricante.																
Datos de la Cadena		Pasos: 44	N/P: CR6078	Desgaste lateral	<input checked="" type="checkbox"/>	Desgaste ondulado	<input checked="" type="checkbox"/>	Fisuras	<input type="checkbox"/>	Elongación	<input type="checkbox"/>	Despren dimiento	<input type="checkbox"/>	Sinuosidad	<input type="checkbox"/>										
Estado de cadenas		CADENAS EN PRIMERA VIDA ÚTIL.																							
Fecha y horómetro de cambio		10 de diciembre 2018 con horometro 4130.																							
Pines y Bocinas de Cadena		Lubricado:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	ND <input type="checkbox"/>	Buje volteado:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Temperatura alta:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Rozamiento lateral:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocinas fisuradas:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines desplazados:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Pines Rotos:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>	Bocina compactada:	SI <input type="checkbox"/>	NO <input checked="" type="checkbox"/>
Comba Actual de las Cadenas:		Izquierdo:	Derecho:		Observación: No se midió por la ubicación del equipo.																				
Despiece del Sistema a Evaluar	Medida a Tomar	Medida Nominal en mm	Medida Tomada en Campo				Porcentaje de Desgaste				Recomendación		Observaciones y Pautas.												
			Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho	Izquierdo	Derecho															
	Eslabon M	181.0	173.5	173.1	53%	55%	Operativo	Operativo	ESLABONES SE ENCUENTRAN A MITAD DE VIDA.																
	Bocina ØG1	95.0	90.7	90.7	54%	54%	Reparacion	Reparacion	SE RECOMIENDA PROGRAMAR EL VOLTEO DE BOCINAS.																
	Desgaste Interno A	1,041.4	1,041.4	1,041.4	0%	0%	Operativo	Operativo	NO PRESENTA DESGASTE INTERNO.																
	P	287.0	271.0	269.5	64%	69%	Cambio	Cambio	SE RECOMIENDA PROGRAMAR EL CAMBIO AL REPARAR O CAMBIAR LAS CADENAS, YA QUE SI ESTOS SEGMENTOS TRABAJAN CON BOCINAS NUEVAS O REPARADAS, OCASIONARA DESGASTE ACCELERADO Y DISMINUIRA SU VIDA ÚTIL.																
	Garra F	101.0	34.4	38.0	90%	85%	Calzar	Calzar	SE RECOMIENDA PROGRAMAR EL CALZADO DE ZAPATAS DE MANERA URGENTE, PARA NO DISMINUIR LA VIDA ÚTIL DE ZAPATAS.																
	Espesor Plancha E	22.5	22.5	22.5	Operativo	Operativo	Operativo	Operativo	Componentes nuevos																

Fuente elaboración propia: (Aларcon Cornejo, 2020)



### Anexo 8

#### Zapatas Deterioradas Para Mantenimiento



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 9**  
**Evaluación Técnica del Equipo del Cliente 4**

		<b>EVALUACIÓN TÉCNICA DE EQUIPOS DEL CLIENTE</b>						ICC PERU Código: GC-F-002 Versión:02					
Cliente : <b>MINERA CHINALCO PERÚ S.A</b>		MARCA DE COMPONENTES											
HORAS TRABAJADAS EN EL TO 006 : <b>4,261.0</b> HORAS TRABAJADAS EN EL TO 002 : <b>3,101.9</b>		ATENCIÓN : <b>Ing. Roberto Narahashi</b>		CARGO : <b>Ingeniero de Confiabilidad</b>		Cadenas : <b>BERCO</b>		Zapatas : <b>BERCO</b>					
HORAS ACUMULADAS: TO 006 + TO 002 : <b>7,362.9</b>		Inspector : <b>Richar Condori</b>		Cargo : <b>Asesor Técnico</b>		Rueda Motriz : <b>CATERPILLAR</b>		Ruedas Guía : <b>CATERPILLAR</b>					
Departamento de Servicios y Soporte técnico		Modelo y Tipo de Máquina : <b>D10T // TRACTOR</b>		Serie : <b>RJG 01893</b>		Cod. Interno : <b>TO 002</b>		Ubicación : <b>***</b>					
Fecha de Instalación Reparada : <b>domingo, 4 de Agosto de 2019</b>		Horómetro instalación : <b>34,451.1</b>		Fecha Evaluación Anterior : <b>22 de Setiembre de 2019</b>		Horómetro Evaluación Anterior : <b>35,264.8</b>		Fecha de Inspección : <b>7 de Febrero de 2020</b>					
Operación Y Aplicación que Realiza el Equipo:		Estacionado <input type="checkbox"/> Remolcar <input type="checkbox"/>		Rippear <input checked="" type="checkbox"/> Empujar <input checked="" type="checkbox"/>		Cargar <input type="checkbox"/> Perforar <input type="checkbox"/>		Zanjear <input type="checkbox"/> Excavar <input type="checkbox"/>					
Condiciones de Suelo Donde Trabaja el Equipo:		Impacto <input type="checkbox"/> Abrasión <input checked="" type="checkbox"/>		Humedad <input checked="" type="checkbox"/> Compactado <input checked="" type="checkbox"/>		Empacado <input type="checkbox"/> Rocoso <input type="checkbox"/>		Ramal <input type="checkbox"/> Otros:					
Datos de Zapatas		Ancho: 24" Tipo de Zapata: <b>SERV. EXTREMO</b>		1 Garra <input checked="" type="checkbox"/> 2 Garras <input type="checkbox"/>		3 Garras <input type="checkbox"/>		Observaciones: <b>Calzadas</b>					
Estado de cadenas		<b>CADENAS EN 2ºDA, VIDA ÚTIL. (ANTERIORMENTE TRABAJÓ EN EL TO006).</b>											
Fecha y horómetro para Cambio de Cadenas		<b>22 DE MARZO DE 2020, CON HORÓMETRO 38,302 APROX.</b>											
Rodillos Inferiores		Cantidad: 16 Primera vida útil: <b>SI</b>		Fugas de lubricante: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		Reparados: <b>NO</b>		Observaciones: <b>OPERATIVOS.</b>					
Datos de la Cadena		Pasos: 44 N/P: <b>CR7669</b>		Desgaste lateral: <input type="checkbox"/>		Desgaste ondulado: <input type="checkbox"/>		Fisuras: <input type="checkbox"/>					
Pines y Bocinas de Cadena		Lubricado: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Bujes Volteado: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO		Temperatura alta: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		Bocinas fisuradas: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO					
Pines desplazados: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		Pines rotos: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO		Bocina compactada: <input type="checkbox"/> SI <input checked="" type="checkbox"/> NO									
Comba Actual de las Cadenas:		Izquierdo: <b>****</b>		Derecho: <b>****</b>		Observación: <b>SE RECOMIENDA CONTROLAR LA COMBA DE LAS CADENAS EN 75 (+-10 mm)</b>							
Despiece del Sistema a Evaluar		Medida a Tomar		Medida Nominal en mm		Medida Tomada en Campo		Porcentaje de Desgaste		Recomendación		Observaciones y Pautas.	
		Eslabón <b>M</b>		181.0		166.6    166.4		90%    91%		Operativo    Operativo		Cadenas en segunda vida útil	
		Bocina <b>ØG1</b>		123.5		121.4    122.0		33%    24%		Operativo    Operativo		Cadenas en segunda vida útil	
		P		287.0		278.0    278.0		35%    35%		Operativo    Operativo		Presenta desgaste mínimo	
		Garra <b>F</b>		101.0		36.5    41.7		87%    81%		Cambio    Cambio		Las zapatas culminaron con su vida útil	
		Espesor Plancha <b>E</b>		22.5		17.0    16.6		.....		Cambio    Cambio		Plancha de la zapata con desgaste elevado	

Fuente elaboración propia: (Aларcon Cornejo, 2020)



### Anexo 10

#### Proyección Para el Cambio de Zapatas



Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 11**

*Datos de Índice de Vida y Mantenimiento 1*

ACUMULADO	850
ACUM DE USO	2638

CADENA REPARADA

PROM HORAS DIARIAS	#iDIV/O!
HOROMETRO ACTUAL	28262

**TO-101 LH y RH**

Plaqueo Virtual	Modelo	Equipo Actual	Condición	Fecha de instalación	Horómetro de instalación	Fecha de remoción / Inspección	Horómetro de remoción / Inspección	Horas trabajadas	Acumulado de horas de cadenas	Acumulado EN USO	% Desgaste eslabón LH	Eslabón RH	Buje LH	% Desgaste BUJE RH	Zapata LH	% Desgaste ZAPATA RH
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	8-Nov-18	23924	0	4653	0	42%	44%	0%	0%	0%	0%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	12-Dic-18	24346	422	5075	422	48%	48%	9%	9%	5%	2%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	15-Ene-19	24641	295	5370	717	58%	60%	9%	9%	10%	4%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	16-Feb-19	25140	499	5869	1216	69%	72%	18%	18%	18%	24%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	3-Abr-19	25516	376	6245	1592	79%	85%	39%	39%	36%	38%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	7-May-19	26037	521	6766	2113	94%	94%	45%	39%	53%	48%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	6-Jun-19	26562	525	7291	2638	96%	97%	54%	48%	69%	68%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	8-Jul-19	26896	334	7625	2972	102%	105%	57%	51%	88%	82%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	4-Ago-19	27348	452	8077	3424	107%	113%	62%	54%	104%	102%
MCP047 A/B	D11T	TO101	2DA VIDA	08-Nov-18	23924	9-Ago-19	27412	64	8141	3488	113%	117%	63%	55%	108%	104%

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)





**Anexo 12**

*Datos de índice de Vida y Mantenimiento 2*

ACUMULADO	#N/D
ACUM DE USO	#N/D

Reparada

#N/D
------

PROM HORAS DIARIAS	13 Hrs
HOROMETRO ACTUAL	19795

**TO-103 LH y RH**

Plaqueo Virtual	Modelo	Equipo Actual	Condición	Fecha de instalación	Horómetro de instalación	Fecha de remoción / Inspección	Horómetro de remoción / Inspección	Horas trabajadas	Acumulado de horas de cadenas	Acumulado EN USO	% Desgaste eslabón LH	Eslabón RH	% Desgaste BUJE LH	Buje RH	% Desgaste ZAPATA LH	Zapata RH
MCP038 A/B	D11T	TO103	Final 1 era Vida	05-Jan-18	18333	5-Ene-18	18333	#¡REF!	3848	0	44%	0%	0%	0%	0%	0%
MCP038 A/B	D11T	TO103	Final 1 era Vida	05-Jan-18	18333	16-Ene-18	18669	336	4184	336	44%	44%	9%	9%	1%	1%
MCP038 A/B	D11T	TO103	Final 1 era Vida	06-Jan-18	18334	23-Feb-18	19100	431	4615	767	55%	55%	15%	15%	1%	1%
MCP038 A/B	D11T	TO103	Final 1 era Vida	06-Jan-18	18334	19-Mar-18	19470	370	4985	1137	59%	59%	21%	24%	10%	8%
MCP038 A/B	D11T	TO103	Final 1 era Vida	06-Jan-18	18334	9-Abr-18	19795	325	5310	1462	60%	60%	24%	25%	14%	14%

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)







**Anexo 13**

*Datos de Índice de Vida y Mantenimiento 3*

ACUMULADO	271
ACUM DE USO	271

CADENA NUEVA

PROM HORAS DIARIAS	0
HOROMETRO ACTUAL	24552

**O-102 LH y R**

Plaqueo Virtual	Modelo	Equipo Actual	Condición	Fecha de instalación	Horómetro de instalación	Fecha de remoción / Inspección	Horómetro de remoción / Inspección	Horas trabajadas	Acumulado de horas de cadenas	Acumulado EN USO	Eslabón LH	Eslabón RH	BUJE LH	BUJE RH	ZAPATA LH	ZAPATA RH
MCP038 A/B	D11T	TO102	2da Vida	02-Feb-18	19392	20-Set-18	19392	0	6483	0	95%	68%	48%	36%	88%	54%
MCP038 A/B	D11T	TO102	2da Vida	02-Feb-18	16193	18-Oct-18	19840	448	6931	448	95%	74%	48%	36%	88%	54%
MCP038 A/B	D11T	TO102	2da Vida	03-Feb-18	16194	7-Nov-18	20171	331	7262	779	102%	82%	60%	45%	88%	54%
MCP038 A/B	D11T	TO102	2da Vida	04-Feb-18	16195	8-Nov-18	20686	515	7777	1294	102%	82%	60%	45%	88%	54%

Fuente elaboración propia: (Alarcon Cornejo, 2020)

