

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CALLAO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y DE ENERGÍA**

**ESCUELA DE POSGRADO**

**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y DE ENERGÍA**



**TESIS**

**“PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO  
PARA MAQUINARIA PESADA EN MINERA  
CHINALCO PERU S.A.”**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADEMICO DE MAESTRO EN  
GERENCIA DEL MANTENIMIENTO**

**ABEL DINO VALVERDE OBREGÓN**

**Callao, 2021**

**PERÚ**

Two handwritten signatures in blue ink are located in the bottom right corner of the page. The top signature is more stylized and larger, while the bottom one is smaller and more compact.



## **HOJA DE REFERENCIA DEL JURADO Y APROBACIÓN**

### **JURADO EXAMINADOR Y ASESOR DE TESIS**

**Presidente:** Mg. Arturo Percey Gamarra Chinchay.

**Secretario:** Mg. Juan Adolfo Bravo Félix.

**Miembro:** Mg. Juan Carlos Huamán Alfaro.

**Miembro:** Mg. Juan Guillermo Mancco Pérez.

**N° DE LIBRO DE SUSTENTACIÓN:** 001

**N° DE ACTA DE SUSTENTACIÓN:** 001

**FECHA DE APROBACION DE TESIS:** 30 de julio de 2021.

## **DEDICATORIA**

La presente tesis está ofrecido a JEHOVÁ (Dios) por irradiar en mi vía, haberme dado salud y fortaleza para vencer todos los inconvenientes. También quiero dedicarles a mis padres EVARISTO y ANA quienes con mucho esmero y sacrificio hicieron posible que llegaré a cumplir todas mis metas anheladas, a mi hermano Aldo y a mi hermana Rossana que siempre son serviciales incondicionalmente de una y otra forma.

:: “Me dolió mucho tu partida Padre mío pero el Señor **Yahveh**, lo decidió así, ahora que tu alma descansa en paz quiero que sepas que siempre te recordaré con mucho cariño. Serás siempre la mejor persona para mí.”

---

..... Tu hijo ABEL.

---

## **AGRADECIMIENTOS**

**A...:**

### ***Dios Omnipotente:***

Gracias mi Dios por todas las prosperidades que le has dado a mi vida, por la gran familia con que cuento y el amor que solo de ti mi Dios proviene. Tú has obrado en mí de muchas maneras, ensañándome a levantarme en cada tropiezo, a aprender que todo lo que sucede tiene un propósito y a esperar siempre en ti. Gracias a todo eso he podido lograr todas mis metas, entre las cuales se encuentra la culminación de esta maestría.

### ***Padres Evaristo y Ana:***

Mi gratitud eterna a ustedes padres por su patrocinio, atención, orden y educación que solo unos buenos padres pueden dar. Por pensar siempre en mi bienestar y el de mis hermanos por encima del de ustedes y luchar porque nunca nos faltase nada.

### ***Universidad Nacional del Callao:***

Por la oportunidad ofrecida para desarrollarme como profesional y por todas las ideas y experiencias que me permitió adquirir, gracias por ser fuente de sabiduría. A todas las personas mencionadas y aquellas no nombradas que me sirvieron y me ayudaron a conseguir mis propósitos.....

***GRACIAS TOTALES!***

***Ing. Abel Dino VALVERDE OBREGÓN***

# INDICE

	<b>Página</b>
<b>INDICE</b>	6
<b>INDICE DE TABLAS</b>	9
<b>INDICE DE FIGURAS</b>	11
<b>RESUMEN</b>	13
<b>ABSTRACT</b>	14
<b>INTRODUCCIÓN</b>	15
<b>I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	18
1.1 DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	18
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	20
1.2.1 PROBLEMA GENERAL	20
1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS	20
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	20
1.3.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
1.4 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.5 ALCANCE	21
<b>II. MARCO TEORICO</b>	22
2.1 ANTECEDENTES	22
2.1.1 INTERNACIONALES	22
2.1.2 NACIONALES	27
2.2 BASES TEORICAS	33
2.2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO	34
2.2.2 MANTENIMIENTO EN OPERACIONES MINERAS	36
2.3 CONCEPTUAL	38
2.3.1 DEFINICION DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA	38
2.3.2 Para qué sirve el diagrama Causa - Efecto	38
2.3.3 Características Principales	39
2.3.4 Proceso y Construcción	40
2.3.5 Interpretación y Utilización	40

2.3.6 Definición de Principio de Pareto	42
2.3.7 Definición del Análisis de Pareto	43
2.3.8 Características Principales	43
2.3.9 Tabla y diagrama de Pareto	44
2.3.10 Proceso del diagrama de Pareto	45
2.4 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	46
2.4.1 INDICADORES DE GESTION	46
2.4.2 COSTOS DE MANTENIBILIDAD	47
2.4.3 INDICES DE OPERACIÓN RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO EN MINERIA	48
2.4.4 TIEMPOS DE OPERACIÓN MINERA	49
2.4.5 INDICES OPERACIONALES	52
<b>III. HIPOTESIS Y VARIABLES</b>	<b>55</b>
3.1 HIPOTESIS	55
3.1.1 HIPOTESIS GENERAL	55
3.1.2 HIPOTESIS ESPECIFICAS	55
3.2 DEFINICION CONCEPTUAL DE VARIABLES	55
3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	55
3.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES	55
3.2.3 INDICADORES	56
3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	56
<b>IV. DISEÑO METODOLOGICO</b>	<b>57</b>
4.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	57
4.2 METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACION	57
4.3 POBLACION Y MUESTRA	58
4.4 TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	58
4.5 ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.6 LUGAR DE ESTUDIO Y ESTRUCTURA ORGANIZATIVA	63
4.7 CONTENIDO DE LA ENTREVISTA Y RESULTADO DEL NUMERO DE ENTREVITAS	67
<b>V. RESULTADOS</b>	<b>72</b>
5.1 RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO.	72

5.1.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS EN EL ESTUDIO DE LA MANTENIBILIDAD DE LOS EQUIPOS PESADOS EN LA ZONA DE TRABAJO	72
5.1.2 DATOS ADICIONALES DEL PROYECTO MCHPT EN EL ANALISIS DE LA GESTION DE MANTENIMIENTO.	73
5.2 DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO	75
5.2.1 Equipos en estudio en la gestión de mantenimiento del taller de equipos pesados	75
5.2.2 Índices operacionales de los equipos y datos de los indicadores clave de desempeño de los equipos en estudio	75
5.2.3 <b>RESULTADOS INFERENCIALES</b> EN LA RELACIÓN DE ACTIVIDADES Y CALCULO DE LOS KPIS ACTUALES QUE HAN SIDO IDENTIFICADAS, CLASIFICADAS Y CUANTIFICADAS DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO.	77
5.3 <b>RESULTADOS ESTADISTICOS</b> EN EL DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE PARETO Y DIAGRAMA DE ISHIKAWA DE LOS EQUIPOS MINEROS EN ESTUDIO.-	84
5.3.1 Análisis de Pareto de los equipos en estudio	86
5.3.2 Desarrollo del diagrama de Ishikawa para los equipos en estudio	100
5.4 OTRO TIPO DE RESULTADOS	105
<b>VI. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	123
6.1 CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPOTESIS CON EL RESULTADO	123
6.2 CONTRASTACIÓN DE LOS RESULTADOS CON OTROS ESTUDIOS SIMILARES	129
6.3 RESPONSABILIDAD ETICA DE ACUERDO A LOS REGLAMENTOS VIGENTES	130
<b>CONCLUSIONES</b>	131
<b>RECOMENDACIONES</b>	133
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b>	135
<b>ANEXOS</b>	139
<b>ANEXO 1-A.</b> Formato para la toma de tiempos de los equipos de perforación.	139
<b>ANEXO 1-B.</b> Parte de comprobación de mantenimiento preventivo.	139
<b>ANEXO 1-C.</b> Parte diario de mantenimiento preventivo.	140
<b>ANEXO 1-D.</b> Parte mensual de mantenimiento preventivo.	140
<b>ANEXO 1-E.</b> Parte anual de mantenimiento preventivo.	141
<b>ANEXO 1-F.</b> Combinaciones clásicas de los elementos de desgaste.	141
<b>ANEXO 1-G.</b> Matriz de consistencia.	142



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Página</b>
<b>Tabla Nº 3.1</b> Definición operacional de las variables	56
<b>Tabla Nº 4.1</b> RESULTADOS – ENCUESTA AL JEFE DEL TALLER	70
<b>Tabla Nº 4.2.</b> RESULTADOS – ENCUESTA A LOS MECANICOS DE MAQUINARIA PESADA.	71
<b>Tabla Nº 5.1</b> INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN, 2017.	76
<b>Tabla Nº 5.2.</b> INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE CARGUÍO (PALA HIDRÁULICA), 2017.	77
<b>Tabla Nº 5.3.</b> Tiempos actuales - Perforadora de agujeros MD6640 #1	78
<b>Tabla Nº 5.4.</b> Tiempos actuales – Perforadora de cadenas MD5125 CAT #2.	79
<b>Tabla Nº 5.5.</b> Tiempos actuales - Perforadora giratoria MD6240 #2.	80
<b>Tabla Nº 5.6.</b> Tiempos actuales - Pala hidráulica 6060/6060 FS #2.	81
<b>Tabla Nº 5.7.</b> Tiempos actuales – Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L #2.	82
<b>Tabla Nº 5.8.</b> Tiempos actuales - Camiones Mineros 777F #2.	83
<b>TABLA 5.9.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640.#1.	86
<b>TABLA 5.10.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.	88
<b>TABLA 5.11.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA GIRATORIA MD6240.#2.	90
<b>TABLA 5.12.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.	92
<b>TABLA 5.13.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.	94
<b>TABLA 5.14.</b> TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - CAMION MINERO 777F #2.	98
<b>TABLA 5.15.</b> FUERZA LABORAL DEL TALLER	108
<b>TABLA 5.16.</b> MODELO - MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN.	113
<b>TABLA 5.17.</b> MODELO - MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO.	114
<b>TABLA 5.18.</b> MODELO - MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE ACARREO.	115
<b>TABLA 5.19.</b> ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN.	118
<b>TABLA 5.20.</b> ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO.	119
<b>TABLA 5.21.</b> ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE ACARREO.	120
<b>TABLA 5.22.</b> GUIA DE INSPECCION (250) DE LOS EQUIPOS DE	121

PERFORACIÓN.	
<b>TABLA 5.23.</b> GUIA DE INSPECCION (250) DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO.	121
<b>TABLA 5.24.</b> GUIA DE INSPECCION (500) DE LOS EQUIPOS DE ACARREO.	122
<b>Tabla Nº 6.1.</b> Tiempos optimizados – Perforadora MD6640 #1.	123
<b>Tabla Nº 6.2.</b> Tiempos optimizados – Perforadora MD5125 #2.	124
<b>Tabla Nº 6.3.</b> Tiempos optimizados - Perforadora MD6240 #2.	125
<b>Tabla Nº 6.4.</b> Cuadro comparativo de los indicadores de gestión de Mantenimiento (KPIs).	126
<b>Tabla Nº 6.5.</b> Cuadro de incremento de los índices operacionales (KPIs)	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
<b>Figura N° 2.1.</b> TIPOS DE MANTENIMIENTO	34
<b>Figura N° 2.2.</b> GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL MANTENIMIENTO	37
<b>Figura N° 2.3.</b> Ejemplo de un diagrama de Ishikawa	38
<b>Figura N° 2.4.</b> Proceso de un diagrama causa – efecto.	40
<b>Figura N° 2.5.</b> Diagrama Causa – Efecto de las deficiencias en la ejecución del mantenimiento en MCHPT.	41
<b>Figura N° 2.6.</b> Proceso del diagrama de Pareto.	45
<b>Figura N° 2.7.</b> DIAGRAMA DE PARETO.	46
<b>Figura N° 2.8.</b> DEFINICIONES DE TIEMPOS DE OPERACIONES MINERAS.	52
<b>Figura N° 2.9.</b> Fases de explotación en mina a tajo abierto.	54
<b>Figura N° 4.1.</b> ORGANIZACIÓN MINERA CHINALCO	65
<b>Figura N° 4.2.</b> Jefatura del Área de Taller de Equipos Pesados	66
<b>Figura N° 5.1.</b> UBICACIÓN DEL PROYECTO.	72
<b>Figura N° 5.2.</b> DATOS ADICIONALES DEL PROYECTO	73
<b>Figura N° 5.3.</b> Cálculo de los KPIs actuales - Perforadora de agujeros MD6640 #1	78
<b>Figura 5.4.</b> Cálculo de los KPIs actuales - Perforadora de cadenas MD5125 #2	79
<b>Figura 5.5.</b> Cálculo de los KPIs - Perforadora giratoria MD6240 #2	80
<b>Figura 5.6</b> Cálculo de los KPIs actuales - Pala hidráulica 6060/6060 FS #2	81
<b>Figura 5.7.</b> Cálculo de los KPIs – Excavadoras Hidráulicas 336D2/D2 L #2	82
<b>Figura 5.8</b> Cálculo de los KPIs – Camión Minero 777F #2	83
<b>Figura. 5.9</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640 #1.	86
<b>Figura. 5.10.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640 #1.	87
<b>Figura. 5.11.</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.	88
<b>Figura. 5.12.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.	89
<b>Figura. 5.13.</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2.	90
<b>Figura.5.14.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2.	91

<b>Figura 5.15.</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.	92
<b>Figura. 5.16.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.	93
<b>Figura. 5.17.</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.	94
<b>Figura. 5.18.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.	95
<b>Figura. 5.19.</b> CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPO - CAMIÓN MINERO 777F.	96
<b>Figura. 5.20.</b> TIEMPO DE DEMORAS POR MANTENIMIENTO DE LOS CAMIONES MINEROS 777F.	97
<b>Figura. 5.21.</b> DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS CAMION MINERO 777F # 2.	98
<b>Figura. 5.22.</b> DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS CAMION MINERO 777F # 2.	99
<b>Figura. 5.23.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES DE AGUJEROS MD6640.	100
<b>Figura. 5.24.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES DE CADENAS MD5125.	101
<b>Figura. 5.25.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES GIRATORIOS MD6240.	102
<b>Figura. 5.26.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LAS PALAS HIDRAULICAS 6060/6060 FS.	103
<b>Figura. 5.27.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LAS EXCAVADORAS HIDRAULICAS 336D2/D2 L.	104
<b>Figura. 5.28.</b> DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS CAMIONES MINEROS 777F.	105
<b>Figura. 5.29.</b> TOMA DE MUESTRA DE ACEITE USANDO UNA SÓNDA DE VALVULAS DE ACEITE	111
<b>Figura. 5.30.</b> DIAGRAMA DE PROGRAMA DE INSPECCIÓN	117
<b>Figura. 6.1.</b> Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD6640 #1.	123
<b>Figura. 6.2.</b> Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD5125 #2.	124
<b>Figura. 6.3.</b> Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD6240 #2.	125

## RESUMEN:

En el consiguiente Trabajo de Post-Grado se presentó el “**PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIA PESADA EN MINERA CHINALCO PERÚ S.A.**”, éste se planifico inicialmente en razón al análisis de la gerencia de mantenimiento del Taller de Equipos Pesados N° 2, en función del número de fallas y demoras presentadas por los equipos pertenecientes al taller en mención, en un período de DOCE (12) meses - 2018, determinando de esta manera la disponibilidad mecánica y la utilización efectiva (indicadores claves de desempeño), así como la confiabilidad y criticidad de éstos. La presente tesis tuvo como objetivo determinar los tiempos operativos de los equipos de perforación, carguío y acarreo para optimizar sus indicadores clave de desempeño e incrementar la producción. Principalmente se realizó un diagnóstico de los tipos operacionales de los equipos de perforación, equipos de carguío y equipos de acarreo (camiones mineros principalmente) manejados en la UNIDAD MINERA CHINALCO – Proyecto Toromocho. Asimismo, se realizo sistemas de indicadores para la gestión de mantenimiento (KPIs) en el ciclo de operación, análisis y demoras en la ejecución del mantenimiento de los equipos las cuales se analizaron con diagramas de causa – efecto y diagrama de Pareto. Se utilizó la implementación de reportes con el objetivo de registrar los tiempos de las actividades de los equipos en los ciclos de operación para el cálculo de los de indicadores para la gestión de mantenimiento o indicadores clave de desempeño (KPIs).

Al absolverse las limitaciones se ejecutó el plan de mantenimiento preventivo que permitió el estudio de los parámetros de operatividad asociados a las actividades de inicio y fin del mantenimiento en su totalidad, evolución de los análisis de fallas, para determinar en qué período de tiempo esas fallas van a tomar una relevancia importante de modo de proyectar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves, aumentando la disponibilidad operativa de la maquinaria pesada.

**Palabras Claves:** Mantenimiento, Preventivo, Maquinaria Pesada.

## **ASTRATTO:**

Nel successivo Lavoro Post-Laurea è stato presentato il “PIANO DI MANUTENZIONE PREVENTIVA DEI MACCHINARI PESANTI IN MINERA CINALCO PERÚ SA” inizialmente pianificato sulla base dell'analisi della gestione della manutenzione dell'Officina Heavy Equipment n. ritardi presentati dalle apparecchiature appartenenti alla predetta officina, in un arco temporale di DODICI (12) mesi - 2018, determinando così la disponibilità meccanica e l'effettivo utilizzo (key performance indicator), nonché l'affidabilità e la criticità degli stessi. L'obiettivo di questa tesi era determinare i tempi operativi delle attrezzature di perforazione, carico e trasporto per ottimizzare i loro indicatori chiave di prestazione e aumentare la produzione. Principalmente, è stata effettuata una diagnosi dei tipi operativi di attrezzature di perforazione, attrezzature di carico e attrezzature di trasporto (principalmente camion da miniera) gestite nella CHINALCO MINING UNIT - Progetto Toromocho. Allo stesso modo, sono stati realizzati sistemi di indicatori per la gestione della manutenzione (KPI) nel ciclo operativo, analisi e ritardi nell'esecuzione della manutenzione delle apparecchiature, che sono stati analizzati con diagrammi causa - effetto e diagramma di Pareto. L'implementazione dei report è stata utilizzata per registrare i tempi delle attività delle apparecchiature nei cicli operativi per il calcolo degli indicatori per la gestione della manutenzione o indicatori chiave di prestazione (KPI).

Una volta abolite le limitazioni, è stato eseguito il piano di manutenzione preventiva che consentirà lo studio dei parametri operativi associati alle attività di inizio e fine manutenzione nella sua interezza, evoluzione dell'analisi dei guasti, per determinare in quale periodo di tempo tali guasti Assumeranno una rilevanza importante al fine di pianificare tutti gli interventi con sufficiente tempo, evitando che generino gravi conseguenze, aumentando la disponibilità operativa di macchinari pesanti.

Parole chiave: Manutenzione, Preventiva, Attrezzature Pesanti.

## INTRODUCCIÓN

Minera Chinalco Perú S.A., proyecto Toromocho, uno de los planes cupríferos más magnánimos del país, una mina de tajo abierto que procesa durante estos últimos años de los 38 años de vida operacional, un promedio de 1,950 aprox. de toneladas diarias de concentrado de cobre y 26.7 toneladas diarias de óxido de molibdeno. En la actualidad, la Gerencia de Minera Chinalco Perú, proyecto Toromocho tiene como funciones avalar el desempeño de los eventos de producción en términos de costes, calidad y oportunidad; el despacho del mineral de cobre conforme a las especificaciones del mercado; la disponibilidad de los sistemas, equipos, maquinarias e instalaciones de las plantas de Procesamiento del Mineral de cobre de acuerdo con el programa de mantenimiento preventivo y correctivo; además de asegurar el análisis, propuesta e implementación de mejoras operativas al sistema de administración de mineral, entre otros.

La función de certificar la disponibilidad y mantenibilidad de los equipos mineros, la Gerencia de Operaciones de Minera Chinalco Proyecto Toromocho (MCHPT), cuenta con CUATRO (4) Talleres de Equipos Pesados; siendo el taller N° 2, el taller encargado de mantener en condiciones operativas una flota de TREINTA Y SEIS (36) Equipos Pesados. Los Equipos Pesados son requeridos con una alta disponibilidad (mayor al 85% de disponibilidad) en las distintas áreas de la Gerencia, puesto que estos realizan labores importantes de manejo, perforación, acarreo, carga y limpieza del Mineral. Asimismo, estos equipos no pueden responder completamente a estos requerimientos, debido a que presentan fallas que muchas veces son corregidas en períodos considerables de tiempo cuando los repuestos necesarios no se encuentran en el stock de la empresa, y hay que pedirlos a los distribuidores locales, nacionales ó extranjeros tardando hasta varios meses en llegar, causando la paralización del equipo, además de ocasionar mayores costos al dañarse partes asociadas a la principal.

El conocimiento y control de los rendimientos es especialmente importante, pues con ello se determina, en primer lugar, la capacidad de producción que es posible alcanzar, en segundo lugar su efectividad, el potencial productivo y rentabilidad económica del proyecto minero. Por tal motivo se decidió realizar un estudio de productividad a los equipos en producción como máquinas perforadoras, equipos de carguío y camiones mineros pertenecientes al taller N° 2 de Equipos Pesados de MCHPT en el estudio se buscará obtener los KPIs (indicadores de gestión) actuales de los equipos mencionados tales como disponibilidad mecánica, utilización efectiva y rendimientos, a la vez se identificarán las causas y sub causas que afecten a la producción, las cuales se analizarán haciendo uso de diagramas de Pareto y diagramas de Ishikawa para así poder proponer soluciones que ayuden a incrementar los KPIs y la producción. Seguidamente se cuantificará la producción y de acuerdo a este incremento se propondrá un Incremento en la capacidad de procesamiento de la planta concentradora el cual se mostrara en los resultados de los indicadores de gestión al solucionar las limitaciones.

Asimismo para el incremento de la producción y el saneamiento de las limitaciones es necesario implementar un plan de mantenimiento preventivo que permita detectar las fallas antes de que esta ocurra y de esa manera se puedan tomar las medidas necesarias para que la reparación del equipo se realice en el menor tiempo posible, evitando al máximo las demoras, aumentando así la disponibilidad de los equipos.

En el siguiente trabajo, se presenta un Plan de Mantenimiento Preventivo basado en el análisis de fluidos a la flota de Equipos Pesados propuesta por la Gerencia de Mantenimiento de la empresa minera en mención, específicamente en los sistemas de Red de Potencia (Transmisión, Diferencial y Mandos Finales), Hidráulico y Motor Diesel a través del análisis de los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de la falla, determinando en que período esas fallas van a tomar una relevancia



importante y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves.

El procedimiento que permitió el logro de los objetivos planteados en el presente trabajo implica los siguientes análisis y/o estudios: a) Analizar la gestión de mantenimiento del Taller de Equipos Pesados basándose en los índices mecánicos; b) Identificar el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los mismos resumida a través de una matriz de variable; c) Diseñar los estándares de inspección; d) Identificar y clasificar las inspecciones de acuerdo a las condiciones del equipo; e) Ejecución del plan de mantenimiento preventivo de los equipos, f) Resultados de los estudios al optimizar la productividad y rentabilidad de la Minera Chinalco Proyecto Toromocho (MCHPT).

## **I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. DESCRIPCION DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA**

La mantenibilidad es uno de los factores claves para la buena operación y desarrollo de las plantas industriales y mineras. Este se puede definir como el conjunto de actividades ejecutadas para mantener en buenas condiciones de funcionamiento los bienes, equipos e instalaciones que posee la empresa, que permitan la maximización de la disponibilidad de estos para la producción.

Dependiendo de la forma, el objetivo y la oportunidad en que se realizan las acciones, se pueden resaltar dos tipos de mantenimiento: el correctivo y preventivo, permitiendo este último a través de técnicas de mantenimiento predictivo la detección de las anomalías que presente el equipo, mediante el análisis e interpretación de los parámetros de funcionamiento.

El Taller de Equipos Pesados N°2, se encarga de realizar labores de mantenimiento a equipos pesados comprendidos por: Equipos de perforación, Equipos de carguío y Equipos de acarreo dichos equipos se requieren en cada una de las distintas áreas de almacenamiento, operación y transporte del mineral, debido a que se encargan del despacho, transferencia del mineral y producción netamente. Sin embargo ésta disponibilidad se ha visto afectada por el regular índice de fallas que actualmente presentan los equipos, producto de la falta de seguimiento del programa de mantenimiento preventivo y de las variables operacionales de funcionamiento, así como la baja utilización efectiva de los equipos en estudio. Debido a esto, a los equipos pesados se les presta un mayor número de mantenimientos correctivos que preventivos, lo cual es perjudicial para la Gerencia de Mantenimiento, puesto que incurre en gastos excesivos de repuestos, a causa que es más costosa la reparación

del equipo cuando este falla (un 40% más en el caso del motor), al dañarse partes asociadas a la principal, además de que si los repuestos o partes del equipo necesarios para reparar las maquinas no se encuentran disponibles en el stock de la empresa, son pedidos a la concesionaria Caterpillar local (FERREYROS S.A.), la cual localiza los repuestos tanto a nivel nacional como en el exterior, tardando hasta meses en llegar éste al taller, produciendo daños mayores y la paralización total del equipo.

La situación anteriormente planteada conlleva a desarrollar el presente estudio donde se dé respuesta a la siguiente problemática: la baja utilización efectiva de los equipos en la producción y la alta frecuencia de fallas de la flota de Equipos Pesados de la Gerencia de Operaciones de MCHPT; La solución a las limitaciones conlleva a tener mayor disponibilidad operativa y utilización al mínimo costo de los equipos en estudio; es necesario desarrollar el presente trabajo con el propósito de diseñar un plan de mantenimiento preventivo que permita la detección de las fallas en los equipos antes de que ocurran, para así poder tomar todas las medidas necesarias para corregirlas en el menor tiempo posible, evitando al máximo las demoras y los gastos en repuestos. El siguiente trabajo es de suma importancia, permitirá detectar las fallas relevantes de los elementos de los equipos pesados a través del estudio de la evolución de los índices operacionales y los parámetros de funcionamiento asociados a la evolución de las fallas, determinando en qué período de tiempo esas fallas van a tomar una relevancia importante y así poder planificar todas las intervenciones con tiempo suficiente, evitando que las mismas generen consecuencias graves, además de la disminución de las demoras por reparación, lo cual le proporciona una mayor disponibilidad a los equipos.

En la actualidad la mayoría de las compañías diligentes a la comercialización, equipamiento y servicios de Maquinaria Pesada; no

tiene un sistema de gestión de mantenibilidad que satisfaga las necesidades de compatibilidad acordes con el mercado vigente.

La calidad en el servicio de mantenimiento requiere de propuestas de mercado, que compitan en mantenibilidad, operatividad, precio, calidad, satisfacción y seguridad con otras ofertas más sofisticadas.

El entorno competitivo actual exige que las empresas estén en una permanente mejora, que permita asegurar su permanencia en el mercado al ofrecer servicios de mantenimiento de calidad superior.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.2.1 PROBLEMA GENERAL:**

- ✚ ¿En qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, contribuye a incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa minera CHINALCO S.A.?

### **1.2.2 PROBLEMAS ESPECIFICOS:**

- ¿De qué manera se puede mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de la flota de equipos pesados?
- ¿Cómo optimizar las herramientas estratégicas de confiabilidad de los equipos pesados en la operación Minera Chinalco, para incrementar su producción?

## **1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION**

### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL:**

- ✚ Establecer un plan de mantenimiento preventivo a la flota de maquinaria pesada para el incremento de la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa minera CHINALCO S.A.

### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de la flota de maquinaria pesada para obtener mayor disponibilidad mecánica y productividad.
- Utilizar eficientemente las herramientas estratégicas de confiabilidad que permitan mejorar los procesos de producción y mantenibilidad.

### **1.3 LIMITANTES DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **Teórica.-**

La investigación se limita a aplicar las teorías de la gestión del mantenimiento preventivo y la disponibilidad.

#### **Temporal.-**

La investigación abarca datos e información de los equipos mineros de transporte en la Unidad Minera Chinalco S.A. en el año 2018, con proyección al 2019.

#### **Espacial.-**

La investigación se delimita a los equipos mineros de transporte en la Unidad Minera Chinalco – Proyecto Toromocho (Taller N° 2).

### **1.4 ALCANCE**

Esta investigación examina el plan de mantenibilidad preventivo a la escuadra de TREINTA Y SEIS (36) Equipos Pesados, del área de Procesamiento de Mineral de Cobre de la empresa Minera Chinalco Perú, proyecto Toromocho cuya mantenibilidad de dichos equipos está a cargo del taller N° 2 de MCHPT.

## **II. MARCO TEÓRICO**

El presente marco teórico muestra los raciocinios y conocimientos que respaldan el desarrollo del trabajo, a través de la investigación teórica siguiente:

### **2.1 ANTECEDENTES**

#### **2.1.1 INTERNACIONALES:**

**URREGO (2017) “Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa Cimentaciones de Colombia LTDA”.** Con la finalidad de obtener al grado de maestro en la Universidad Santo Tomas, Bogotá - Colombia.

#### **Resumen:**

El problema al que se le dio solución en esta investigación, fue al incumplimiento de plazos de ejecución en la producción de la empresa, esto ocurrió en numerosas ocasiones debido a fallas que se presentaban de manera repentina en los equipos, por eso la objetividad de la misma fue bosquejar un método de mantenibilidad en la prevención de averías y pérdidas de mantenimiento para la compañía. Para esta investigación se usó una metodología descriptiva, con un enfoque cuantitativo.

#### **Conclusión:**

Concluyó que es obligatorio un mantenimiento preventivo para la máquina y/o equipos con el objeto de prevenir fallas repetitivas en los mismos componentes y de evitar el deterioro progresivo, se debe hacer énfasis en las recomendaciones del fabricante, se debe brindar capacitación al personal para disminuir en lo posible los errores humanos, estar siempre a la vanguardia con las nuevas tecnologías que van enfocadas en el mantenimiento preventivo; por

último, se concluye que la ejecución de un procedimiento de mantenimiento planificado es vital para la producción de cualquier compañía, de él va a depender que la empresa cuente con una estabilidad económica rentable.

**Parfraseo:**

Se hace notar el plan de una gestión de mantenibilidad preventiva, siendo indispensable para cualquier empresa hoy en día, debido a que esto va a garantizar el buen estado de los equipos y como resultado se tendrá un eficaz proceso productivo, trayendo consigo una economía rentable para la empresa.

**RIVERA (2015), realizó el estudio: “Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos”.** Tesis afín de obtener el nivel de MBA Internacional. Universidad de Chile - Santiago de Chile, País Chile.

**Resumen:**

El problema que se presentó en esta investigación era que no se tomaban las decisiones adecuadas respecto al mantenimiento de la maquinaria pesada que operaban en una mina, debido a eso, la objetividad de la investigación fue plantear un piloto para lo obtención de pre y post evaluaciones de decisiones para lograr organizar el ingreso de información obteniendo así una data confiable que permita implementar un mantenimiento preventivo en el momento adecuado. Se enfocaron en una indagación de campo, de tipo empírica, con un enfoque cuantitativo; el instrumento para la cogida de información fue el informe y la muestra estuvo conformada por minas existentes en Chile.

**Conclusión:**

Se concluyó que, a través de lo planteado en el objetivo general, se obtuvieron resultados positivos y eficaces, efectivamente se logró organizar el ingreso de información para esto se actualizaron los sistemas de gestión de desempeño internos, por ende, la aplicación de un mantenimiento preventivo para las maquinarias fue más fácil de llevar a cabo, lo que redujo los costos y aumento

la confiabilidad y mantenibilidad para las organizaciones que están a cargo de direccionar el trabajo en las minas de Chile.

**Parfraseo:**

Siempre se debe tener en cuenta que para mantener la rentabilidad y producción de una empresa que usa maquinarias pesadas se deben tomar decisiones correctas sobre cuando es el momento de aplicar un mantenimiento preventivo para que no ocurran paradas y esto afecte de manera negativa a la empresa.

**UZCÁTEGUI, M. (2014), para obtener el grado de maestro en minería presentó: “Gestión del mantenimiento de la maquinaria pesada del proceso de carga y transporte de la empresa Construcciones Asfalto Andes, C.A”.** Universidad Minera Metalúrgica de Moa Dr. Antonio Núñez Jiménez. Mérida, País Cuba.

**Resumen:**

En esta investigación el problema corresponde a la inexistencia de una gestión para la administración de la maquinaria que existe en la compañía; su objetivo fue el diseño de un modelo de administración del mantenimiento aplicado a la maquinaria pesada perteneciente al servicio de carga y transporte de la compañía. Para determinar cuál era la manera más eficiente de implementar una gestión de mantenimiento se utilizó el diagrama de causa y efecto que permitió diagnosticar las fallas tanto a nivel operario como administrativo que existen en la empresa.

**Conclusión:**

Llegando a la conclusión, de que la gestión de mantenibilidad para la maquinaria pesada propuesta es mantener los activos y recursos de la empresa minera (proceso de carga y transporte de mineral interno), control



del tiempo y costos asegurando la máxima eficiencia del proceso de producción de mineral, el proyecto de tesis fue diseñado para servir de elemento referencial, que de forma sistemática y ordenada establecerá los parámetros mediante los cuales se ejecutarán las tareas de mantenimiento anualmente. Se tomó como base la Norma COVENIN 3049-93, el plan de mantenimiento se basa en la organización estructurada de tal forma que cada problema que impacta en el rendimiento de los equipos sea conocido, cuantificado, y comunicado a través de la organización, cabe destacar, que también se incorporaron acciones preventivas, correctivas, rutinarias y predictivas en la administración del mantenimiento.

**Parfraseo:**

Sirvió como referencia para conocer algunas de las normas que se pueden emplear para tener un amplio conocimiento referente a la gestión del mantenimiento preventivo y así tener un mejor manejo y dominio del mismo, Significando que la Norma COVENIN 3049-93, está basado en mejorar la eficiencia operativa de las instalaciones de la planta y los procesos mineros, lo que contribuye a disminuir los costos operativos y mejorar la calidad (y cantidad) de los productos manufacturados optimizando los sistemas operativos.

**FREIRE y RODRÍGUEZ (2013), realizaron el estudio: “Análisis de la contratación de servicios de Mantenimiento Preventivo y su incidencia económica- ambiental en la Industria de Maquinaria Pesada”.** Tesis para obtener el grado de Magister MBA – Gestión Empresarial. Por la Universidad Politécnica Salesiana. Guayaquil, País - Ecuador.

**Resumen:**

El mantenimiento al igual que otras ramas de la ingeniería, ha evolucionado a gran escala con el paso del tiempo. Como mantenimiento el buen conocimiento del proceso en este trabajo de investigación ayuda a entender las prioridades y las necesidades. Es muy importante conocer cómo se gestiona actualmente las distintas incidencias de producción y servicio para definir los trabajos reales del departamento de mantenimiento.

En Guayaquil - Ecuador, las industrias de equipos pesados no conocían la importancia de la aplicación de mantenibilidad y la incidencia que tenía en los aspectos económico - ambiental. En Ecuador, como en el resto de los países de Latinoamérica se han encontrado problemas con la gestión de mantenimiento. Según estadísticas y el trabajo (Centro de Estudios en y de, Ingeniería de Mantenimiento – Ecuador) las empresas que implantan estos sistemas (por concepto de la organización y el control) incrementan la disponibilidad de las máquinas en más de un 30% y reducen los gastos en alrededor de un 20%.

**Conclusión:**

La gestión de mantenimiento en este proyecto de investigación dio a conocer la realidad en cuanto al escaso juicio e importancia que le da la industria de maquinarias mineras al uso del mantenimiento preventivo y predictivo; también se demostró con datos reales la ventaja que muestra la aplicación de un servicio preventivo, tanto en el aspecto económico, como en el del medio ambiente ya que se pueden volver a utilizar equipos que no estaban en servicio; se dejó en evidencia lo importante que es fomentar y culturizar en las empresas el mantenimiento preventivo.

**Parafraseo:**

El trabajo de estudio realizado por Freire y Rodríguez (2013), deja muy en claro lo importante e indispensable que es fomentar el mantenimiento preventivo y los efectos positivos que estos generan a una empresa, ya sea pública o privada.

### **2.1.2. NACIONALES:**

**VÁSQUEZ (2018), dio a conocer el estudio: “Administración de mantenimiento de flota vehicular y la calidad de servicio de una empresa de reparaciones automotriz de Lima, 2017”.** Tesis para optar al grado de Magister en Gerencia de Actividades comerciales – MBA, en la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO. Lima, Perú.

#### **Resumen:**

El problema objeto de estudio en esta investigación fue que no estaba establecida la relación que existe entre la gerencia e ingeniería del mantenimiento y la calidad de servicios de reparaciones mecánicas e ingeniería automotriz; debido a esto el objetivo se basó en determinar si existe una analogía entre el mantenimiento provisorio de flota vehicular y la eficacia de servicio de una compañía de reparaciones automotriz; se usó una metodología descriptiva con un enfoque cuantitativo y se empleó un diseño no experimental.

#### **Conclusión:**

Existe una relación muy significativa entre las variables de la investigación, y si se emplea de manera eficaz una administración de mantenimiento esto generara un excelente asistencia de mantenibilidad y calidad y como resultado la dicha de los clientes; también se determinó a través de los resultados estadísticos que los clientes se sienten complacidos por la aptitud de servicio que ofrece la empresa tanto a nivel personal como operativo.

#### **Parafraseo:**

La investigación de Vásquez (2018), deja en evidencia que tanto la implementación de una gestión adecuada de mantenimiento, así como también una eficiente calidad de servicio son indispensables para para una empresa, sin importar el rubro donde esta desarrolle sus actividades; mantener al cliente satisfecho es uno de los principales objetivos para cualquier organización.

**HUARI (2017), presentó la investigación: “Programa de Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la Disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar”.** Tesis de grado de Maestría en Gestión de Mantenibilidad, HUANCAYO. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.

**Resumen:**

El problema de investigación se centra en que la organización no refería con un programa eficaz de reparación y mantenibilidad para conservar la óptima operatividad de los equipos. El objetivo principal de este proyecto de investigación fue bosquejar un programa de mantenimiento basado en la confiabilidad para mejorar la operatividad y funcionamiento. Se empleó una metodología descriptiva, el tipo de investigación fue tecnológico, de nivel aplicativo, con un método sistémico y de diseño experimental. La población estuvo constituida por los equipos existentes en la empresa, mientras que la muestra la constituyeron más de cinco equipos.

**Conclusión:**

Una vez analizados los resultados, se demostró que los equipos no contaban con la disponibilidad requerida ya que se no se le aplicaba ningún tipo de mantenimiento; luego de haber implementado el programa que se diseñó la disponibilidad de los equipos colectores mejoro de 84,21% a un 94,71%, de igual manera que redujeron los riesgos y previnieron las fallas, reflejándose en la mejora de la disponibilidad de los equipos.

**Parfraseo:**

La investigación de Huari (2017), sirvió como referencia para entender lo que sucede a los equipos cuando no se le hace un mantenimiento constante y lo eficiente que es contar con un programa que garantice una disponibilidad optima de los equipos e ítems de mantenibilidad.

**ALTAMIRANO y ZAVALETA (2016), para obtener el grado de magister realizaron: “Plan de gestión de mantenimiento preventivo para mejora de la productividad en la empresa Naylamp – Chiclayo 2016”. Universidad Señor de Sipán, Chiclayo, Perú.**

**Resumen:**

El problema que se presentaba en la empresa Naylamp era que tenían una mala productividad y rentabilidad, no contaban con un plan de mantenimiento predictivo, el objetivo a alcanzar fue elaborar un plan de administración de mantenimiento predictivo para mejorar la rentabilidad y productividad en la empresa Naylamp; para esta investigación se utilizó una población de 39 equipos, la misma está enfocada en una investigación de tipo cuantitativa, aplicada y descriptiva.

**Conclusión:**

A través de la implementación de un plan de administración de mantenimiento preventivo se logró mejorar el proceso dando paso a el incremento de la producción de la planta de 270 litros/tonelada de melaza a 281,5 toneladas de melaza; con respecto recurso tiempo la productividad aumenta de 400 550,67 litros/mes a 407 208 litros/mes; ello quiere decir que, al mejorar el mantenimiento, también mejora el proceso en la fábrica de etanol; fue notorio que al mejorar el mantenimiento la fábrica de etanol resulto rentable, debido a que la empresa puede obtener un saldo económico de 246 361,42 soles, obteniendo un beneficio de 10 soles al invertir 1 sol.

**Parfraseo:**

Se muestra como proceso el productivo de una empresa está directamente relacionado con el mantenimiento preventivo que a su vez tienen un impacto directo en las finanzas de una empresa, lo que sucedió en la empresa Naylamp, que luego de mejorar el mantenimiento de sus equipos de producción mejoro todo el proceso de la fábrica, junto con ello también mejoró el estado financiero de la misma obteniendo 246.361,42 soles en solo tres meses.

**VILLACREZ (2016), presentó la investigación: “Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A”.**

Para obtener el grado de magister en la Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú.

**Resumen:**

El problema de esta averiguación es la ausencia de un plan de administración de la mantenibilidad para evitar las fallas que presentan los equipos existentes en la misma, debido a esto el objetivo principal fue el boceto y la implementación de un plan de mantenibilidad (preventivo) que permita la disminución de las fallas iterativas en los complejos cinematográficos y constituir las acciones de mantenimiento con una periodicidad concreta. Para dar solución a este problema se realizó un estudio durante diez meses, donde se realizaron encuestas, entrevistas e inspecciones, se contó con la ayuda de programas como Excel y el software ServiceDesk.

**Conclusión:**

Como conclusión, se tuvo que la culminación de un plan de mantenimiento provisorio en la empresa Cineplanet S.A. logro conseguir una gran mejoría en la administración del mantenimiento preventivo generando decisión y unión en las faenas programados mes a mes, teniendo un desempeño superior al 95% de lo programado, tal cual lo solicita el cliente interno revisando el pretendido en base a las ventas.

**Parafraseo:**

Se hace énfasis para la ejecución de un eficaz plan de mantenimiento provisorio se puede hacer uso de programas como Excel y software como ServiceDesk, estos permiten tener un control preciso durante las inspecciones y una mejor organización de la información que se recolecta; este trabajo de grado nos proporciona conocimiento y junto con ellos herramientas de ayuda para dar una solución fiable y factible al problema que se presenta en esta investigación.

**FUENTES (2015), publicó el estudio: “Propuesta de un sistema de gestión de mantenimiento preventivo basado en los indicadores de Overall Equipment Efficiency para la reducción de los costos de mantenimiento en la empresa Hilados Richard’s S.A.C”. Obtención de grado: Maestro por la Universidad Católica Santo Toribio De Mogrovejo. Chiclayo – Perú.**

**Resumen:**

El problema de la empresa era que no contaba con un sistema que permitiera la gestión eficiente de mantenimientos preventivos, debido a esto la empresa aplicaba solo mantenimientos correctivos en todas las máquinas con las que cuenta, dando origen a problemas económicos debido al gran costo que esto representaba; su objetivo fue la ejecución de un método para la administración de mantenibilidad y disponibilidad a través de los indicadores Overall Equipment Efficiency y de esta manera reducir los altos costes de mantenimiento que se generan en la empresa.

**Conclusión:**

Llegando a la conclusión de que, a través de la ejecución del Procedimiento de Administración de mantenimiento preventivo, la empresa logró un ahorro de S/. 103 020, 53 semestrales puesto que al atender correctamente y a tiempo las averías menores, se evitaban problemas de mayor envergadura, los cuales se tienen que enviar a factorías lo que genera un incremento en los costos, ya que no solo es el servicio de rectificación de las piezas, sino, que también se eleva el tiempo de espera para poner operativa la máquina. Para realizar el procedimiento de Administración de Mantenimiento en la empresa textil, se tuvieron en cuenta los lineamientos de la norma ISO 9001:2015.

**Parfraseo:**

Significando que la ejecución de un régimen de administración de mantenimiento preventivo se obtiene un mejor rendimiento en el área económica de cualquier empresa, como es el caso de la compañía Hilados

Richard's S.A.C., que logro un ahorro semestral de 103.020,53 soles después de implementar tal sistema de gestión, esto disminuyo en un 85% que se aplicaran mantenimientos correctivos y que se vieran afectadas las finanzas de la empresa.

**ESPINOZA (2014), presentó la investigación: “Diseño de un plan de gestión de mantenimiento preventivo para incrementar la vida nominal de los equipos: vehículos livianos y Maquinas-Herramientas. Empresa Coopsol Minería y Petróleo S.A”.** Tesis para obtener el grado de Magister en Gestión Empresarial, en la Universidad Nacional del Callao. Lima, Perú.

**Resumen:**

La investigación en la Empresa Coopsol Minería y Petróleo S.A no contaba con una técnica adecuada de tarea de mantenimiento preventivo, por lo cual su objetivo fue diseñar el mismo con el fin de permitir el incremento de la vida nominal de los automóviles livianos y maquinarias - herramientas; la exploración es de paradigma descriptiva y tecnológica-aplicada, porque si se delineó el método de gestión de mantenimiento y se implementó en la empresa, de diseño correlacional; el instrumento aplicado para recolectar la información fue la encuesta; mientras que la población estuvo conformada por todos los equipos existentes en la empresa, desde los vehículos hasta las herramientas.

**Conclusión:**

Se concluyó que, el diseño y ejecución de un procedimiento de misión de mantenimiento preventivo es un instrumento útil en muchos sentidos para una empresa; también se determinó mediante los resultados que un número de equipos considerables requerían la aplicación de un mantenimiento correctivo urgente ya que se ponía en peligro la entereza física de los operadores.



**Parfraseo:**

Esta investigación realiza lo importante que es, no solo aplicar una gestión de mantenimiento preventivo, sino aplicarla de manera adecuada con las técnicas y la metodología correctas para que esta tenga un efecto positivo y eficaz tanto en los equipos como en la producción de una empresa.

**2.2. BASES TEORICAS****GESTION DEL MANTENIMIENTO**

La técnica de mantenibilidad permite, a partir del estudio y forma de los resultados conseguidos en la ejecución de las sistematizaciones de mantenimiento, renovar perpetua y comprobadamente la estrategia y, por consiguiente, la categorización y organización de actividades para garantizar la producción y resultados económicos al mínimo costo global. Asimismo para el desarrollo de la presente tesis empezaremos con estudios básicos sobre mantenimiento hasta las definiciones objeto de estudio, que guardan relación a la gestión de mantenimiento en Operaciones Mineras. Fuente: Autor.

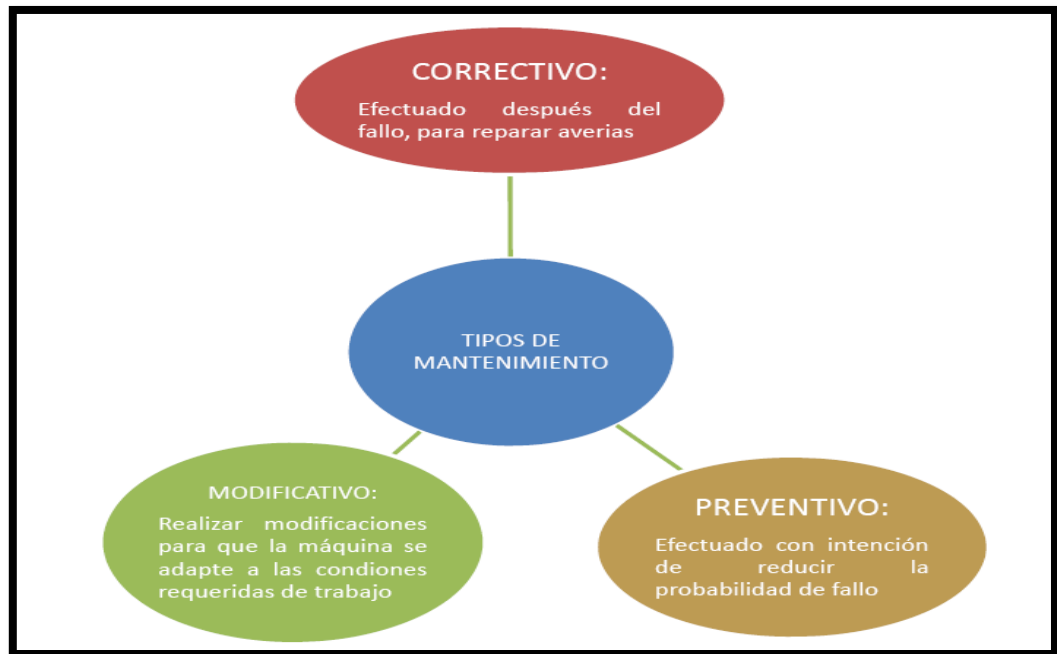
**QUE ES EL MANTENIMIENTO.-** “Conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida. Estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión” (Maldonado y Siguenza, 2012, p.1.).

“El tipo de mantenimiento más común es el mantenimiento correctivo, requiere de datos históricos confiables de las acciones de mantenimiento realizadas. La gestión del correctivo queda incluida entre las cuestiones previstas durante la ejecución de un plan de mantenimiento preventivo. La gestión del predictivo requiere la implementación previa de un plan de mantenimiento preventivo con el cual recabar los datos requeridos para llevarlo adelante”. Fuente: Autor.

### 2.2.1. TIPOS DE MANTENIMIENTO

Al mantenimiento para su análisis se ha dividido en tres grandes grupos que se detallan a continuación:

Figura N° 2.1 TIPOS DE MANTENIMIENTO.



Fuente: Maldonado y Siguenza, 2012, p.3.

En la coyuntura, el mantenimiento es una acción que tiene no solamente un impacto directo sobre el aforo productivo de un proyecto, sino que es un elemento clave para adquirir unas condiciones de seguridad y de protección medioambiental acordes con las políticas de desarrollo sostenibles de la asociación.

Es por tanto y desde todo punto de vista, una acción que adquiere un papel preponderante en la aptitud de un proyecto o de una empresa. Para nuestro proyecto de investigación solo trabajaremos con el mantenimiento correctivo y preventivo que son la base de la gestión de mantenimiento, entonces es importante conocer sus definiciones. **El mantenimiento es un conjunto de diligencias realizadas para conservar los bienes, equipos e instalaciones que**

**la compañía posee, en buenas condiciones de movimiento, de manera que se garantice la producción del bien o servicio.** Fuente: Autor.

### **MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

“Es el conjunto de actividades realizadas tras el fallo de un bien o el deterioro de su función, para permitirle cumplir con una función requerida, al menos de manera provisional, solución de puntos débiles del equipo” (Cuatrecasas, 2003, p. 167).

### **MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

“Comprende todas las acciones sobre revisiones, modificaciones y mejoras dirigidas a evitar averías y las consecuencias de estas en la producción (seis grandes tipos de pérdidas).” (Cuatrecasas, 2003, p. 166).

Asimismo el Mantenimiento Preventivo (MP), es la acción humana desarrollada en los capitales físicos de una empresa con el fin de programar el mantenimiento llevando revisiones constantes de los diferentes sistemas y mecanismos de cada equipo industrial. Además para producir la mantenibilidad es primordial el conocimiento de cada equipo y/o maquinaria, comprende registros sensoriales de posibles anomalías superficiales, medición de temperaturas accediendo tener un indicio del cambio de los elementos que mayor deterioro tienen, la aplicación de un buen registro de mantenimiento nos hará obtener un estimado de tiempo máximo de funcionamiento de un componente y/o items. Fuente: Autor.

### **MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

“Control de funcionamiento de la maquina en servicio”. Fuente: Autor.

## 2.2.2. MANTENIMIENTO EN OPERACIONES MINERAS

Es importante resaltar que la sostenibilidad de las operaciones mineras depende principalmente del funcionamiento correcto de los equipos, según se describe:

“La gestión de los equipos de mina garantiza tener operaciones mineras altamente rentables” (Ñavincopa, 2006, p. 20).

El procedimiento de **mantenimiento minero** debe ser una antelación en la industria de la minería. Los equipos mineros trabajan en contacto directo con los minerales, los cuales producen grandes desgastes, por ejemplo, en el chasis, tolva, las barras, brocas, sistemas hidráulicos y electrohidráulicos de la maquinaria pesada. Por lo tanto, el área de administración de mantenimiento tiene que planificar jornadas periódicas de inspección y reparación para que los equipos mineros reciban la atención necesaria. Entre las principales características de un plan de mantenimiento minero tenemos:

- El procedimiento de mantenimiento minero debe efectuarse con los patrones de eficacia y el uso conveniente de los equipos. Estas normas garantizan la seguridad de quienes conducirán las tareas de mantenimiento, y también considera el resguardo del medio ambiente.
- El procedimiento debe enfocarse en la confiabilidad y en la optimización del mantenimiento planificado (preventivo, predictivo). Aquí gana relevancia el uso de guías de cometido de mantenibilidad para disponer de mejores instrumentales de planificación en las actividades de mantenimiento.
- El procedimiento de mantenimiento minero debe seguir un rol de mantenibilidad, al menos en un 85%. Toda vez que la intención es prolongar la vida útil de los equipos y aminorar situaciones de emergencia que impidan el buen funcionamiento de los equipos, incluso pueden usarse herramientas de mantenimiento predictivo.

- Con un procedimiento de mantenimiento minero, se puede prever el uso de equipos o personal de evaluación calificado y con experiencia comprobada.
- Se prioriza a los equipos de mayor actividad minera que presentan fallas o que trabajan con rocas o sedimentos pesados.
- Considera la verificación de los equipos sometidos a mantenimiento.

La Gestión de Mantenimiento involucra cuatro procesos diferenciables: Planificación, Programación, Ejecución y Control. Entendiendo por Mantenimiento el servicio a la operación que tiene por objeto lograr una adecuada disponibilidad de los equipos al menor costo posible. Fuente: Autor.

**Figura N° 2.2 GESTIÓN ADMINISTRATIVA DEL MANTENIMIENTO.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

## 2.3 CONCEPTUAL

### DIAGRAMA DE ISHIKAWA

#### 2.3.1 DEFINICIÓN DE DIAGRAMA DE ISHIKAWA

El diagrama Causa - Efecto es una forma descriptiva que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado se conoce también como diagrama de Ishikawa (por su creador, el Dr. Kaoru Ishikawa, 1943), ó diagrama de espina de pescado y se utiliza en las fases de diagnóstico y solución de la causa.

Su concepción conceptual al concebir su diagrama Causa - Efecto (espina de pescado de Ishikawa) se puede resumir en que cuando se realiza el análisis de un problema de cualquier índole, tienen diversas causas de distinta importancia, trascendencia o proporción.

Algunas causas pueden tener relación con la presentación u origen del problema y otras, con los efectos que este produce. Fuente: Autor.

#### 2.3.2 Para qué sirve

Para identificar y verificar todas las causas posibles de un problema y llegar a la causa o raíz o principal del mismo para reducirlo o eliminarlo, a través toda la organización se debe identificar los problemas de labor en que se trabaja y lograr que todos los participantes vayan enunciando sus sugerencias.

**La causa común.**- Variación que siempre está presente, es parte del asunto en sí mismo. Su origen puede rastrearse hacia un elemento del proceso que normalmente deberá ser decidido por el equipo administrativo o gerencial.

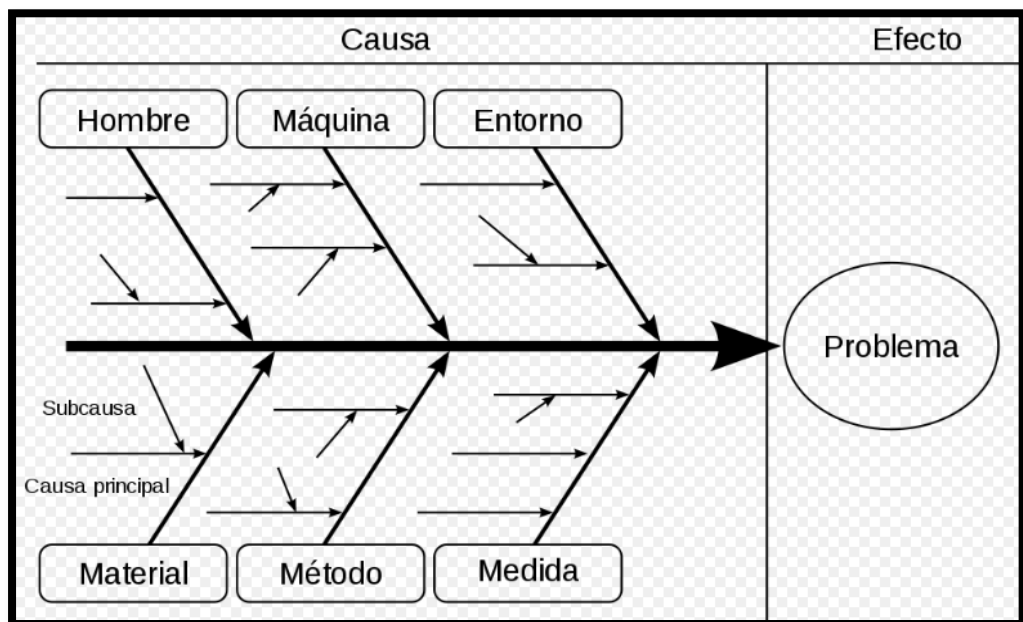
**La causa especial.**- Es una causa que se presenta como intermitente, ubicada en una sola área, relativa a un período en el año, impredecible e inestable.

Su origen normalmente se puede encontrar en un elemento del sistema que puede ser corregido localmente, lo que significa el poder ser resuelto por un empleado.

### 2.3.3 Características Principales

A continuación se citan una sucesión de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta de gestión.

**Fig. 2.3. Ejemplo de un diagrama de Ishikawa**



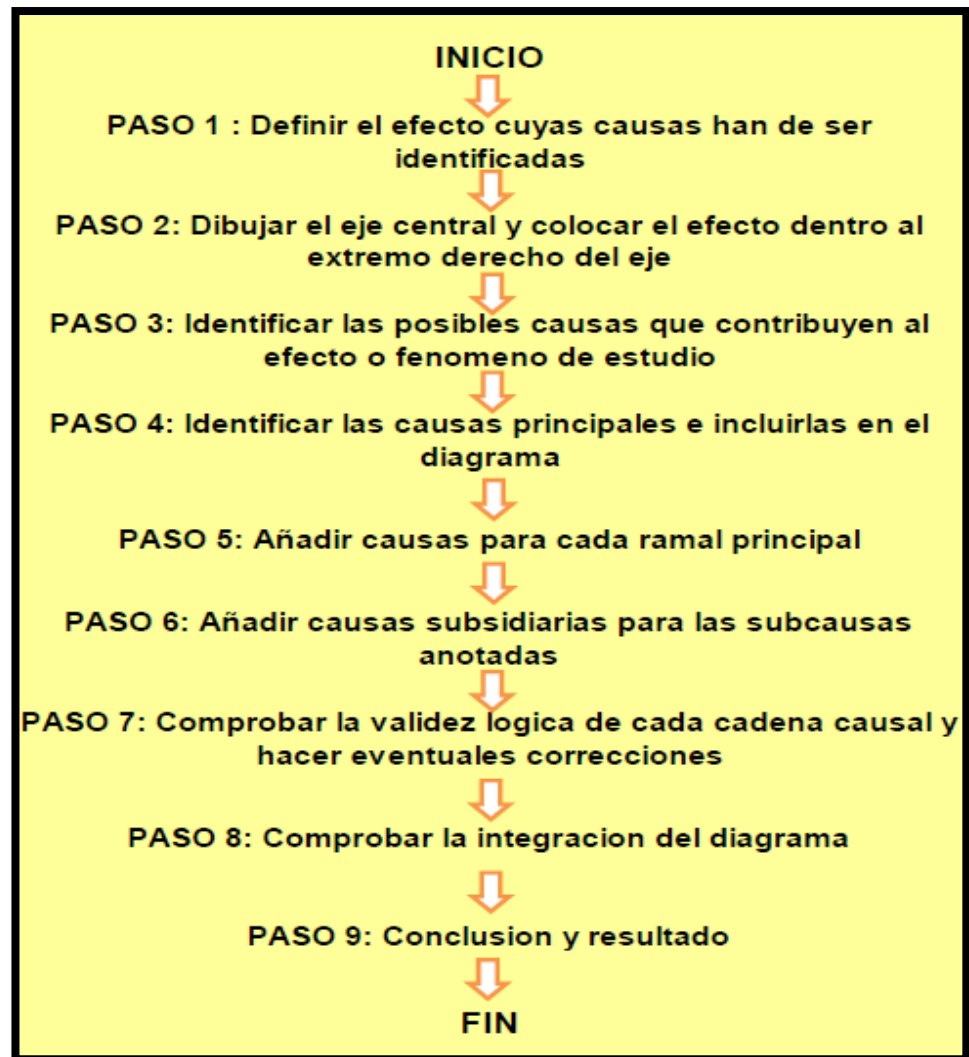
**Fuente:** Wikipedia, La enciclopedia libre.

**Impacto visual.-** Muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara, precisa y de un solo golpe de vista.

**Capacidad de comunicación.-** Muestra las posibles interrelaciones causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluso en situaciones muy complejas.

### 2.3.4 Proceso y Construcción

Fig. 2.4. Proceso de un diagrama causa – efecto.



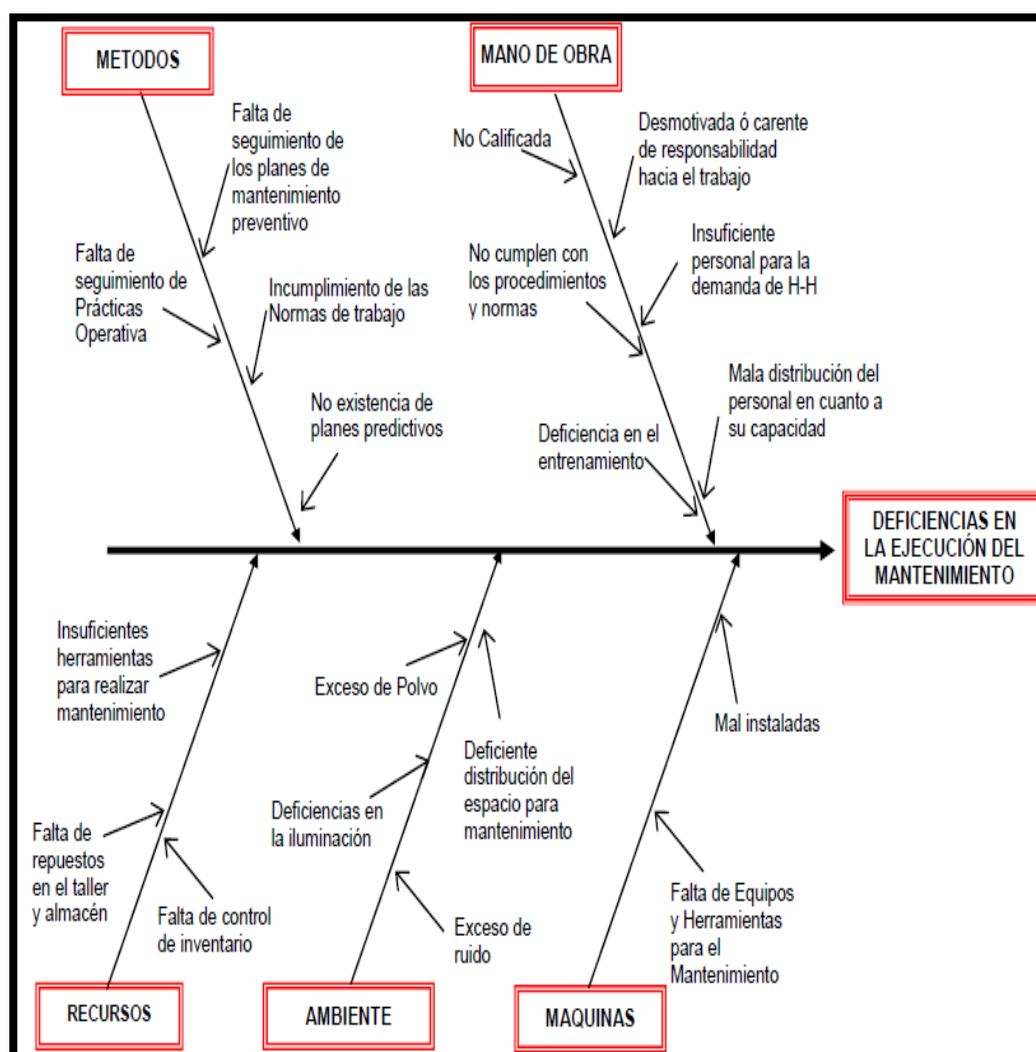
Fuente: Elaboración Propia.

### 2.3.5. Interpretación y Utilización

Un diagrama causa - efecto proporciona un conocimiento común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle. Su utilización ayuda a organizar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno pero no las identifica y no proporciona respuestas a preguntas. Por sus características principales la construcción de un diagrama de causa - efecto es muy útil cuando se quiere compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa y efecto.



**Figura N° 2.5. Diagrama Causa – Efecto de las deficiencias en la ejecución del mantenimiento en MCHPT.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Por ser una ordenación de relaciones lógicas, el diagrama de causa - efecto es una herramienta frecuentemente utilizada en los siguientes casos:

- Obtener teorías sobre relaciones de causa-efecto en un proceso lógico paso a paso.
- Obtener una estructuración lógica de muchas ideas "dispersas", como una lista de ideas resultado de una tormenta de ideas.

- En la fase de diagnóstico durante la formulación de posibles causas del problema.
- En la fase de corrección para considerar soluciones alternativas.
- Para pensar de forma sistemática sobre las posibles resistencias en la organización a la solución propuesta.

## DIAGRAMA DE PARETO

A continuación se describen los principios correspondientes al Diagrama de Pareto.

### 2.3.6 DEFINICION DE PRINCIPIO DE PARETO

El principio de Pareto asevera que en todo conjunto de elementos o factores que contribuyen a un mismo efecto, unos pocos son responsables de la mayor parte de dicho efecto.

El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Joseph Juran en honor del economista italiano Vilfredo Pareto (1848-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza.

Con esto estableció la llamada "**Ley de Pareto**" según la cual la desigualdad económica es inevitable en cualquier sociedad. Pareto observó que la gente en su sociedad se dividía naturalmente entre los "**pocos de mucho**" y los "**muchos de poco**". Observaba que el **20% de la gente tenía 80%** de poder político y la abundancia económica, mientras que el otro **80%**, "**las masas**" **compartía el 20%** restante de la riqueza y tenía poca influencia política.

"La ley de Pareto" dice que el 20% de cualquier cosa producirá el 80% de los efectos, mientras que el otro 80% solo dará el 20% de los efectos. Fuente: Autor.

### **2.3.7 Definición del Análisis de Pareto.**

El estudio de Pareto es una símil cuantitativa y ordenada de elementos o componentes según su contribución a un concluyente efecto.

El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías:

Los "pocos vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "muchos triviales" (los elementos poco importantes en ella).

### **2.3.8 Características Principales**

A continuación se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.

#### **Priorización:**

Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro del grupo.

#### **Unificación de criterios:**

Enfoca y dirige los esfuerzos de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.

#### **Carácter objetivo:**

Su uso fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.

#### **Se recomienda su uso:**

- Para identificar oportunidades para mejorar.
- Para identificar un producto o servicio para el análisis para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática.
- Para analizar las diferentes agrupaciones de datos.

- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después).
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

### **¿Cuándo se utiliza?**

- Al identificar un producto o servicio para el análisis, para mejorar la calidad.
- Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problema o causas de una forma sistemática.
- Al identificar oportunidades para mejorar.
- Al analizar las diferentes agrupaciones de datos (ejm: por producto, por segmento, del mercado, área geográfica, etc).
- Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones.
- Al evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso (antes y después.)
- Cuando los datos puedan clasificarse en categorías.
- Cuando el rango de cada categoría es importante.

### **2.3.9 Tabla y diagrama de Pareto**

**Características principales de la tabla y diagrama de Pareto:**  
**“Herramientas para la toma de decisiones”.**

#### **Simplicidad:**

Tanto la tabla como el diagrama de Pareto no requieren cálculos complejos ni técnicas sofisticadas de representación gráfica.

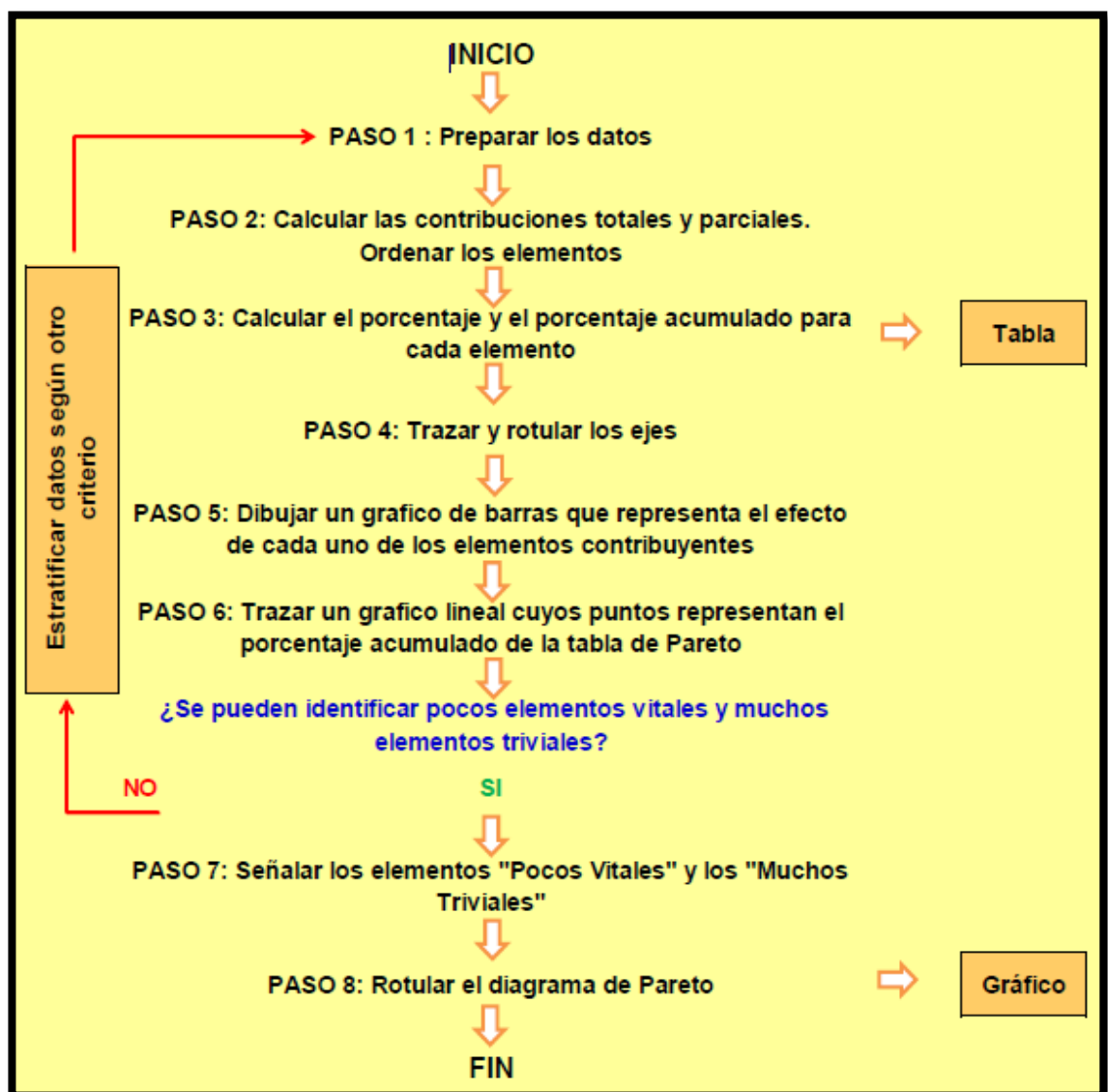
### Impacto visual:

El diagrama de Pareto comunica de forma clara y evidente el resultado del análisis de comparación y priorización.

### 2.3.10 Proceso del diagrama de Pareto

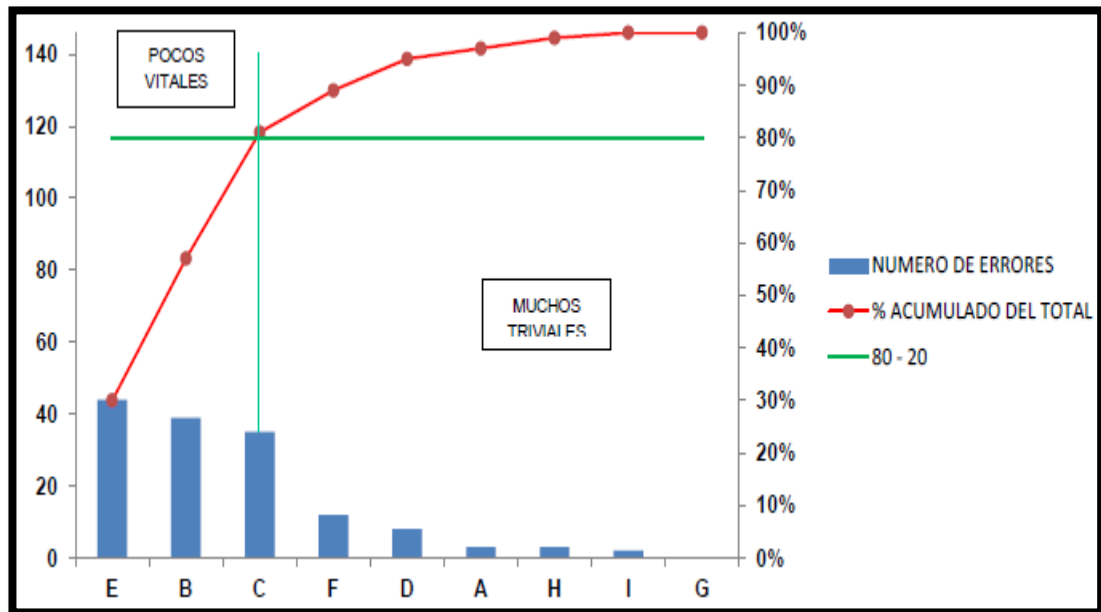
**Diagrama de flujo:** Para la construcción de la tabla y diagrama de Pareto podemos realizarlo mediante el siguiente diagrama de flujo.

**Figura Nº 2.6. Proceso para el diagrama de Pareto**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Figura N° 2.7. DIAGRAMA DE PARETO



Fuente: Elaboración Propia.

## 2.4 DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

### 2.4.1 INDICADORES DE GESTION

La medición del rendimiento es uno de los factores claves dentro del sistema de gestión de cualquier organización. En el ámbito de la gestión del mantenimiento industrial, garantizar que las actividades de un plan de mantenimiento industrial hayan sido ejecutados dado los resultados esperados es una cuestión crucial.

Esto se puede facilitar mediante el uso efectivo de indicadores de gestión de mantenimiento o indicadores claves de rendimiento (KPI), rigurosamente definidos que puedan medir aspectos importantes durante todo el proceso de mantenimiento. Los **KPI** se pueden definir como un conjunto de métricas que reflejan el rendimiento de todas las operaciones, como la eficiencia, la disponibilidad o la mantenibilidad. A continuación, se muestran los principales

principales conceptos de guías de administración de mantenibilidad, según tecnólogos de ingeniería de mantenimiento:

“Un **indicador de mantenimiento** es un parámetro que permite medir o cuantificar el comportamiento de una variable de mantenimiento. Su control puede detectar las desviaciones, con respecto a los objetivos trazados, tomar decisiones y realizar las acciones correctivas correspondientes”. (TECSUP, 2015: 08).

“La **disponibilidad** es la probabilidad de que un sistema o equipo que es utilizado bajo ciertas condiciones específicas; sin tomar en cuenta el mantenimiento programado o preventivo, opere satisfactoriamente en un tiempo especificado”. (TECSUP, 2015: 10).

“La **mantenibilidad** es la probabilidad de que un sistema que se encuentra en estado de falla sea restaurado a condiciones operacionales satisfactorias, en un tiempo de indisponibilidad especificado, excluyendo los tumos muertos”. (TECSUP, 2015: 10).

“La efectividad es la probabilidad de que una línea de producción, pueda alcanzar una disponibilidad operacional dentro de un período de tiempo especificado y bajo condiciones de operaciones dadas”. (TECSUP, 2015: 11).

#### 2.4.2 COSTOS DE MANTENIBILIDAD

El costo de las reparaciones es una parte más del precio final del producto, independientemente de la buena o mala gestión del mantenimiento, siempre será un gasto que debemos de asumir.

El costo integral de mantenimiento tiene en cuenta todos los factores relacionados con una avería y no solo los directamente

relacionados con el mantenimiento. El costo del mantenimiento debe ser lo más bajo posible. Asimismo el costo integral de mantenimiento es igual a la sumatoria de los costes fijos, variables, financieros y de fallo. Fuente: Autor.

### **2.4.3 INDICES DE OPERACIÓN RELACIONADOS AL MANTENIMIENTO EN MINERIA**

De modo genérico y en función de su representatividad y contenido, estos índices operacionales mineros se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

#### **Índices mecánicos.-**

Los que informan sobre la disponibilidad mecánica o física de los equipos e instalaciones y sus rendimientos o producciones por unidad de tiempo, todos registrados y cuantificados por el área de mantenimiento en la unidad minera. Fuente: Autor.

#### **Índices mineros.-**

Los que muestran las relaciones y/o proporciones que toma la materia prima mineral y sus leyes al fluir por las distintas etapas del proceso de extracción y beneficio (ejemplo: razón estéril/mineral). Fuente: Autor.

#### **Índices de resultados.-**

Los que indican logros planeados y reales para el período reportado (por ejemplo toneladas de concentrado de Cobre y Au al mes). Limitándonos a nuestro tema, solo abordaremos los índices mecánicos, los cuales provienen de la información obtenida por un sistema desarrollado y aplicado, a objeto de lograr la optimización de los siguientes aspectos relacionados con equipos e instalaciones:

- Uso, funcionamiento y operación.
- Mantenibilidad electro-mecánica.



- Reemplazo oportuno y adecuado.

**“La optimización debe entenderse como máxima disponibilidad operativa y rendimiento al mínimo costo de inversión, operación y mantención”.**

#### **2.4.4 TIEMPOS DE OPERACIÓN MINERA**

A continuación se muestran las igualdades de los tiempos de operación minera y los conceptos de tiempos de operación minera.

##### **FORMULAS DE TIEMPOS DE OPERACIÓN MINERA**

$$\begin{aligned} \mathbf{TCR} &= \mathbf{HH} + \mathbf{HIN} \\ \mathbf{HH} &= \mathbf{HOP} + \mathbf{HMT} + \mathbf{HRE} \\ \mathbf{HOP} &= \mathbf{HEF} + \mathbf{HPE} \end{aligned}$$

**Fuente:** Elaboración Propia.

##### ➤ **Tiempo cronológico o calendario (TCR)**

Son las horas correspondientes al tiempo calendario natural como días, meses, años, y se divide en dos tiempos que corresponden a:

- Tiempo hábil
- Tiempo Inhábil.

##### ➤ **Tiempo hábil u horas hábiles (HH)**

Son las horas en que el equipo está en actividad productiva y/o en tareas de mantención de sus elementos de producción y/o reserva.

- Operación
- Mantención

- Reserva

➤ **Tiempo inhábil u horas inhábiles (HIN)**

Son las horas en que el equipo suspende sus actividades productivas y/o mantención de sus elementos y/o infraestructura por razones como:

**Paralizaciones programadas:** domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones etc.

**Imprevistos:** originadas y obligadas por causas naturales como lluvias, temblores, nieve, etc., u otras ajenas al control de la faena como la falta de energía eléctrica, atrasos en la llegada del transporte de personal, ausentismo colectivo por epidemias.

Cuando en horas o tiempo programado como inhábil un equipo o instalación es operado y/o sometido a mantención y/o reparación, el tiempo real es computado como tiempo hábil y clasificado en una de sus tres condiciones.

➤ **Tiempo de operación u horas de operación (HOP)**

Son las horas en que el equipo se encuentra entregado a su(s) operador(es), en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado.

**Este tiempo se divide en:**

- **Tiempo efectivo u horas efectivas (HEF):** Son las horas en que la unidad de equipo o instalación, está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño.

- **Tiempo de pérdida operacional u horas de perdidas (HPE):**  
Son las horas en que la unidad de equipo o instalación, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño, a cargo de su(s) operador(es) y con una tarea asignada, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento intrínseco, como son esperas de equipo complementario y en general por razones originadas en la coordinación de operaciones.

➤ **Tiempo de mantenimiento u horas de mantencion (HMT)**

Son las horas hábiles comprendidas desde el momento que el equipo o instalación no es operable en su función objetiva o de diseño por defecto o falla en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregado a reparación y/o mantención, hasta que ha terminado dicha mantención y/o reparación y el equipo está en su área de trabajo en condiciones físicas de operación normal.

➤ **Tiempo de reserva u horas de reserva (HRE)**

Son las horas hábiles en que el equipo estando en condiciones electromecánicas de cumplir su función u objetivo de diseño, no lo realiza por motivos originados en una o mas de las siguientes razones:

- Falta de operador ( si es una hora de colocación se toma como tiempo inhábil, si el equipo sigue funcionando y hay cambio de operador se considera tiempo de operación).
- No requerir un plan de trabajo.
- Área de función restringida.

Fig. 2.8 DEFINICIONES DE TIEMPOS DE OPERACIÓN MINERA

<b>TIEMPO CRONOLOGICO (TCR)</b> Son las horas correspondientes al tiempo calendario como días, meses, años			
<b>TIEMPO HABIL (HH)</b> Son las horas en las que el equipo está en actividad productiva, tareas de mantenimiento y horas de reserva			<b>TIEMPO INHABIL (HIN)</b> Son las horas en que el equipo suspende sus actividades productivas o de mantenimiento de sus elementos por razones como:
<b>HORAS OPERACIONALES (HOP)</b> Son las horas en que el equipo se encuentra entregado a su o sus operadores, en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo o función de diseño y con una tarea o cometido asignado.	<b>HORAS DE MANTENIMIENTO (HMT)</b> Son las horas comprendidas desde el momento que el equipo no es operable en su función o diseño por fallas en sus sistemas electromecánicos o por haber sido entregado para un mantenimiento hasta terminarlo y retorne a su área de trabajo o estacionamiento en condiciones normales de operación. El tiempo de mantenimiento se divide en:	<b>HORAS DE RESERVA (HRE)</b> Son las horas en las que el equipo estando en condiciones electromecánicas de cumplir su función u objetivo de diseño, no lo realiza por motivos originados en una o más de las siguientes razones:	- Paralizaciones programadas: domingos, festivos, vacaciones colectivas, colaciones etc.  - Imprevistos: Originadas y obligadas por causas naturales como lluvias, temblores, nieve, etc., u otras ajenas al control de la faena como la falta de energía eléctrica, atrasos en la llegada del transporte de personal, ausentismo colectivo por epidemias.  Cuando en horas programadas como inhábiles y un equipo es operado o sometido a mantenimiento, el tiempo real se toma como tiempo hábil y clasificado en una de sus tres condiciones.
<b>HORAS OPERACIONALES EFECTIVAS (HEF)</b> Son las horas en las que el equipo está funcionando y cumpliendo su objetivo de diseño	<b>HORAS DE PERDIDAS OPERACIONALES (HPE)</b> Son las horas en las que el equipo, estando en condiciones electromecánicas de cumplir su objetivo de diseño, a cargo de su o sus operadores y con una tarea asignada, no puede realizarla por motivos ajenos a su funcionamiento, en general por razones originadas en la coordinación de operaciones.	- Falta de operador (si es en la hora de colación se toma como tiempo inhábil, si el equipo sigue funcionando y hay cambio de operador se considera tiempo de operación). - Falta de un equipo complementario o accesorio. - No requerir un plan de trabajo. - Area de función restringida.	

Fuente: Tecsup, 2015: 06. Índices de Operación. [Diapositivas de PowerPoint].

#### 2.4.5 ÍNDICES OPERACIONALES

- **Disponibilidad mecánica.** - Es la fracción del total de horas hábiles, expresada en porcentaje, en la cual el equipo se encuentra en condiciones físicas de cumplir su objetivo de diseño. Fuente: Autor.

$$DM = \frac{(HH - HMT) \times 100 \%}{HH} = \frac{(HEF + HPE + HRE) \times 100\%}{(HEF + HPE + HMT + HRE)}$$

Este indicador es directamente proporcional a la calidad del equipo y a la eficiencia de su mantención y/o reparación, e inversamente proporcional a su antigüedad y a las condiciones adversas existentes en su operación y/o manejo.

- **Utilización efectiva.** - Es la fracción del tiempo, expresada en porcentaje, en la cual el equipo es operado y cumpliendo su objetivo de diseño.

$$UE = \frac{HEF \times 100}{(HOP + HRE)} \% = \frac{HEF \times 100}{(HEF + HPE + HRE)} \%$$

Es directamente proporcional a la demanda o necesidad de la operación de utilizar el equipo, e inversamente proporcional a su disponibilidad física y a su rendimiento.  
Fuente: Autor.

- **Rendimiento operativo.** - Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo por cada unidad de tiempo de operación.

$$R = \frac{\text{UNIDADES DE PRODUCCIÓN PROMEDIO}}{\text{UNIDAD DE TIEMPO DE OPERACIÓN}}$$

Es directamente proporcional a la velocidad de producción del equipo e inversamente proporcional al tiempo de pérdida.

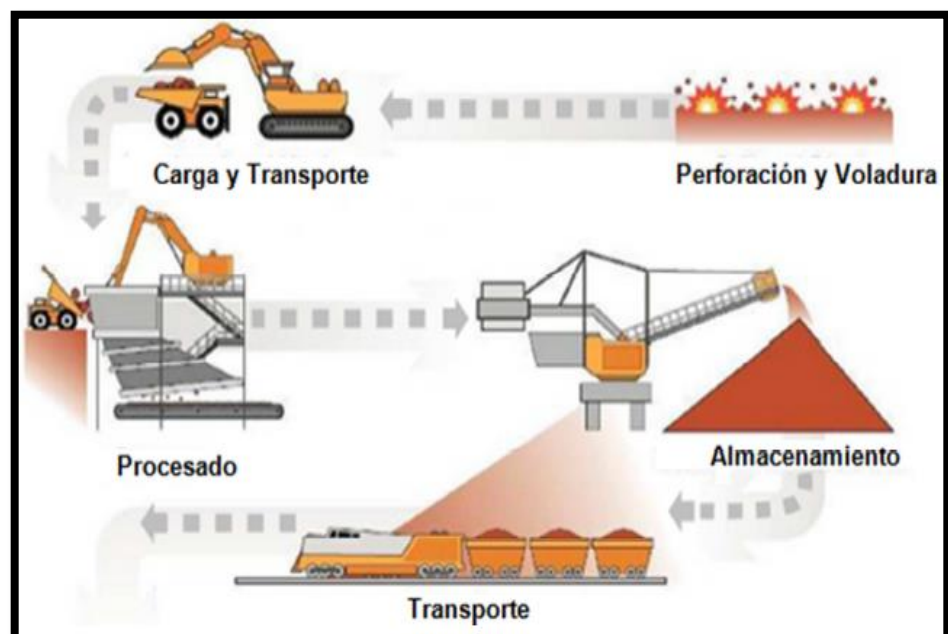
- **Rendimiento efectivo.** - Es el promedio de unidades de producción realizadas por el equipo en cada unidad de tiempo efectivo de operación.

$$r = \frac{\text{UNIDADES DE PRODUCCIÓN PROMEDIO}}{\text{UNIDAD DE TIEMPO EFECTIVO DE OPERACIÓN}}$$

Teóricamente este valor debería ser el de diseño para el equipo, pero es alterado por las características físicas de donde se aplica su función, el medio ambiente, condiciones físicas del equipo y por las técnicas de su utilización.

Con estos índices podemos llevar un control en el transcurso de la vida de cualquier equipo, de por sí solos cada índice no representa una herramienta útil para dar solución a problemas o detectar causas de problemas, se deberán analizar para poder enfocar cualquier tipo de investigación al respecto, y el éxito de ello dependerá directamente de la calidad de la información obtenida para el cálculo de cada uno de ellos, es decir solo nos serán de utilidad si es que han sido medidos con claridad, comprobables, constancia y responsabilidad. Fuente: Autor.

**Figura N° 2.9 – Fases de explotación en mina a tajo abierto.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

### **III. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

#### **3.1 HIPÓTESIS**

##### **3.1.1 HIPÓTESIS GENERAL**

- El plan de mantenimiento de los equipos pesados de la Minera Chinalco mejorará la disponibilidad y reducirá las paradas imprevistas incrementando la productividad y rentabilidad de la empresa minera.

##### **3.1.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- La mayor eficacia del mantenimiento mejorará la confiabilidad y disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la Unidad Minera Chinalco.
- Que, con el estudio y análisis de las herramientas estratégicas de confiabilidad del plan de mantenimiento se logrará incrementar la producción y la capacidad de procesamiento de la planta minera.

#### **3.2 DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE VARIABLES**

##### **3.2.1 VARIABLE INDEPENDIENTE**

- Plan de mantenimiento preventivo.

##### **3.2.2 VARIABLES DEPENDIENTES**

- Disponibilidad de maquinaria pesada.
- Nivel de influencia del plan de mantenimiento.

### 3.2.3 INDICADORES

- **Confiabilidad**
- **KPIs** (Indicadores claves de desempeño – Herramienta estratégica de confiabilidad).
- **Mantenibilidad**

### 3.3 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

**Tabla 3.1 Definición operacional de las variables**

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	TECNICA	METODO
<b>Plan de Mantenimiento Preventivo</b>	Análisis por tipo de falla	Confiabilidad	<b>RECOPIACION DE LA INFORMACIÓN</b>	<b>CUANTITATIVO</b>
	Índices Operacionales	<b>KPIs</b> (Índices claves de desempeño)		
	Programación de planes de mantenimiento (SAP PM, Excel)	Mantenibilidad		
<b>Disponibilidad de maquinaria pesada</b>	Horas de Perdidas Operacionales (TO)	Tiempo de demoras por tipo de fallas		
	Horas de Reserva (TOR)	Tiempo en vacío, reducción de velocidad y paradas cortas		
	Horas de Mantenimiento (TC)	Tiempo de demoras de mantenimiento		

**Fuente:** Elaboración Propia.



#### **IV. DISEÑO METODOLOGICO**

En el presente capítulo se describe la metodología que se utilizó para la recolección, procesamiento, análisis e interpretación de la información y los datos numéricos en el desarrollo de este estudio.

##### **4.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se realizó como una investigación no experimental de tipo **descriptivo**-evaluativo. Es no experimental debido a que no existió manipulación en forma deliberada de la variable independiente, simplemente se procedió a realizar observaciones de situaciones ya existentes. Es de carácter DESCRIPTIVO, porque permitió describir y conocer el funcionamiento cada uno de los equipos pesados que conforman la flota de la Gerencia General de Operaciones y evaluativo dado que uno de sus objetivos consistió en determinar la factibilidad de un plan de mantenimiento preventivo que mejore la operatividad de los equipos o maquinaria pesada para incrementar la productividad de estos. El estudio desarrollado trata de analizar los indicadores clave de desempeño de la maquinaria pesada en estudio KPIs (disponibilidad mecánica, utilización efectiva, rendimiento operativo y rendimiento efectivo), en un estado inicial, y compararlos con los KPIs optimizados, luego de haber identificado, analizado, formulando y resuelto problemas con las herramientas de análisis (diagrama de causa - efecto y diagrama de Pareto) en la UNIDAD MINERA CHINALCO – PROYECTO TOROMOCHO.

##### **4.2. METODO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

Esta investigación corresponde a un diseño de campo y documental. De campo, porque se basó en visitas al área de trabajo para obtener datos e información y observar directamente el grupo o fenómeno estudiado, Documental debido a que la información fue extraída de

registros, manuales y catálogos suministrados por lo proveedores; además de la revisión de trabajos anteriores. La **INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA**, su objetivo: describir el estado, las características, factores y procedimientos presentes en fenómenos y hechos que ocurren en forma natural, sin explicar las relaciones que se identifiquen.

#### **4.3. POBLACIÓN Y MUESTRA**

Para efectos del presente estudio se consideraran las definiciones de población y muestra establecidas por **WEIERS (1989)** el cual afirma que la población “es el total de elementos sobre el cual queremos hacer una inferencia basándonos en la información relativa o la muestra”. Y la muestra “la define como la parte de la población que seleccionamos, medimos y observamos”. La población estuvo integrada por todos los treinta y seis (36) equipos pesados de la Gerencia General de Operaciones de Minera Chinalco – Proyecto Toromocho y de esos equipos se estudiarán los tiempos de operación y mantenimiento así como también los sistemas: red de potencia, hidráulico y motor diésel. Significando que se tomó los equipos más críticos de los tipos de Equipo de Perforación, Equipos de Carguío y Equipos de Acarreo pertenecientes a MINERA CHINALCO siendo la muestra de seis (06) equipos pesados, lo cual corresponde la muestra en estudio de los Equipos pertenecientes al taller N° 2 de Equipos Pesados de MCHPT.

#### **4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Para diseñar el plan de mantenimiento predictivo de los equipos pesados de la Gerencia General de Operaciones de Minera Chinalco – Proyecto Toromocho, se empleó la técnica de **RECOPIACION DE LA INFORMACIÓN** cuyos instrumentos comprenden:

#### **4.4.1. OBSERVACIÓN DIRECTA**

La observación directa permitió conocer e identificar cada una de las actividades, tecnología, metodologías y procedimientos de mantenimiento realizados en el Taller de Equipos Pesados de la Gerencia General de Operaciones de Minera Chinalco – Proyecto Toromocho.

#### **4.4.2. ENTREVISTAS**

Se realizaron entrevistas a los supervisores de mantenimiento y personal que labora en el Taller de Equipos Pesados con la finalidad de obtener una información no sesgada, precisa y detallada acerca de las fallas, tiempos de operaciones en mina, labores de mantenimiento y funcionamiento de los equipos, por medio de una serie de preguntas abiertas y aleatorias surgidas de las necesidades pertinentes a dudas o temas específicos, que permitieron realizar un diagnóstico de la situación actual.

#### **4.4.3. TRABAJO DE CAMPO**

El objetivo de estos trabajos es mejorar el ciclo de operación de los equipos de perforación carguío y acarreo para incrementar la productividad de estos. El estudio desarrollado trata de analizar los indicadores clave de desempeño de los equipos de perforación KPIs (disponibilidad mecánica, utilización efectiva, rendimiento operativo y rendimiento efectivo), en un estado inicial, y compararlos con los KPIs optimizados, luego de haber identificado, analizado, formulando y resuelto problemas con las herramientas de análisis (diagrama de causa - efecto y diagrama de Pareto) en la unidad minera Chinalco – Proyecto Toromocho.

Asimismo, se elaboró un formato para la toma detallada de tiempos, en el cual se registro el tiempo empleado de cada una de las actividades

realizadas por los equipos de perforación carguío y acarreo desde el comienzo hasta el final de cada turno.

La toma de tiempos se realizó en el turno día debido a que los practicantes que realizaron la toma de tiempos no cuentan con la autorización para ingresar a todas las labores de producción en el turno noche.

#### **4.4.4 TRABAJO DE GABINETE**

Para el presente estudio y análisis se tomará en cuenta los índices operacionales cuantificados del año anterior al estudio de los equipos de perforación.

Limitándonos a nuestro tema, solo abordaremos la disponibilidad mecánica (DM), la utilización efectiva (UE), rendimiento operativo (R), rendimiento efectivo (r), conceptos que ya fueron definidos en los capítulos anteriores.

**La optimización debe entenderse como máxima disponibilidad operativa y utilización al mínimo costo.**

#### **4.4.5 REVISIÓN DE MATERIAL BIBLIOGRÁFICO**

La revisión de material bibliográfico incluye la revisión de: Registros de tiempos operacionales, parte diario de mantenimiento, manuales y catálogos suministrados por los proveedores, la revisión de textos de consulta e informes de pasantía con el fin de complementar los fundamentos teóricos del presente informe, la consulta a referencias electrónicas (Intranet de Minera Chinalco y Internet) y la revisión de planes de mantenimiento realizados a equipos similares, los cuales contribuyeron a complementar la información y sustentar teóricamente la propuesta.

#### **4.4.6 PAQUETES COMPUTARIZADOS Y SISTEMAS INFORMATICOS**

Para el desarrollo, obtención, codificación de los datos, así como la estructuración formal del proyecto de grado, se utilizaron como apoyo los módulos y sistemas informáticos como SAP PM así como también los paquetes computarizados básicos como Word, Power Point y Excel. Significando que para planificar los recursos empresariales que permiten la integración de las operaciones de una empresa que tiene que ver con la producción no es necesario utilizar un sistema informático de complejidad como el SAP PM (Mantenimiento de Planta), toda vez que a través de los paquetes computarizados básicos podemos gestionar la mantenibilidad eficientemente para trabajar con la máxima productividad y rentabilidad, haciendo uso del Módulo Excel Empresarial. Siendo Excel la herramienta perfecta para conocer la evolución de la empresa minera mediante gráficas y análisis de datos. Asimismo el sistema informático integrado de gestión empresarial SAP (Sistemas, Aplicaciones y Productos) es una compañía de software que ofrece una línea completa de soluciones de software de negocios. El software de SAP permite a las empresas optimizar y simplificar sus modelos de negocio. El módulo PM (por sus iniciales en inglés) significa Mantenimiento de Planta y corresponde al módulo del software SAP que se utiliza para agilizar las plantas y los entornos de las plantas.

#### **4.5. ANALISIS Y PROCESAMIENTO DE DATOS**

El método de investigación aplicado es CUANTITATIVO toda vez que los procedimientos del plan de mantenimiento propuesto, se basan en la utilización de los números para analizar, investigar y comprobar tanto información como datos.

Para poder cumplir con los objetivos planteados en este estudio se realizaron una serie de pasos que permitieron la obtención de la

información necesaria para la realización del plan de mantenimiento preventivo, estos procedimientos son los siguientes:

- 4.5.1 Primeramente se recolectaron información técnica de los tiempos de operaciones en mina, tiempos de mantenimiento e información técnica de sistemas de maquinaria pesada tales como: hidráulicos, red de potencia y motor diesel de los equipos pesados de la Gerencia General de Operaciones de Minera Chinalco – Proyecto Toromocho, desde la lógica de funcionamiento hasta el despiece de sus componentes.
- 4.5.2 Se investigaron los tipos de mantenimiento predictivo que se están efectuando en equipos pesados similares utilizados en otras empresas mineras instaladas en nuestro país.
- 4.5.3 Se analizó la disponibilidad y confiabilidad de los equipos pesados a través de los Diagrama de Pareto y Diagrama de Causa Efecto (ISHIKAWA).
- 4.5.4 Se analizó la criticidad de los equipos de perforación, carguio y acarreo (equipos en estudio).
- 4.5.5 Se realizó un análisis de disponibilidad en función de los tiempos de operación en mina y de las fallas y demoras presentadas por los equipos.
- 4.5.6 Se identificaron el conjunto de variables operacionales que intervienen en el funcionamiento de los equipos, resumida a través de una matriz de variables.
- 4.5.7 Se determinó la factibilidad de la realización de un plan de mantenimiento preventivo basado en el análisis de fluidos a los equipos pesados.

- 4.5.8 Se determinó a cuales equipos se les puede establecer un programa de mantenimiento predictivo, en términos de factibilidad.
- 4.5.9 Se fijaron para cada sistema estudiado, los valores límites y normales de aceptabilidad de las características o variables que se miden con el monitoreo.
- 4.5.10 Se crearon los estándar de inspección de los equipos en estudio con base en la matriz de variables que intervienen en el proceso, determinando la frecuencia óptima de inspección considerando la criticidad de la maquina, disponibilidad, diseño, funcionamiento y analisis de fallas.
- 4.5.11 Se definió las inspecciones rutinarias y especiales de los equipos, y se diseñaron los formatos de inspección tanto administrativos como de recolección de datos de campo en función a los tiempos operacionales en mina.
- 4.5.12 Se diseñó el plan de mantenimiento preventivo de los equipos en estudio.

#### **4.6 LUGAR DE ESTUDIO Y ESTRUCTURA ORGANIZATIVA.**

El Proyecto Toromocho consiste en una mina de tajo abierto con reservas de cobre y molibdeno, localizada en la parte central de los Andes del Perú; en el distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín. Se ubica a 4,500 m.s.n.m. al este de Lima, el proyecto está localizado en un área que cuenta con una larga historia de operaciones mineras y que ha sido activamente explorada desde los años 60 por Cerro de Pasco Corporation, luego por Centromin y recientemente por Minera Perú Copper S.A. (ahora Minera Chinalco Perú S.A.), quien recibe la concesión de Centromin (ahora Activos Mineros) mediante un contrato de transferencia el 5 de mayo de 2008. El titular del

Proyecto Toromocho (el Proyecto) es Minera Chinalco Perú S.A. (Chinalco), de propiedad de Aluminum Corporation of China Ltd. A la fecha, las exploraciones geológicas y el planeamiento de mina han determinado que el depósito Toromocho contiene una reserva de 1 526 millones de toneladas de mineral con una ley promedio de cobre de 0,48%, una ley promedio de molibdeno de 0,019% y una ley promedio de plata de 6,88 gramos por tonelada, basado en una ley de corte de aproximadamente 0,37% de cobre.

El Proyecto prevé 32 años de operaciones de minado, durante los cuales también se realiza la producción de concentrado y almacenamiento de mineral de baja ley. Posteriormente, por un período adicional de 4 años, las operaciones estarán dirigidas al aprovechamiento del mineral de baja ley almacenado durante los primeros 32 años aproximadamente, sumando en total 36 años de operación en la propuesta inicial del Proyecto. El plan de operaciones del Proyecto contempla la extracción mineral de una mina a tajo abierto utilizando métodos convencionales de explotación, usando palas y camiones para el transporte del mineral y/o desmonte. Con una tasa de procesamiento del mineral de 117 200 t/d, la planta concentradora producirá durante los 36 años de vida de la operación un promedio de 1 838 t/d de concentrado de cobre (26,5% Cu) y 25,7 t/d de óxido de molibdeno (MoO<sub>3</sub>). Durante los primeros 10 años de la operación, la producción media es de 2 335 t/d de concentrado de cobre. El concentrado de cobre será producido a partir del mineral mediante procesos de chancado, molienda, flotación y espesamiento, mientras que la producción de óxido de molibdeno involucrará un proceso de oxidación a presión. Tanto el concentrado de cobre como el óxido de molibdeno son transportados por ferrocarril hacia el puerto de Callao. Las instalaciones del proyecto están emplazadas en las cuencas Huascacocha (Morococha), Tunshuruco y Rumichaca. La cuenca Morococha contiene el tajo abierto, el depósito de mineral de baja ley y el depósito de mineral de baja ley – suroeste, los depósitos de desmonte oeste y sureste, la chancadora primaria, el taller mecánico y la

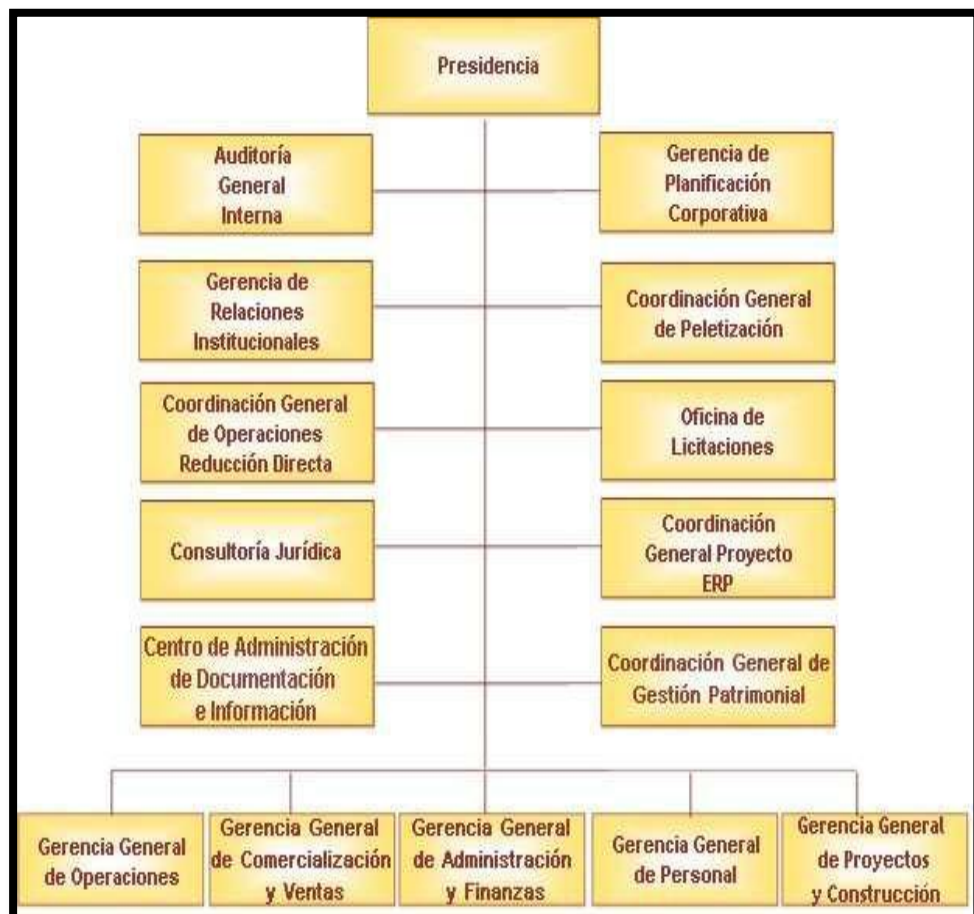


infraestructura de mantenimiento, un depósito de combustible, el edificio de administración, áreas de acopio de suelo, caminos de acarreo y caminos de acceso. Además, la cuenca Morococha contiene la actual ciudad de Morococha y las instalaciones de mina existentes y los depósitos de relaves asociados con las operaciones de Compañía Minera Argentum y Minera Austria Duvaz y otras operaciones mineras históricas.

#### 4.6.1 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE MINERA CHINALCO PERÚ S.A.

Minera Chinalco Perú S.A., cuenta con la **Estructura de Organización**, mostrada a continuación:

**Figura N° 4.1. ORGANIZACIÓN MINERA CHINALCO.**

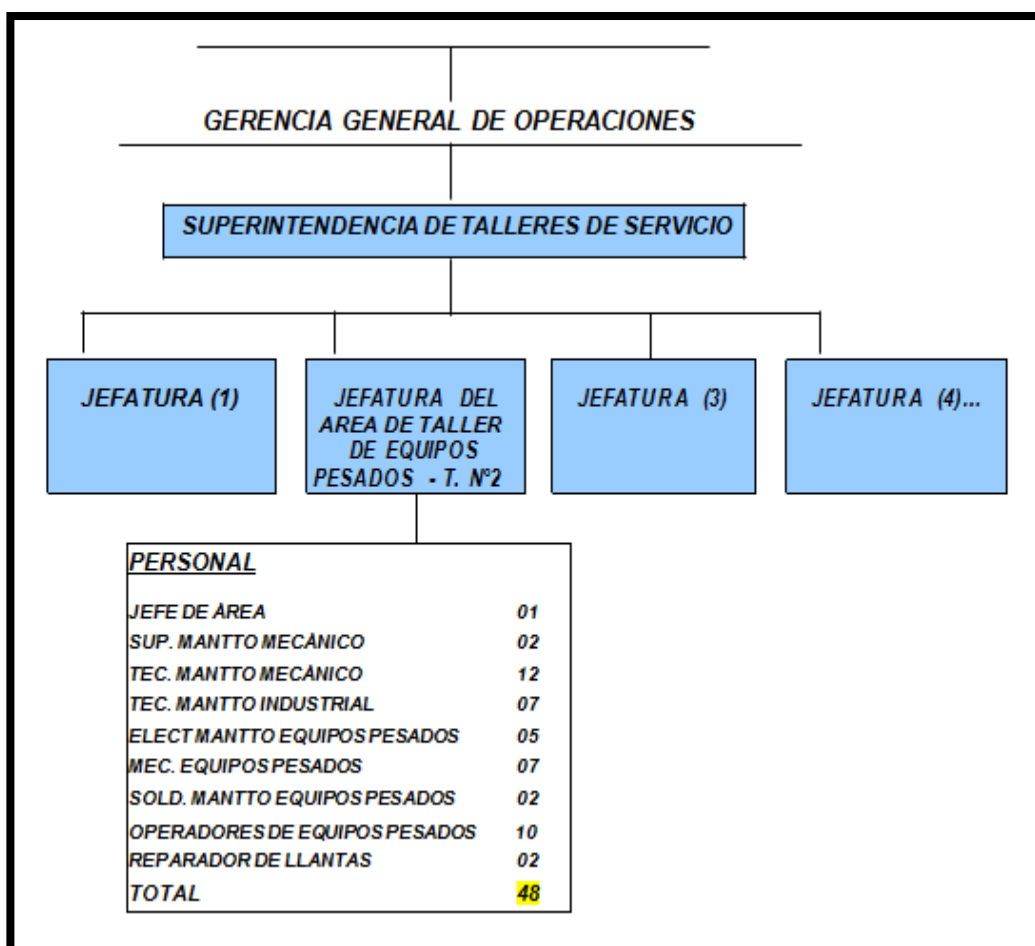


**Fuente:** Minera Chinalco - Proyecto Toromocho (MCHPT).

#### 4.6.2 IDENTIFICACIÓN DEL DEPARTAMENTO Y ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA SUPERINTENDENCIA DE TALLERES DE SERVICIO

La investigación fue desarrollada en la **Jefatura del Área de Taller de Equipos Pesados**, la cual se encuentra adscrita a la Superintendencia de Talleres de Servicio. Esta se encarga de asegurar el cumplimiento de los programas de mantenibilidad requerido a los diferentes equipos móviles pesados de la gerencia general de operaciones en mina. A continuación se muestra la Estructura organizativa de la Superintendencia de Talleres de Servicio:


Figura N° 4.2 – Jefatura del Área de Taller de Equipos Pesados



Fuente: Elaboración Propia.

## 4.7 CONTENIDO DE LA ENTREVISTA Y RESULTADO DEL NUMERO DE ENTREVISTAS


### 4.7.1 ENCUESTA DIRIGIDA AL JEFE DEL TALLER N° 2 DE LA EMPRESA MINERA CHINALCO.

MINERA CHINALCO PROYECTO TOROMOCHO			
ENCUESTA DIRIGIDA AL JEFE DE TALLER N° 2 DE LA EMPRESA MINERA CHINALCO			
NOMBRE:			
CARGO:	FECHA:		
		SI	NO
1.- Existe un plan de mantenimiento claramente definido con la efectividad estimada.			
2.- La estructura organizacional del plan de mantenimiento propuesto permite cumplir con los trabajos de una manera rápida y eficaz.			
3.- Cree Usted que sea necesario un cambio en la estructura del plan de mantenimiento actual para permitir una mejor optimización y simplificación del tiempo de trabajo.			
4.- Los mecánicos encargados del mantenimiento de la maquinaria en la empresa están preparados de una forma correcta para realizar cualquier arreglo.			
5.- Se dispone de un inventario de activos fijos actual.			
6.- El personal encargado del mantenimiento de la maquinaria en la empresa reciben una preparación constante (mejora continua).			
7.- Existe un presupuesto de costos para el mantenimiento planificado.			
8.- Ese presupuesto es suficiente para dicha actividad.			
9.- Los recursos humanos empleados para el mantenimiento de la maquinaria son suficientes.			
10.- Se encuentra con facilidad cualquier tipo de repuesto (stock).			
11.- El personal de mantenimiento cuenta con el espacio adecuado para realizar las respectivas actividades de mantenimiento.			

12.- Cuenta la empresa con un plan de mantenimiento que abarque los tipos preventivo y predictivo para la maquinaria.		
13.- Se lleva un registro de los servicios y mantenimiento que se le dan a la maquinaria y equipos pesados.		
14.- Se brindó una correcta capacitación a los mecánicos para que apliquen los procedimientos correctos para realizar la respectiva inspección de mantenibilidad.		
15.- Tiene un departamento que se encargue del abastecimiento de los repuestos JUST A TIME.		
16.- Dispone de la documentación técnica de cada máquina para la realización del mantenimiento planificado.		
17.- La empresa otorga las facilidades y recursos necesarios para la actualización en lo referente al mantenimiento de su maquinaria.		
18.- Se realiza algún tipo de evaluación al personal que labora en el departamento de mantenimiento.		
19.- Se justifica el costo de mantenimiento respecto de los resultados que se obtienen.		
20.- La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas.		
21.- Se realizan estudios de tiempo y movimientos en la realización del trabajo de mantenimiento.		
22.- El manejo de los desechos (sólidos, líquidos) de la maquinaria es el correcto para el cuidado del medio ambiente.		

**Fuente:** MCHPT, 2018.

**4.7.2 ENCUESTA DIRIGIDA A LOS MECÁNICOS DE MAQUINARIA PESADA DEL TALLER N° 2 DE LA EMP. MINERA CHINALCO.**


MINERA CHINALCO PROYECTO TOROMOCHO			
ENCUESTA DIRIGIDA A LOS MECANICOS DE MAQUINARIA PESADA			
NOMBRE:			
CARGO:	FECHA:		
		SI	NO
1.- Existe un plan de mantenimiento claramente definido para la maquinaria pesada.			
2.- Tienen acceso a información técnica (inspecciones técnicas, manuales, fichas técnicas de mantenibilidad ,etc.) para realizar su trabajo.			
3.- Reciben algún tipo de capacitación técnica (mejora continua), por parte de los proveedores de las maquinas.			
4.- El espacio fisico donde se realiza los trabajos de mantenimiento y reparación está bien distribuido (distribución de planta optima).			
5.- Cuentan con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para realizar su respectivo mantenimiento (parada de planta).			
6.- Cuenta la empresa con un programa de mantenimiento que abarque los tipos de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.			
7. La empresa cuenta con los recursos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento en todas sus máquinas JUST A TIME.			
8.- Se cuenta con un stock eficaz de repuestos para cada máquina en el momento que se da mantenimiento.			
9.- Se realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/o mecánico (calidad en el servicio de mantenimiento).			
10.- Se realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/o mecánico de maquinaria pesada.			

**Fuente:** MCHPT, 2018.

### 4.7.3. EVALUACION DE LAS ENCUESTAS REALIZADAS.

#### 4.7.3.1.- JEFE DE TALLER


Tabla Nº 4.1. RESULTADOS - ENCUESTA AL JEFE DEL TALLER

 CHINALCO	SI	NO	BLANCO	TOTAL
PREGUNTA 1	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 2	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 3	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 4	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 5	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 6	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 7	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 8	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 9	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 10	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 11	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 12	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 13	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 14	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 15	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 16	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 17	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 18	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 19	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 20	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 21	100%	0%	0%	100%
PREGUNTA 22	100%	0%	0%	100%

**Fuente:** Elaborado en base al Anuario Estadístico de Gestión de Mantenimiento de la MCHPT, 2018.

#### 4.7.3.2.- MECANICOS DE MAQUINARIA PESADA

Tabla N° 4.2. RESULTADOS - ENCUESTA A LOS MECANICOS DE MAQUINARIA PESADA.

 CHINALCO	SI	NO	BLANCO	TOTAL
PREGUNTA 1	70%	23%	7%	100%
PREGUNTA 2	77%	23%	0%	100%
PREGUNTA 3	80%	20%	0%	100%
PREGUNTA 4	80%	20%	0%	100%
PREGUNTA 5	73%	14%	13%	100%
PREGUNTA 6	78%	12%	10%	100%
PREGUNTA 7	82%	18%	0%	100%
PREGUNTA 8	82%	13%	5%	100%
PREGUNTA 9	85%	15%	0%	100%
PREGUNTA 10	85%	15%	0%	100%

**Fuente:** Elaborado en base al Anuario Estadístico de Gestión de Mantenimiento de la MCHPT, 2018.

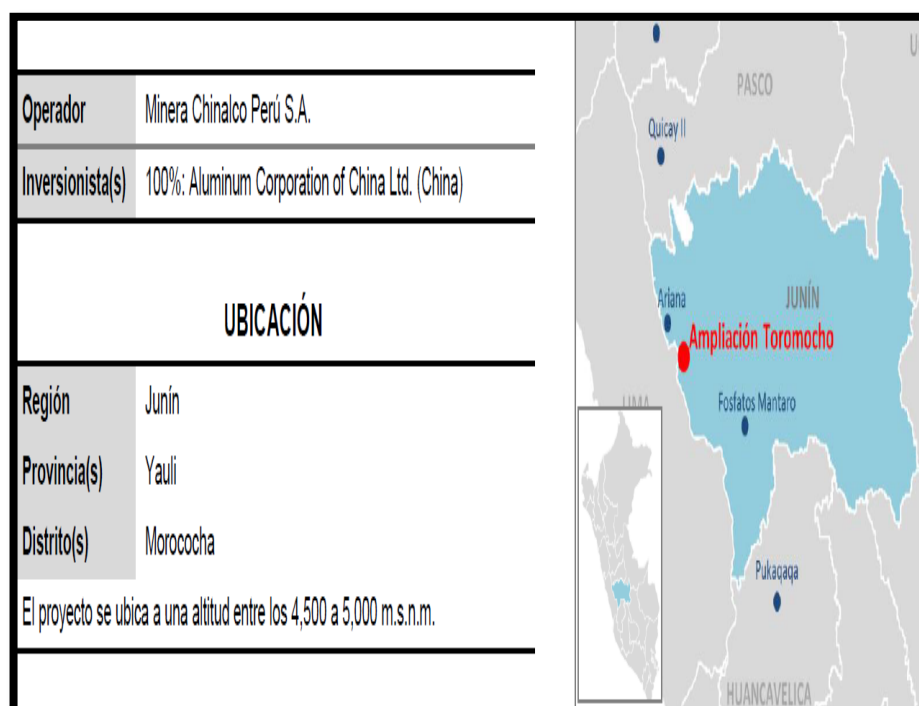
## V. RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS DE LA DISPONIBILIDAD Y MANTENIBILIDAD DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO.

#### 5.1.1 RESULTADOS DESCRIPTIVOS EN EL ESTUDIO DE LA MANTENIBILIDAD DE LOS EQUIPOS PESADOS EN LA ZONA DE TRABAJO.-

El Proyecto Toromocho está situado en los distritos de Morococha y Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín. La región en la que se encuentran las concesiones presenta una topografía accidentada, con altitudes que varían entre 4400 y 5000 m, exceptuando algunas cumbres aisladas como Yanashinga, que alcanza los 5290 m de altitud o el nevado Anticona de 5120 m de altitud.

Figura N° 5.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO



Fuente: Elaboración Propia.



El Proyecto involucra principalmente a la cuenca del río Rumichaca y a la cuenca Huascacocha, las cuales drenan hacia la cuenca del río Yauli y finalmente hacia el océano Atlántico a través de los ríos Mantaro y Amazonas.

El acceso al área del Proyecto, se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km), así como mediante el Ferrocarril Central (173 km). Ambas vías también unen la zona del Proyecto con la ciudad de La Oroya ubicada a aproximadamente 32 km por carretera y aproximadamente 35 km por ferrocarril. Los trabajos de la empresa minera se realizan siguiendo el plan de minado entregado por el departamento de planeamiento a corto plazo.

#### **5.1.2 DATOS ADICIONALES DEL PROYECTO MCHPT EN EL ANALISIS DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO**

**Fig. Nº 5.2. DATOS ADICIONALES DEL PROYECTO MCHPT**

<b>Mineralización</b>	Pórfido de cobre (Cu)
<b>Reservas minerales</b>	1,526 millones de toneladas, con leyes de 0.48% Cu, 0.019% Mo y 6.88 g/t Ag
<b>Tipo de mina</b>	Tajo abierto
<b>Vida útil de mina</b>	27 años
<b>Potencia de energía</b>	200 MW
<b>Fuente de agua</b>	Aguas superficiales y subterráneas
<b>Capacidad de planta</b>	Ampliación de 117,000 a 170,000 toneladas por día
<b>Producción anual estimada</b>	75,000 TMF de cobre (adicionales)

**Fuente:** Elaboración Propia.

En noviembre del 2016, durante la II Reunión del Mecanismo de Diálogo Estratégico sobre Cooperación Económica Perú – China, APEC 2016, Chinalco firmó un acuerdo preliminar con el gobierno peruano para **incrementar la utilidad de Toromocho** y efectuar la ampliación de la Planta Concentradora Toromocho, con el objetivo de expandir su **capacidad de procesamiento** para ello se deberá expandir la capacidad de sus depósitos de desmonte así como el desplazamiento de la tubería de transporte de relaves, **la ampliación y remodelamiento del taller de mantenimiento de mina** y optimizar la tecnológica del proceso de filtrado de concentrado entre otros aspectos. Actualmente, la empresa viene realizando gestiones a fin de acceder a unos terrenos, necesarios para el crecimiento de la operación, ubicados en la Antigua Morococha. El Taller de Equipos Pesados (Taller N° 2) de la Ampliación Toromocho le presta servicios de mantenimiento correctivo y preventivo a una flota de 36 equipos pesados, pertenecientes a la Gerencia General de Operaciones de Minera Chinalco - Proyecto Toromocho; comprendido por equipos de perforación, equipos de carguío y equipos de acarreo. Significando el análisis de la gestión de mantenimiento del taller N° 2 y el comportamiento de los equipos pesados, se procedió a estudiar separadamente (tomando relevancia los equipos más críticos de cada tipo de equipo pesado) la flota total en cada uno de sus componentes, en un período de 12 meses (del 01ENE2018 al 31DIC2018); debido a que estos, son diferentes en funcionamiento, número de partes y frecuencia de mantenimiento. Asimismo utilizaremos el Diagrama de Pareto y el Diagrama de Causa Efecto (ISHIKAWA) en el estudio estadístico de la gestión de mantenimiento del taller de equipos pesados.

## 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO

Los datos, descripciones y especificaciones técnicas de operación de los equipos en estudio se pueden apreciar en los anexos. El estudio y análisis se desarrollará en base a los siguientes equipos de minería de tajo abierto:

### 5.2.1 Equipos en estudio en la gestión de mantenimiento del taller de equipos pesados

#### a) Equipos de perforación

- a.1) Perforadora de agujeros para explosivos giratoria **MD6640 CAT** (01 UND.) ..... (VER ANEXOS)
- a.2) Perforadora de cadenas **MD5125** (02 UND.)..... (VER ANEXOS)
- a.3) Perforadora Giratoria **MD6240** (02 UND.)..... (VER ANEXOS)

#### b) Equipos de carguío

- b.1) Pala hidráulica 6060/6060 FS (4 UND.)..... (VER ANEXOS)
- b.2) Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L (2 UND.)..... (VER ANEXOS)

#### c) Equipos de acarreo (ANEXO 3)

- c.1) Camión Minero 777F (25 UND.)..... (VER ANEXOS)

### 5.2.2 Índices operacionales de los equipos y datos de los indicadores clave de desempeño de los equipos en estudio

Para el presente estudio y análisis se tomara en cuenta los índices operacionales cuantificados del año anterior al estudio de los equipos

de perforación y carguío.

Limitándonos a nuestro tema, solo abordaremos la disponibilidad mecánica (DM), la utilización efectiva (UE) y como adicional al rendimiento

operativo (R), rendimiento efectivo (r), conceptos que ya fueron definidos en los capítulos anteriores.

**La optimización debe entenderse como máxima disponibilidad operativa y utilización al mínimo costo.** Los KPIs a determinar son la disponibilidad mecánica que tienen los equipos y de acuerdo a su disponibilidad mecánica cuál es su utilización efectiva y a su vez cual es el rendimiento operativo y rendimiento efectivo (rendimiento máximo alcanzable solo en horas efectivas).

**Tabla N° 5.1. Indicadores de los equipos de perforación, 2017.**

INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN						
DESCRIPCIÓN	Perforadora de agujeros giratoria MD6640 CAT		Perforadora de cadenas MD5125 CAT #2		Perforadora giratoria MD6240 #2	
MES	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA
ENE	88.27%	51.39%	83.76%	42.10%	85.32%	50.11%
FEB	70.56%	55.46%	89.03%	38.60%	80.35%	55.20%
MAR	90.65%	37.51%	92.26%	29.82%	89.09%	43.93%
ABR	85.48%	50.72%	91.95%	38.37%	94.94%	31.96%
MAY	86.66%	49.51%	93.33%	24.26%	92.58%	46.39%
JUN	86.79%	23.86%	89.72%	26.33%	76.41%	39.56%
JUL	90.43%	20.12%	92.45%	41.58%	88.94%	41.42%
AGO	88.95%	14.22%	85.46%	36.84%	92.94%	48.85%
SEP	91.30%	14.97%	91.59%	29.95%	94.31%	26.72%
OCT	91.99%	30.90%	93.45%	33.68%	84.54%	56.79%
NOV	91.08%	23.57%	91.04%	32.29%	91.20%	44.53%
DIC	94.23%	25.72%	92.82%	36.28%	91.34%	39.97%
<b>PROMEDIO</b>	<b>88.03%</b>	<b>33.16%</b>	<b>90.57%</b>	<b>34.18%</b>	<b>88.50%</b>	<b>43.79%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N° 5.2. Indicadores de los equipos de carguío (Pala hidráulica), 2017.**

INDICADORES DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO								
DESCRIPCIÓN	Pala hidráulica 6060/6060 FS #1		Pala hidráulica 6060/6060 FS #2		Pala hidráulica 6060/6060 FS #3		Pala hidráulica 6060/6060 FS #4	
MES	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA	DISP. MECANICA	UTILIZACIÓN EFECTIVA
ENE	94.61%	71.19%	96.08%	73.27%	95.39%	80.72%	97.41%	64.61%
FEB	93.68%	79.37%	89.14%	77.70%	95.68%	82.39%	95.98%	84.40%
MAR	93.04%	52.65%	93.68%	57.21%	96.47%	61.38%	94.42%	61.23%
ABR	81.13%	58.74%	94.98%	62.46%	69.94%	69.80%	97.18%	67.26%
MAY	93.26%	71.68%	95.28%	74.17%	85.28%	76.53%	95.69%	77.19%
JUN	87.45%	78.45%	79.40%	79.52%	93.47%	77.63%	96.04%	81.01%
JUL	93.68%	74.57%	85.57%	70.72%	90.39%	79.57%	96.33%	80.56%
AGO	88.11%	72.61%	88.78%	68.42%	96.00%	70.07%	95.32%	71.26%
SEP	83.85%	75.18%	83.25%	67.09%	95.14%	71.52%	97.36%	70.16%
OCT	97.36%	73.38%	82.45%	72.08%	91.12%	75.40%	97.45%	73.02%
NOV	85.44%	67.36%	94.95%	60.13%	96.33%	68.51%	96.10%	66.29%
DIC	92.35%	69.54%	92.54%	72.20%	87.58%	68.89%	96.02%	65.96%
<b>PROMEDI</b>	<b>90.33%</b>	<b>70.39%</b>	<b>89.67%</b>	<b>69.58%</b>	<b>91.07%</b>	<b>73.53%</b>	<b>96.28%</b>	<b>71.91%</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

### **5.2.3 RESULTADOS INFERENCIALES EN LA RELACIÓN DE ACTIVIDADES Y CÁLCULO DE LOS KPIS ACTUALES QUE HAN SIDO IDENTIFICADAS, CLASIFICADAS Y CUANTIFICADAS DE LOS EQUIPOS EN ESTUDIO. -**

En el seguimiento de los equipos se identificaron diversas actividades las cuales se clasificaron haciendo uso de los tiempos de operación minera. Se realizaron cuadros y gráficos de estas actividades para tener una mejor apreciación de estas actividades cuantificadas.

### 5.2.3.1 Tiempos de las actividades y cálculo de los KPIS actuales registradas en la Perforadora de agujeros MD6640

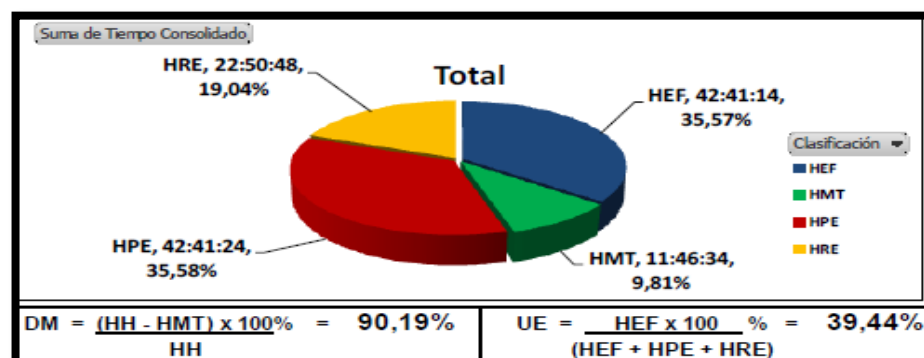
Durante la toma de tiempos de la Perforadora de agujeros MD6640, se identificaron un total de 20 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizó durante 10 días haciendo un total de 10 turnos acumulados a 01 solo equipo.

**Tabla N° 5.3. Tiempos actuales - Perforadora de agujeros MD6640 #1**

Suma de Tiempo Consolidado					
Actividad	HRE	HPE	HMT	HEF	Total general
Perforacion Negativa				15:09:06	15:09:06
Refrigerio	12:14:58				12:14:58
Cambio de Guardia	10:35:50				10:35:50
Mantenimiento en Taller			10:11:34		10:11:34
Atasco de Barras de Perforación		9:24:46			9:24:46
Voladura secundaria		9:14:04			9:14:04
Extraccion de Barras				9:10:54	9:10:54
Posicionamiento al punto de Perforacion				7:33:16	7:33:16
Espera por falta de servicios		5:34:14			5:34:14
Perforacion de Servicio				5:25:50	5:25:50
Instalacion o desinstalacion de Servicios		4:12:40			4:12:40
Check List e Inspeccion del Equipo		4:05:00			4:05:00
Inspeccion del Area de trabajo		3:29:30			3:29:30
Traslado de Equipo				2:41:26	2:41:26
Perforacion Positiva				2:40:42	2:40:42
Trabajo de Scoop		2:37:58			2:37:58
Supervision		2:12:14			2:12:14
Falla Mecanica			1:35:00		1:35:00
Topografos		1:33:50			1:33:50
Observacion de orientacion		0:17:08			0:17:08
<b>Total general</b>	<b>22:50:48</b>	<b>42:41:24</b>	<b>11:46:34</b>	<b>42:41:14</b>	<b>120:00:00</b>
	<b>19.04%</b>	<b>35.58%</b>	<b>9.81%</b>	<b>35.57%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

**Figura 5.3. Cálculo de los KPIS actuales - Perforadora de agujeros MD6640 #1**



Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.3.2 Tiempos de las actividades actuales registradas en la Perforadora de cadenas MD5125 CAT

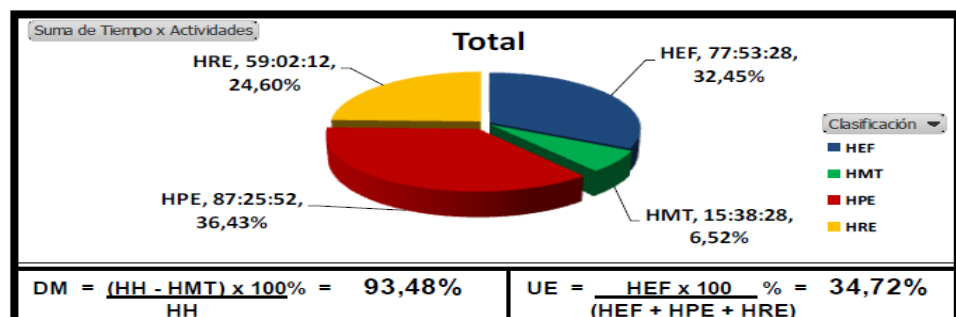
Durante la toma de tiempos de la Perforadora de agujeros para explosivos giratoria MD5125 CAT, se identificaron un total de 16 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizó durante 12 días haciendo un total de 12 turnos acumulados a 01 solo equipo.

**Tabla N° 5.4. Tiempos actuales – Perforadora de cadenas MD5125 CAT #2**

Suma de Tiempo Real	HEF	HMT	HPE	HRE	Total general
Extraccion (BA), Limpieza (TA), Pos. Brazo Refrigerio	34:54:28			32:28:08	34:54:28
Cambio de guardia				29:33:20	29:33:20
Instalacion o desinstalacion de Servicios			28:46:00		28:46:00
Traslado de Equipo	24:31:04				24:31:04
Trabajo de Scoop			23:40:44		23:40:44
Colocacion Perno de Sostenimiento	23:07:40				23:07:40
Falla Mecanica		17:25:44			17:25:44
Perforacion en frente Desarrollo	14:14:20				14:14:20
Perforacion en frente de Produccion	13:39:08				13:39:08
Espera por falta de servicios			12:11:52		12:11:52
Perforacion de Sostenimiento	8:13:16				8:13:16
Check List e Inspeccion del Equipo			8:09:40		8:09:40
Posicionamiento al punto de Perforacion	7:33:48				7:33:48
Voladura secundaria			6:21:28		6:21:28
Topografos			3:09:20		3:09:20
<b>Total general</b>	<b>126:13:44</b>	<b>17:25:44</b>	<b>82:19:04</b>	<b>62:01:28</b>	<b>288:00:00</b>
	43.83%	6.05%	28.58%	21.54%	100.00%

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

**Fig. 5.4. Cálculo de los KPIs actuales - Perforadora de cadenas MD5125 #2**



Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.3.3 Tiempos de las actividades actuales registradas en la Perforadora giratoria MD6240

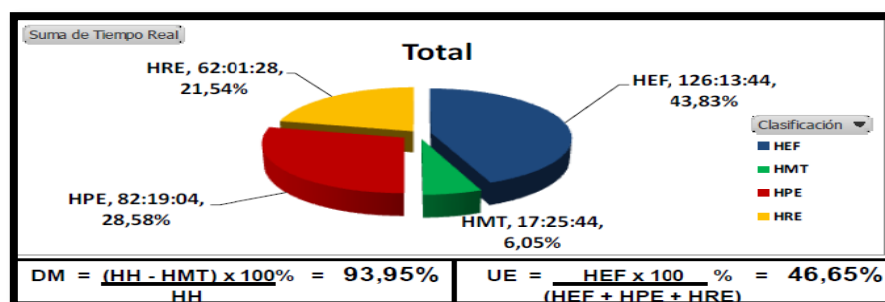
Durante la toma de tiempos de Perforadora giratoria MD6240, se identificaron un total de 17 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizo durante 10 días haciendo un total de 10 turnos acumulados a 01 equipo.

**Tabla N° 5.5 Tiempos actuales - Perforadora giratoria MD6240 #2**

Suma de Tiempo x Actividades	HEF	HMT	HPE	HRE	Total general
Perforacion Negativa	36:35:52				36:35:52
Instalacion o desinstalacion de Servicios			31:21:28		31:21:28
Cambio de Guardia				30:25:00	30:25:00
Refrigerio				28:37:12	28:37:12
Atasco de Barras de Perforación			18:09:56		18:09:56
Posicionamiento al punto de Perforacion	17:32:12				17:32:12
Extraccion de Barras	16:17:32				16:17:32
Falla Mecanica		15:38:28			15:38:28
Espera por falta de servicios			12:32:12		12:32:12
Observacion de orientacion			7:55:12		7:55:12
Traslado de Equipo	7:27:52				7:27:52
Inspeccion del Area de trabajo			6:13:40		6:13:40
Supervision			3:21:12		3:21:12
Check Liste Inspeccion del Equipo			3:20:20		3:20:20
Voladura secundaria			3:17:12		3:17:12
Combustible			0:43:04		0:43:04
Trabajos de Carguio			0:31:36		0:31:36
<b>Total general</b>	<b>77:53:28</b>	<b>15:38:28</b>	<b>87:25:52</b>	<b>59:02:12</b>	<b>240:00:00</b>
	32.45%	6.52%	36.43%	24.60%	100.00%

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

**Fig. 5.5. Cálculo de los KPIs - Perforadora giratoria MD6240 #2**



Fuente: Elaboración Propia.



### 5.2.3.4 Tiempos de las actividades actuales registradas en la Pala hidráulica 6060/6060 FS

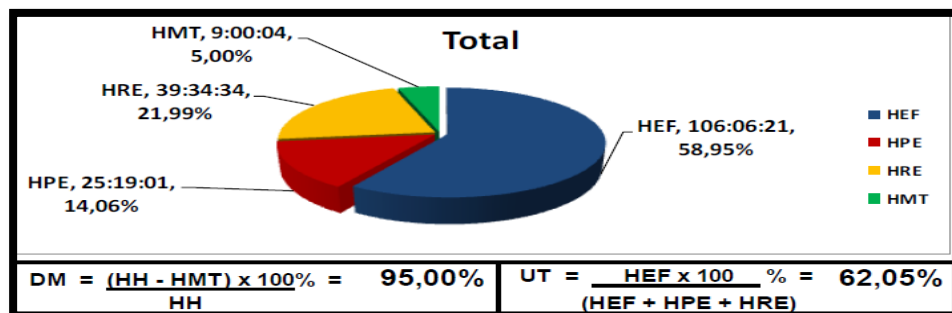
Durante la toma de tiempos de la Pala hidráulica 6060/6060 FS, se identificaron un total de 24 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizó durante 10 días haciendo un total de 10 turnos acumulados a 01 equipo.

Tabla N° 5.6. Tiempos actuales - Pala hidráulica 6060/6060 FS #2

Suma de Total Demoras	HEF	HMT	HPE	HRE	Total General
Traslado C/C	24:10:55				24:10:55
Traslado S/C	23:56:38				23:56:38
Refrigerio				21:52:18	21:52:18
Carguio	21:05:25				21:05:25
Cambio de Guardia				17:42:16	17:42:16
Falta de Frente o Labor			10:05:08		10:05:08
Mantenimiento de Vía	9:43:28				9:43:28
Mantenimiento Correctivo		9:00:04			9:00:04
Descarga	7:47:29				7:47:29
Traslado de Equipo al Refugio	7:31:58				7:31:58
Acumulacion de Material	6:38:54				6:38:54
Traslado de Equipo	4:24:25				4:24:25
Espera por falta de volquete			2:51:55		2:51:55
Transito de Otro Equipo			2:23:26		2:23:26
Abastecimiento de Combustible			2:21:33		2:21:33
Llenado de Check List y Reporte			1:49:39		1:49:39
Inspección de la Labor			1:22:46		1:22:46
Coordinación con la Supervisión			1:16:12		1:16:12
Revisión e Inspección del Equipo			1:15:44		1:15:44
Colocado de Manga de Ventilación			1:11:23		1:11:23
Espera Servicios (Reflectores)			0:41:15		0:41:15
Instalación de Accesorios y Telemando	0:25:11				0:25:11
Traslado de Materiales	0:21:58				0:21:58
<b>Total General</b>	<b>106:06:21</b>	<b>9:00:04</b>	<b>25:19:01</b>	<b>39:34:34</b>	<b>180:00:00</b>
	<b>58.95%</b>	<b>5.00%</b>	<b>14.06%</b>	<b>21.99%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

Fig.5.6. Cálculo de los KPIs actuales - Pala hidráulica 6060/6060 FS #2



Fuente: Elaboración Propia.

5.2.3.5 **Tiempos de las actividades actuales registradas en la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L**

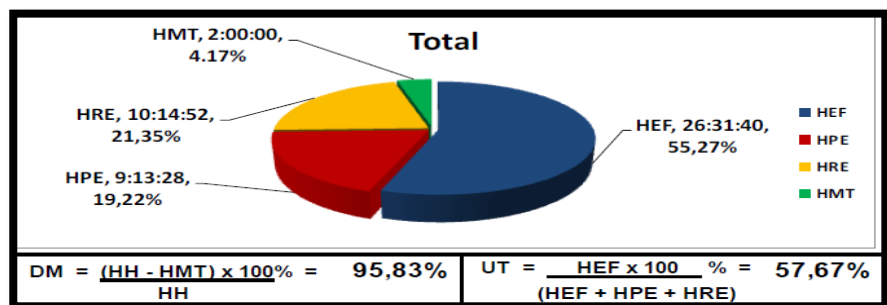
Durante la toma de tiempos de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L se identificaron un total de 23 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizó durante 2 días haciendo un total de 2 turnos acumulados a 01 equipo.

**Tabla Nº 5.7. Tiempos actuales - Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L #2**

Suma de Total Demoras					
Actividad	HEF	HPE	HRE	HMT	Total General
Traslado C/C	6:34:30				6:34:30
Traslado S/C	6:06:54				6:06:54
Refrigerio			5:09:08		5:09:08
Cambio de Guardia			5:05:44		5:05:44
Carguio	4:05:22				4:05:22
Falta de Frente o Labor		3:38:50			3:38:50
Mantenimiento de Vía	3:06:44				3:06:44
Descarga	2:49:59				2:49:59
Mantenimiento Correctivo				2:00:00	2:00:00
Acumulacion de Material	1:43:36				1:43:36
Traslado de Equipo	1:25:13				1:25:13
Transito de Otro Equipo		1:12:20			1:12:20
Abastecimiento de Combustible		1:11:12			1:11:12
Coordinación con la Supervisión		0:50:16			0:50:16
Inspección de la Labor		0:34:41			0:34:41
Espera por falta de volquete		0:30:50			0:30:50
Revisión e Inspección del Equipo		0:30:21			0:30:21
Llenado de Check List y Reporte		0:28:06			0:28:06
Traslado de Equipo al Refugio	0:19:32				0:19:32
Instalación de Accesorios y Telemando	0:16:15				0:16:15
Espera Servicios (Reflectores)		0:13:21			0:13:21
Traslado de Materiales	0:03:35				0:03:35
Colocado de Manga de Ventilación		0:03:31			0:03:31
<b>Total General</b>	<b>26:31:40</b>	<b>9:13:28</b>	<b>10:14:52</b>	<b>2:00:00</b>	<b>48:00:00</b>
	<b>55.27%</b>	<b>19.22%</b>	<b>21.35%</b>	<b>4.17%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

**Fig. 5.7. Cálculo de los KPIs - Excavadoras Hidráulicas 336D2/D2 L #2**



Fuente: Elaboración Propia.

### 5.2.3.6 Tiempos de las actividades actuales registrada en el Camión Minero 777F

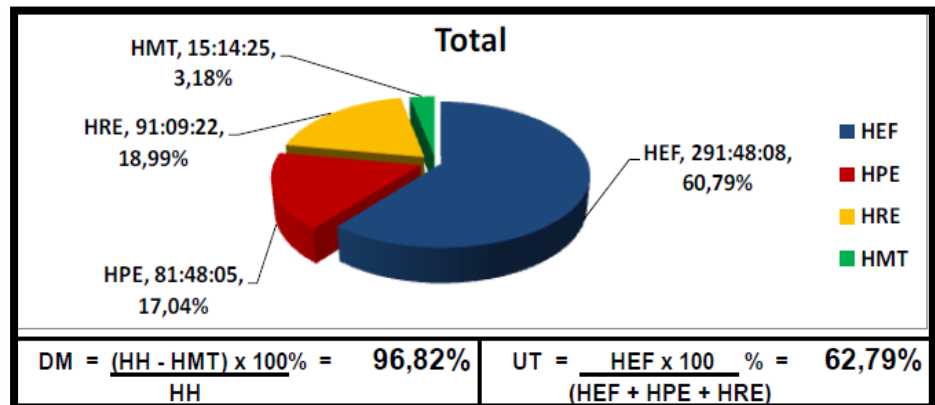
Durante la toma de tiempos del Camion Minero 777F, se identificaron un total de 16 actividades desde el inicio hasta el fin de cada turno. La toma de tiempos se realizó durante 20 días haciendo un total de 20 turnos acumulados a 01 equipo.

**Tabla N° 5.8. Tiempos actuales - Camiones Mineros 777F #2**

Suma de T Total					
Actividad	HEF	HPE	HRE	HMT	Total general
Traslado C/C	144:35:05				144:35:05
Traslado S/C	117:35:28				117:35:28
Cambio de Guardia			63:20:52		63:20:52
Refrigerio			27:48:30		27:48:30
Espera en Bocamina al Inicio de Turno		23:17:15			23:17:15
Transito de otro Equipo		18:00:25			18:00:25
Carguío de la Tolva	17:53:00				17:53:00
Mantenimiento Correctivo				15:14:25	15:14:25
Toldeo de la Carga		11:14:50			11:14:50
Cola en el Carguío		11:11:25			11:11:25
Pesado de la Carga		7:02:35			7:02:35
Destoldeo de la Carga		6:46:35			6:46:35
Maniobra de Estacionamiento	6:09:40				6:09:40
Descarga de la Tolva	5:34:55				5:34:55
Combustible		3:01:40			3:01:40
Inspección del Equipo		1:13:20			1:13:20
<b>Total general</b>	<b>291:48:08</b>	<b>81:48:05</b>	<b>91:09:22</b>	<b>15:14:25</b>	<b>480:00:00</b>
	<b>60.79%</b>	<b>17.04%</b>	<b>18.99%</b>	<b>3.18%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaborado en base al módulo - SAP PM.

**Fig. 5.8. Cálculo de los KPIs – Camión Minero 777F #2**



Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3. RESULTADOS ESTADISTICOS EN EL DESARROLLO DEL DIAGRAMA DE PARETO Y DIAGRAMA DE ISHIKAWA DE LOS EQUIPOS MINEROS EN ESTUDIO.-

- En el cálculo de los índices operacionales se observó que los equipos mineros de tajo abierto analizados poseen una elevada disponibilidad mecánica (90,19%, 93,95%, 93,48%, 95,00%, 95,83%, 96,82%) y una baja utilización efectiva (39,44%, 46,65%, 34,72%, 60,05%, 57,67%, 62,79%).

Por tal motivo el presente estudio se enfocará en incrementar las utilidades efectivas de los equipos de en estudio. Para incrementar la utilización efectiva de los equipos se deberá incrementar las horas efectivas (HEF) reduciendo horas de pérdida operacional (HPE) y las horas de reserva (HRE).

$$UT = \frac{HEF \times 100}{(HOP + HRE)} \% = \frac{HEF \times 100}{(HEF + HPE + HRE)} \%$$

(+)  
(+)  
(-)  
(-)

- Por lo mencionado anteriormente los análisis de Pareto e Ishikawa se enfocaran en incrementar las (HEF) y reducir los (HPE) y (HRE), al incrementar las horas efectivas (HEF) se deber tener la confiabilidad y disponibilidad de tener el equipo en estudio operativo es por ello que el principal objetivo de este trabajo de investigación es mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de la flota de maquinaria pesada, por consiguiente se debe realizar un análisis por tipo de fallas que presentan los equipos de maquinaria pesada y subsanar los sistemas de activos no confiables o limitaciones que afectan la operatividad de los equipos para así incrementar la productividad de la empresa minera.
- Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de los equipos en estudio clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica,

estructural y neumático; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras a fin de subsanar las limitaciones y contar con la máxima disponibilidad del equipo; es decir incrementando las horas (HEF). Asimismo se mejorará la calidad en las actividades de mantenimiento al analizar las fallas y disminuir las demoras por mantenimiento es por ello que recurrimos a los Diagramas de Pareto e Ishikawa en este trabajo de investigación.

.....Significando que para obtener el mejoramiento del mantenimiento periódico se debe realizar estrategias de priorización como el análisis de criticidad, análisis de fallas y la identificación de partes y/o elementos de conformidad a los siguientes conceptos:

**“Análisis de Criticidad.** – Selecciona los equipos más críticos del proceso y que presenten la mayor cantidad de fallas, cuyo paro provoque consecuencias graves como daños en la materia prima o en el producto procesado”.

**“Análisis de Fallas.** – Determina los modos de fallas de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan, para de esta forma clasificarlos por orden de importancia y establecer tareas y/o actividades de mantenimiento para los equipos”.

**“Identificación de partes y/o elementos.** – Para determinar las partes y/o elementos (críticos) de los equipos a los que se debe realizar el mantenimiento planificado (periódico), se utiliza la información proveniente de manuales, historiales de los equipos y las experiencias del operario” describiéndolas en los diagramas de espina de pescado, con la finalidad de estudiarlos y resolverlos posteriormente.

### 5.3.1 Análisis de Pareto de los equipos en estudio.

#### 5.3.1.1 Análisis de Pareto del Perforador de Agujeros MD6640

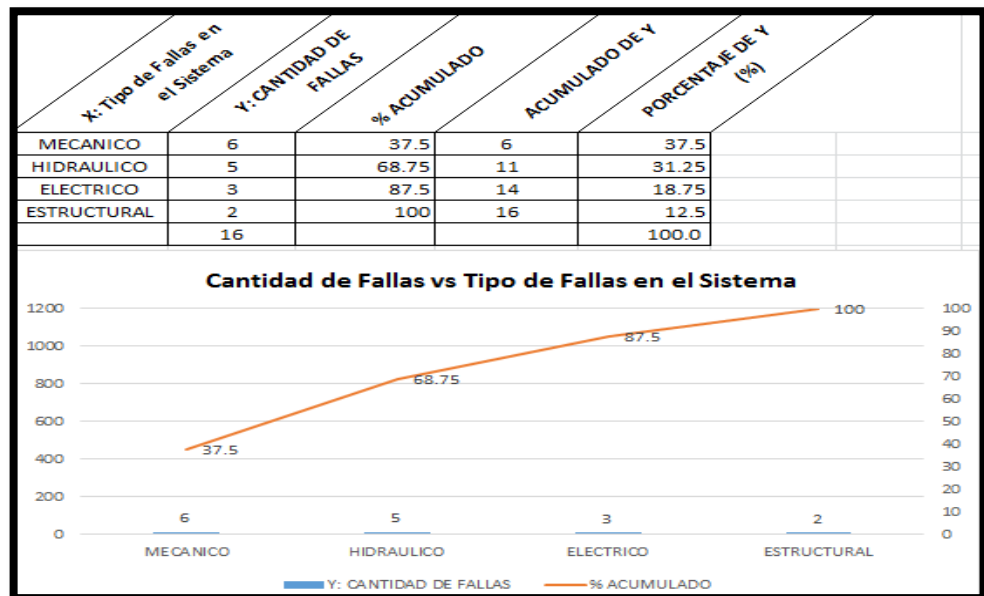
Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de la Perforadora de Agujeros MD6640, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.9. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640. #1.**

TIPO DE FALLAS EN LA PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640 #1					
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
6	5	3	2	0	16
<i>Demora</i>					
280	220	130	40	0	670

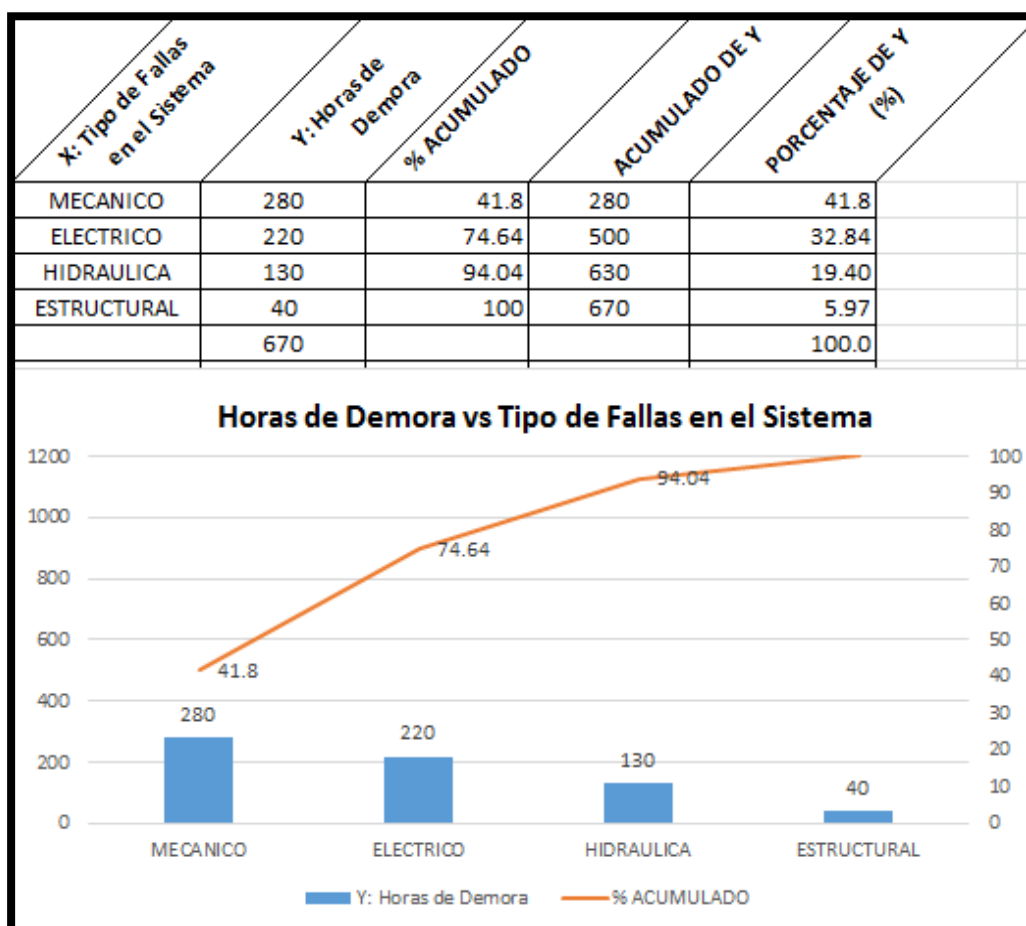
Fuente: Elaboración Propia.

**FIG.5.9. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640 #1.**



Fuente: Elaboración Propia.

**FIG.5.10. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE AGUJEROS MD6640 #1.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede observar a través de las Gráficas, que el mayor número de fallas que presentó el equipo, son del tipo mecánicas con un 37,5 %, seguida por las eléctricas con un 31,25 % y las de tipo hidráulicas con 18,7 %. Sin embargo se puede evidenciar en las GRÁFICAS DE PARETO, que las fallas que ocasionan mayor demora son la de tipo mecánico con un 41,8 %, seguidas por las eléctricas 32,84 % y las hidráulicas con el 19,40% de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que las partes mecánica y eléctrica de la Perforadora en estudio, son las que están afectando significativamente la confiabilidad y disponibilidad del mismo.

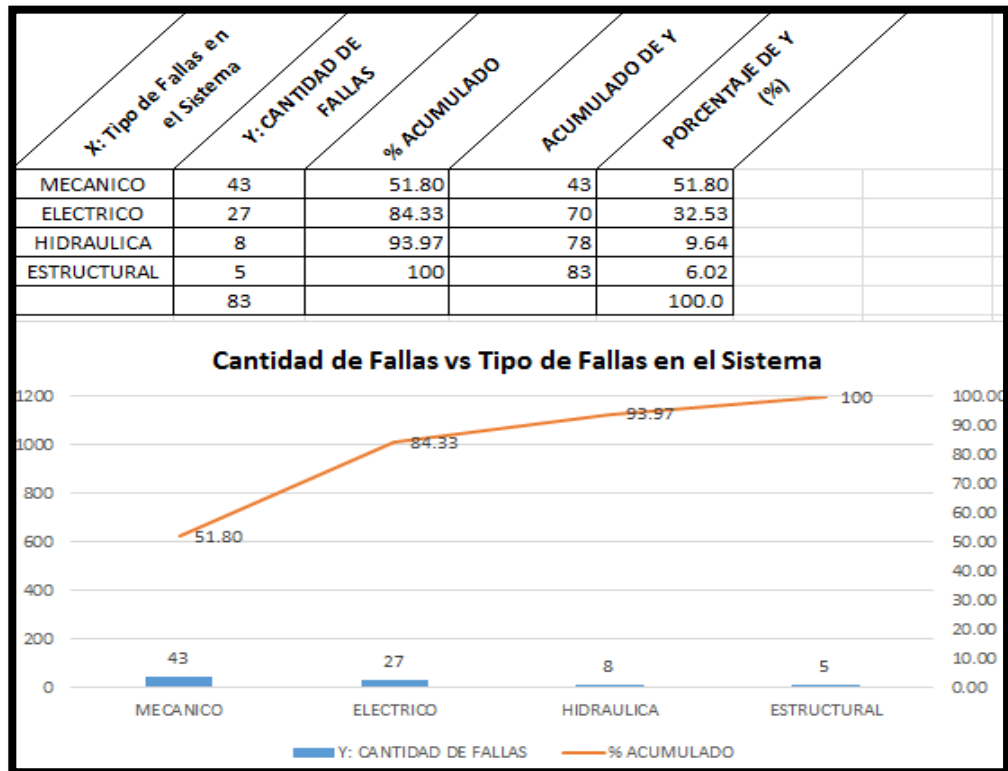
### 5.3.1.2 Análisis de Pareto de la Perforadora de Cadenas MD5125

Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de la Perforadora de cadenas MD5125 CAT, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.10. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.**

TIPO DE FALLAS EN LA PERFORADORA DE CADENAS MD5125 #2					
MECANICA	HIDRAULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
43	27	8	5	0	83
<i>Demora</i>					
711	542	269	85	0	1607

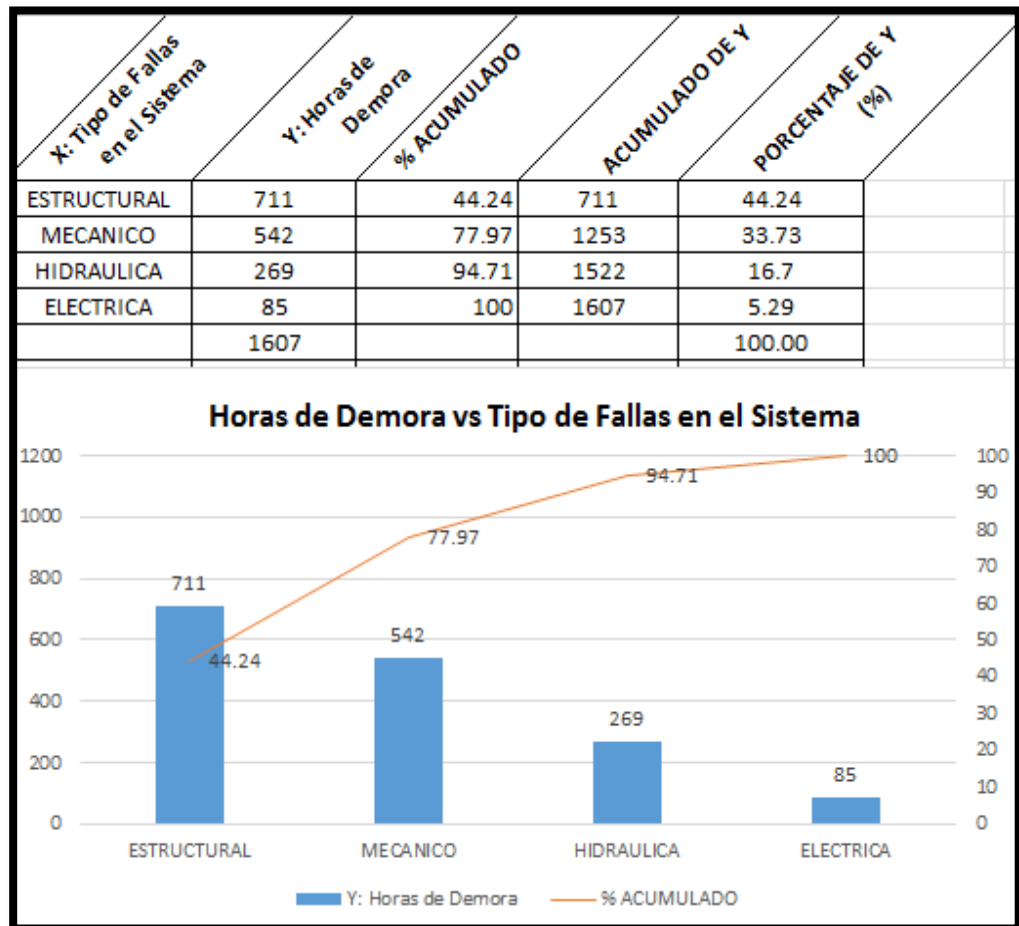
**FIG. 5.11. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.**



Fuente: Elaboración Propia.



**FIG.5.12. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA DE CADENAS MD5125 CAT #2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede observar a través de las Gráficas que el mayor número de fallas que presentó el equipo en estudio son del tipo mecánicas con un 51,8 %, seguida por las eléctricas con un 32,53 % y las de tipo hidráulicas con 9,64 %. Sin embargo, se puede evidenciar en las Gráfica de Pareto que las fallas que ocasionan mayor demora son la de tipo mecánico con un 44,24 %, seguidas por las eléctricas 33,73 % y las hidráulicas con el 16,7% de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que las partes mecánica y eléctrica de la Perforadora son las que están afectando significativamente la confiabilidad y la parte estructural y mecánica la disponibilidad del mismo.

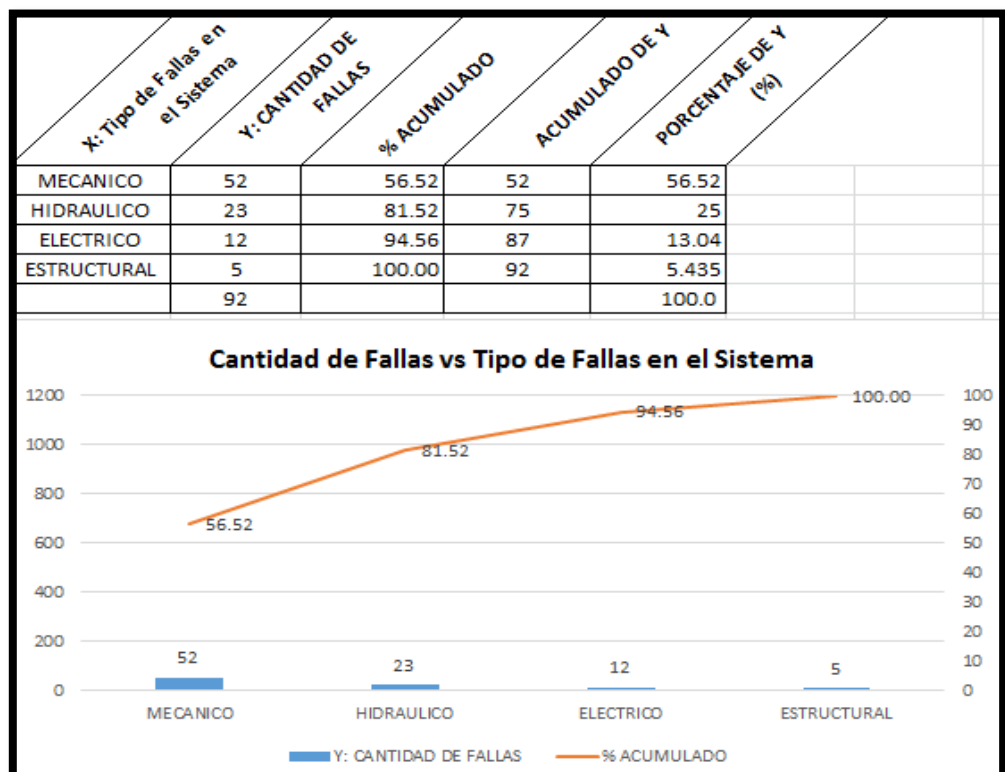
### 5.3.1.3 Análisis de Pareto de la Perforadoras giratoria MD6240.

Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de la Perforadoras giratoria MD6240, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.11. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2.**

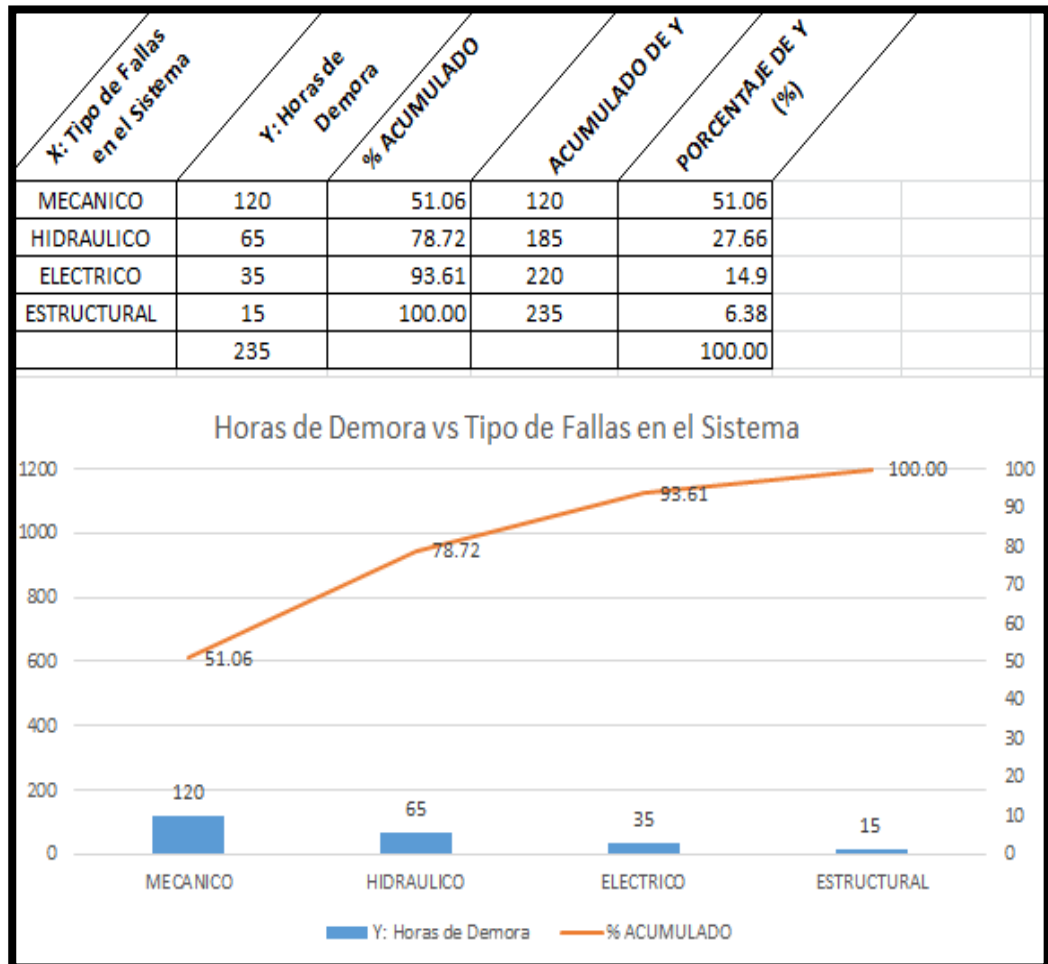
TIPO DE FALLAS EN LA PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2					
MECANICA	HIDRAULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
52	23	12	5	0	92
<i>Demora</i>					
120	65	35	15	0	235

**FIG. 5.13. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2.**



Fuente: Elaboración Propia.

**FIG.5.14. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PERFORADORA GIRATORIA MD6240 #2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede observar a través de las Gráficas que el mayor número de fallas que presentó el equipo en estudio son del tipo mecánicas con un 56,52 %, seguida por las hidráulicas con un 25 % y las de tipo eléctrica con 13,04 %. Sin embargo se puede evidenciar en las Gráfica de Pareto que las fallas que ocasionan mayor demora son la de tipo mecánico con un 51,06 %, seguidas por las hidráulicas 27,66 % y las eléctricas con el 14,9% de las demoras totales presentadas por el equipo en el período de estudio. Esto quiere decir que las partes mecánica e hidráulica de la Perforadora son las que están afectando significativamente la confiabilidad y disponibilidad del mismo.

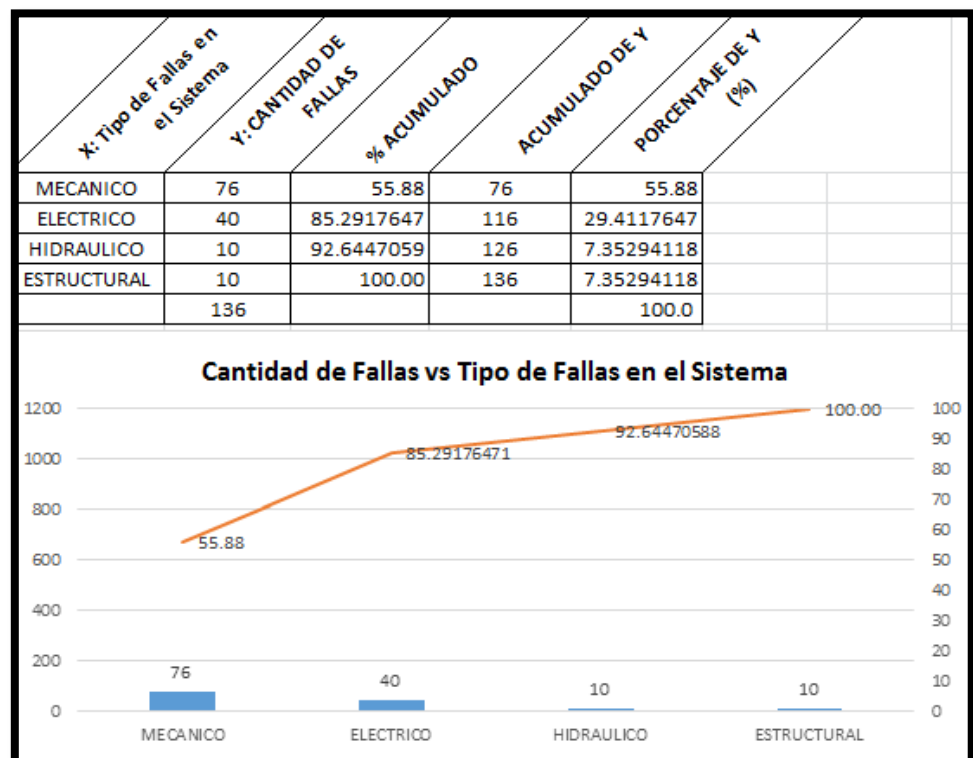
### 5.3.1.4 Análisis de Pareto de la Pala hidráulica 6060/6060 FS

Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de la Pala hidráulica 6060/6060 FS, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.12. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.**

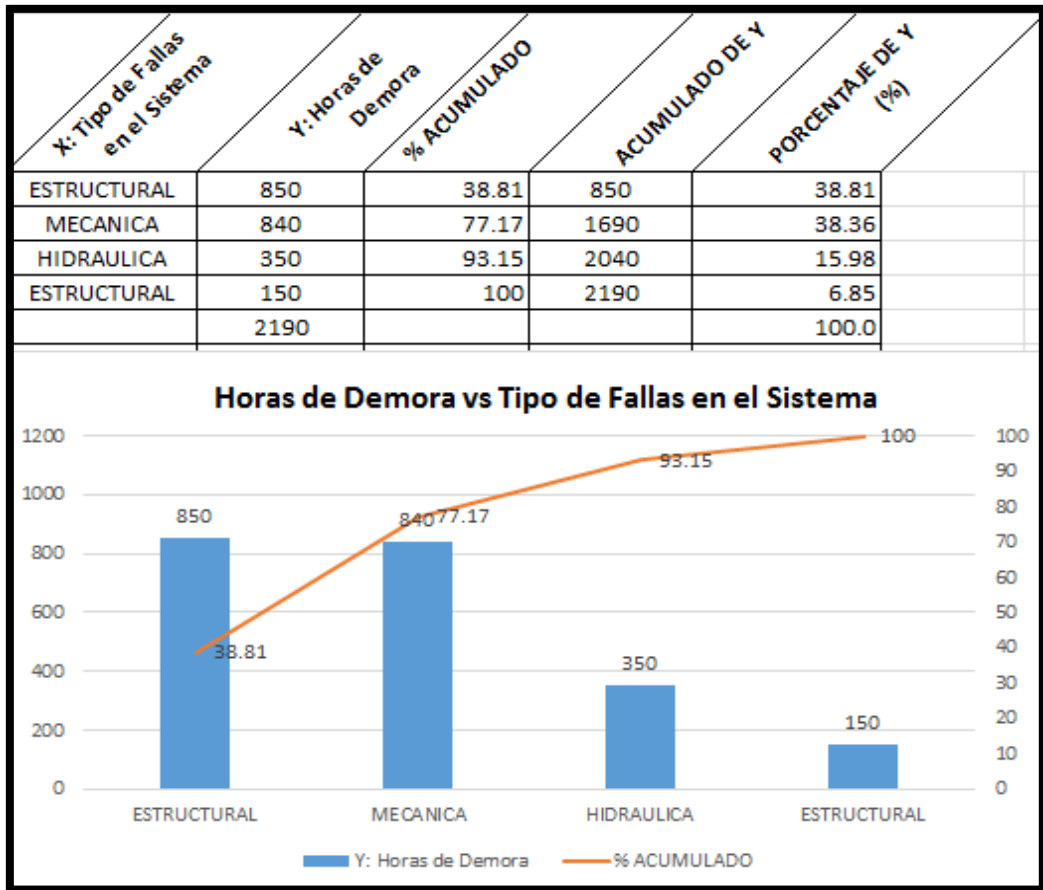
TIPO DE FALLAS EN LA PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS					
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
76	10	40	10	0	156
<i>Demora</i>					
840	350	150	850	0	2190

**FIG. 5.15. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

**FIG. 5.16. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS PALA HIDRÁULICA 6060/6060 FS # 2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede evidenciar a través de las Gráficas que el 55,88 % de las fallas que presenta el equipo en estudio son del tipo mecánicas, seguidas por las eléctricas con un 29,41%. En las Gráficas de Pareto, se observa, que las mayores demoras producidas por concepto de mantenimiento son producto de fallas estructurales y mecánicas con un 38,81 y 38,36 % de la demora total. Por lo tanto las Gráficas anteriores indican que la parte mecánica del equipo es la que está afectando mayormente la confiabilidad de la Pala Hidráulica y la estructural la disponibilidad del equipo.

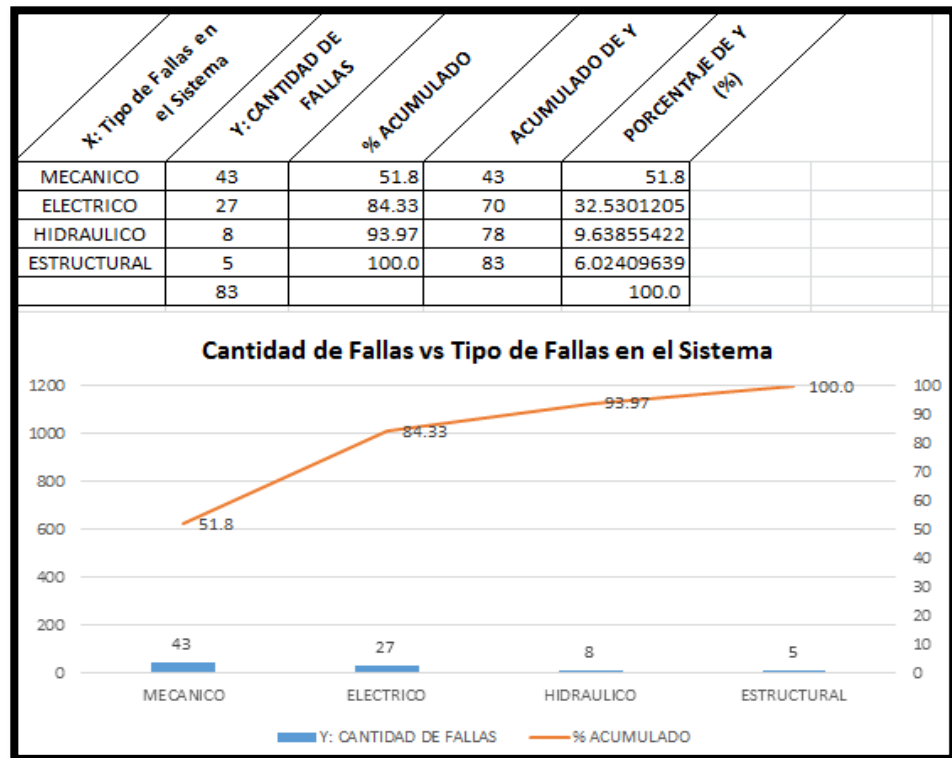
### 5.3.1.5 Análisis de Pareto de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2L

Se procederá hacer un análisis por tipo de fallas de la Excavadora Hidráulica 336D2/D2 L, clasificándolas en falla mecánica, eléctrica, hidráulica, estructural y neumático; con el objetivo de determinar cual de estos tipos, es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.13. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.**

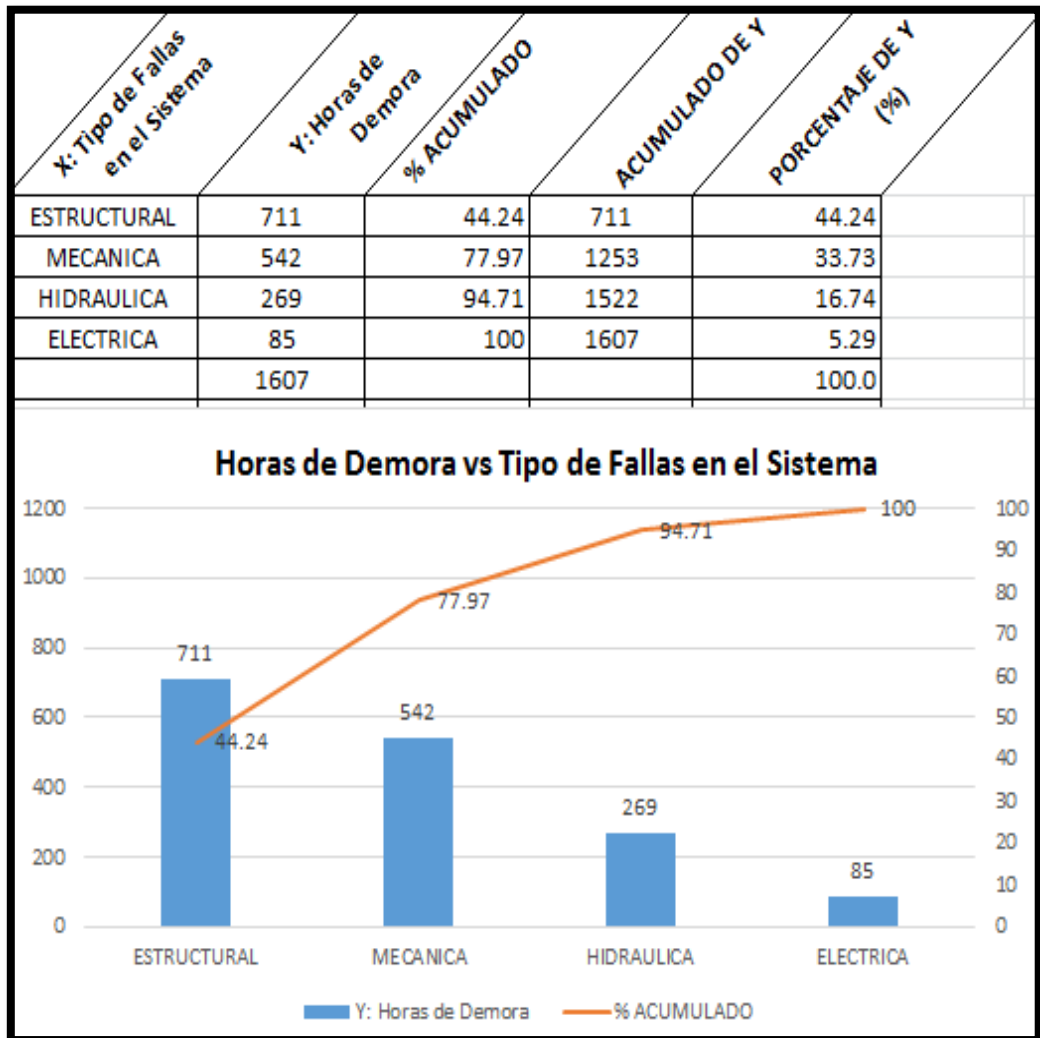
TIPO DE FALLAS EN LA EXCAVADORAS HIDRÁULICAS 336D2/D2 L #2					
MECÁNICA	HIDRÁULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
43	8	27	5	0	46
<i>Demora</i>					
542	269	85	711	0	1607

**FIG. 5.17. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.**



Fuente: Elaboración Propia.

**FIG.5.18. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS EXCAVADORA HIDRÁULICA 336D2/D2 L # 2.**



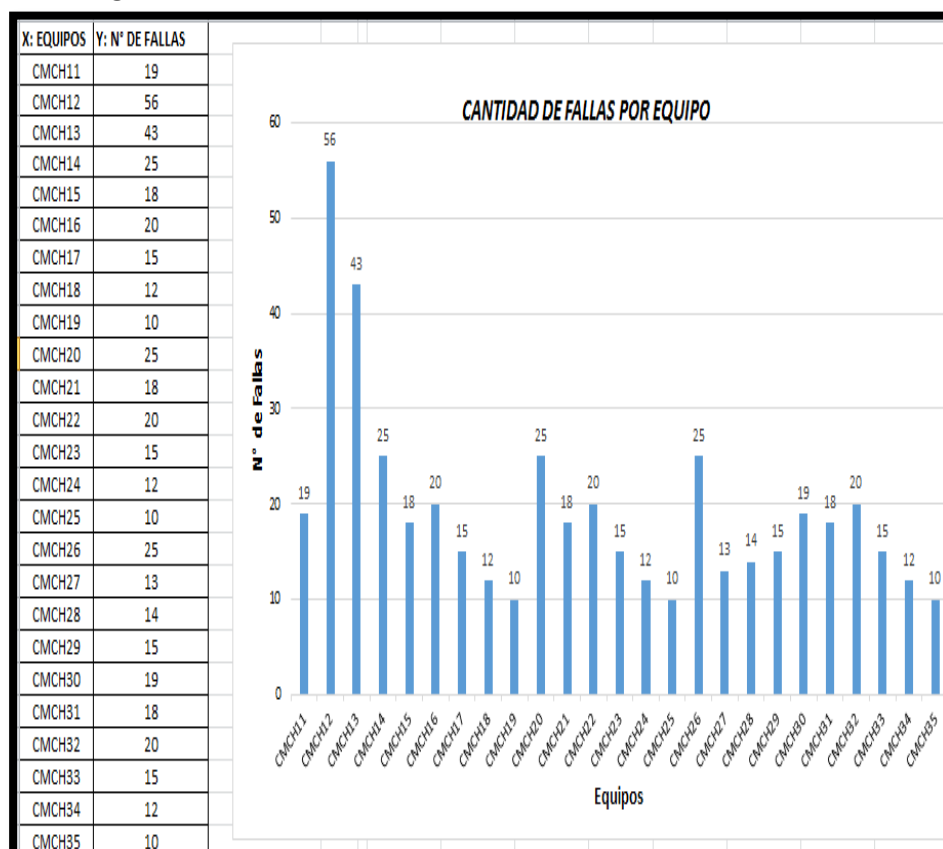
**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede evidenciar a través de las Gráficas que el 51,8 % de las fallas que presenta el equipo en estudio son del tipo mecánicas, seguidas por las eléctricas con un 32,5%. En las Gráfica de Pareto se observa, que las mayores demoras producidas por concepto de mantenimiento son producto de fallas estructurales y mecánicas con un 44,2 y 33,73 % de la demora total. Por lo tanto, las Gráficas anteriores indican que la parte mecánica del equipo es la que está afectando mayormente la confiabilidad de la Excavadora y la estructural la disponibilidad del equipo.

### 5.3.1.6 Análisis de Pareto del Camión Minero 777F

Existen en la actualidad veinticinco (25) Camiones Mineros pertenecientes a la Gerencia de Minera Chinalco Proyecto Toromocho, numerados con los códigos CMCH-11,CMCH-12,CMCH-13,CMCH-14,CMCH-15.....,CMCH-33,CMCH-34,CMCH-35, empleados para el traslado del mineral de cobre dentro de la empresa. Debido a la variedad de equipos, es conveniente iniciar el análisis definiendo cuál de los camiones presenta mayores problemas, en función del número de fallas y demoras presentadas por estos en el período de estudio dentro de la empresa minera.

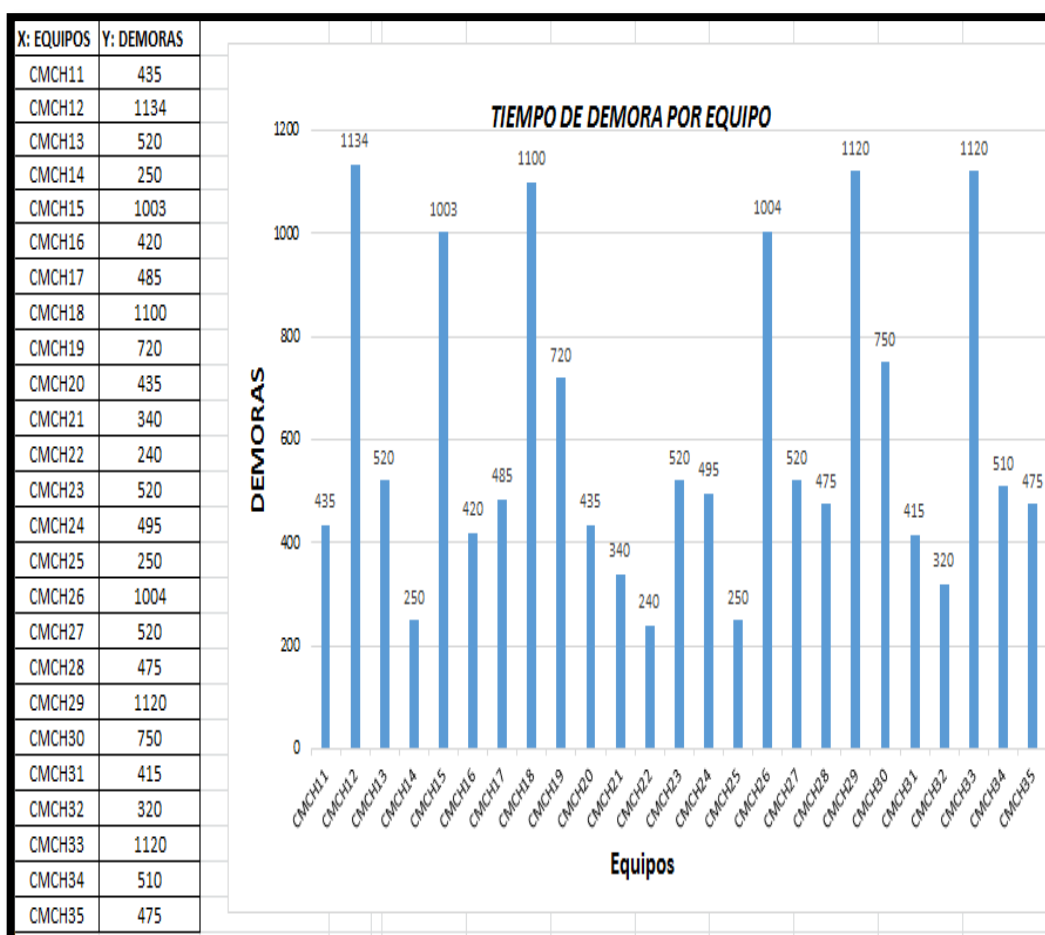
**FIG. 5.19. CANTIDAD DE FALLAS POR EQUIPO - CAMIÓN MINERO 777F**



Fuente: Elaboración Propia.



**FIG. 5.20. TIEMPO DE DEMORAS POR MANTENIMIENTO DE LOS CAMIONES MINEROS 777F**



**Fuente:** Elaboración Propia.

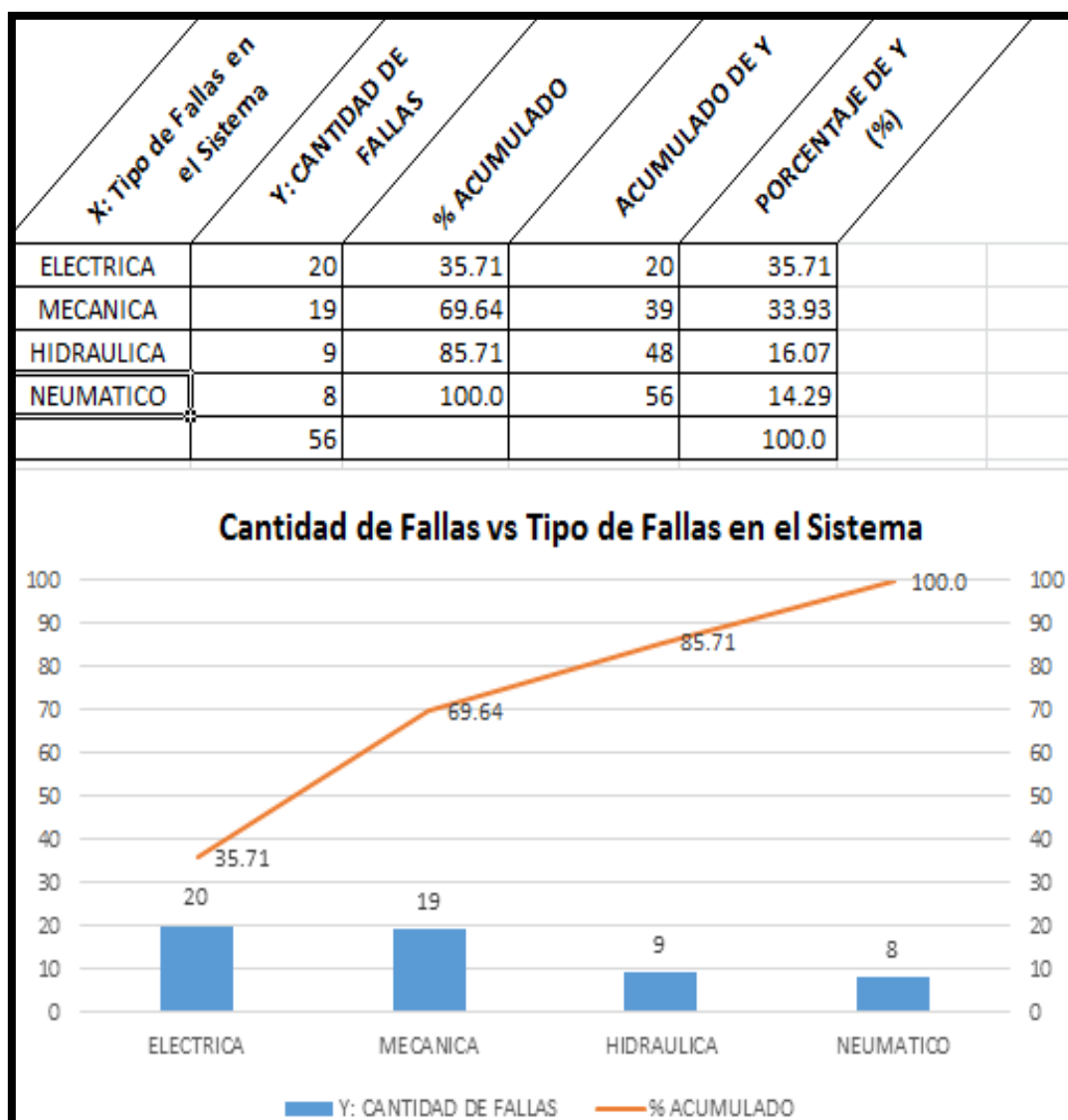
**OBSERVACIÓN:**

Se muestra en el análisis de las gráficas que de los camiones mineros 777F, el equipo que presentó mayor cantidad de fallas fue el CMCH#2, por lo que este es el menos confiable. Asimismo, se puede evidenciar como el camión más crítico el camión CMCH#2, por presentar el mayor tiempo de demoras por concepto de mantenimiento. Por lo tanto, se procederá a hacer un análisis por tipo de fallas de este camión, clasificando las fallas en mecánica, eléctrica, hidráulica y neumático; con el objetivo de determinar cuál de estos tipos de fallas es la que se repite con mayor frecuencia y ocasiona mayores demoras.

**TABLA 5.14. TABLA DE CANTIDAD Y DEMORAS DE LAS FALLAS POR TIPO DE EQUIPO - CAMION MINERO 777F #2**

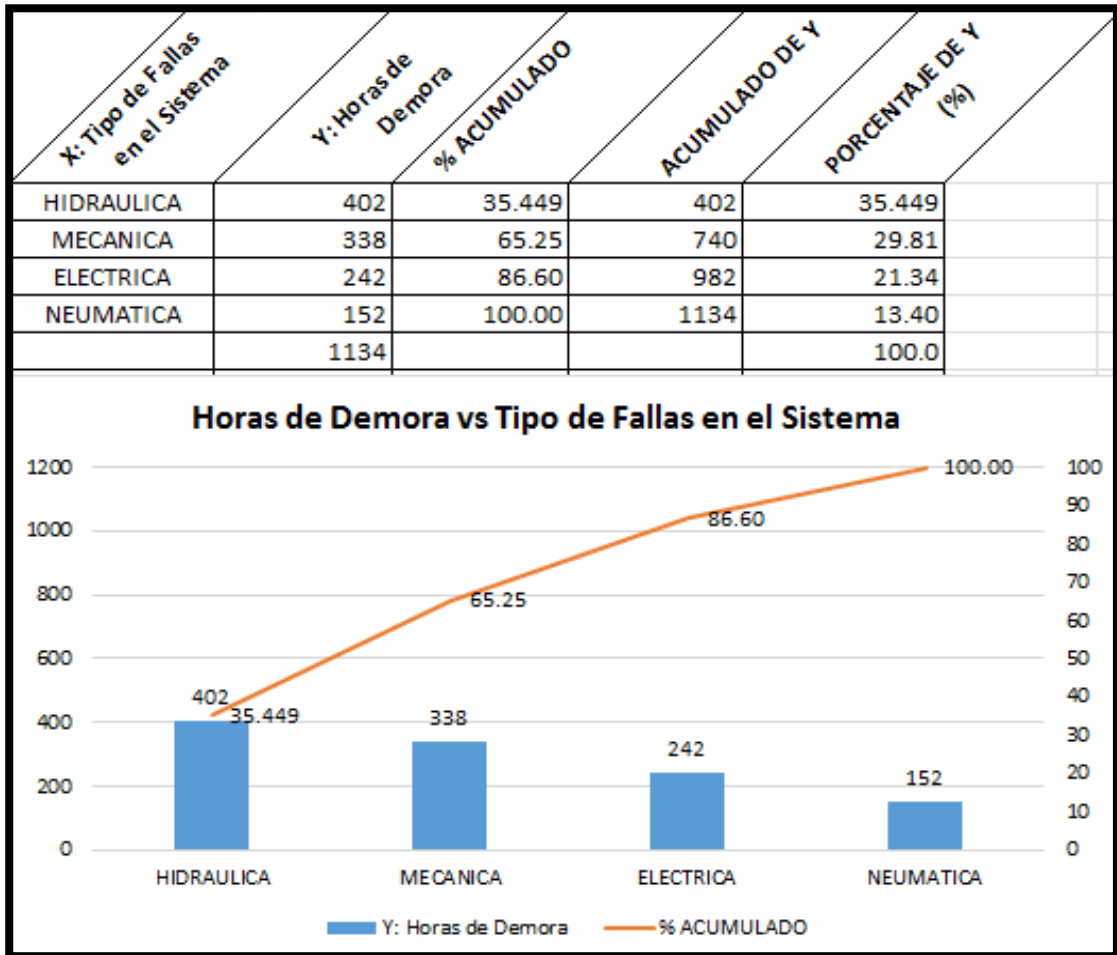
TIPO DE FALLAS EN EL CAMION MINERO 777F					
MECÁNICA	HIDRAULICA	ELECTRICA	ESTRUCTURAL	NEUMATICO	TOTAL
<i>Número de Fallas</i>					
19	9	20	0	8	56
<i>Demora</i>					
338	402	242	0	152	1134

**FIG. 5.21. DIAGRAMA DE PARETO DE CANTIDAD POR TIPO DE FALLAS CAMION MINERO 777F # 2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

**FIG.5.22. DIAGRAMA DE PARETO TIEMPO DE DEMORAS POR TIPO DE FALLAS CAMION MINERO 777F # 2.**



**Fuente:** Elaboración Propia.

Se puede observar en las Gráficas que la mayor cantidad de fallas que presentó el camión minero son del tipo eléctrica con un 35,71%, seguida por las mecánicas con 33,93 %, de las fallas totales. Sin embargo, las Gráficas de Pareto muestran que las mayores demoras por concepto de mantenimiento fueron producto de las fallas hidráulicas y mecánicas con un 35,4 y 29,8 % de las demoras totales presentadas en el período de estudio. Esto quiere decir que la parte hidráulica y mecánica del camión es la que está afectando significativamente la disponibilidad del equipo y la parte eléctrica y mecánica la confiabilidad del equipo en estudio (camión minero).

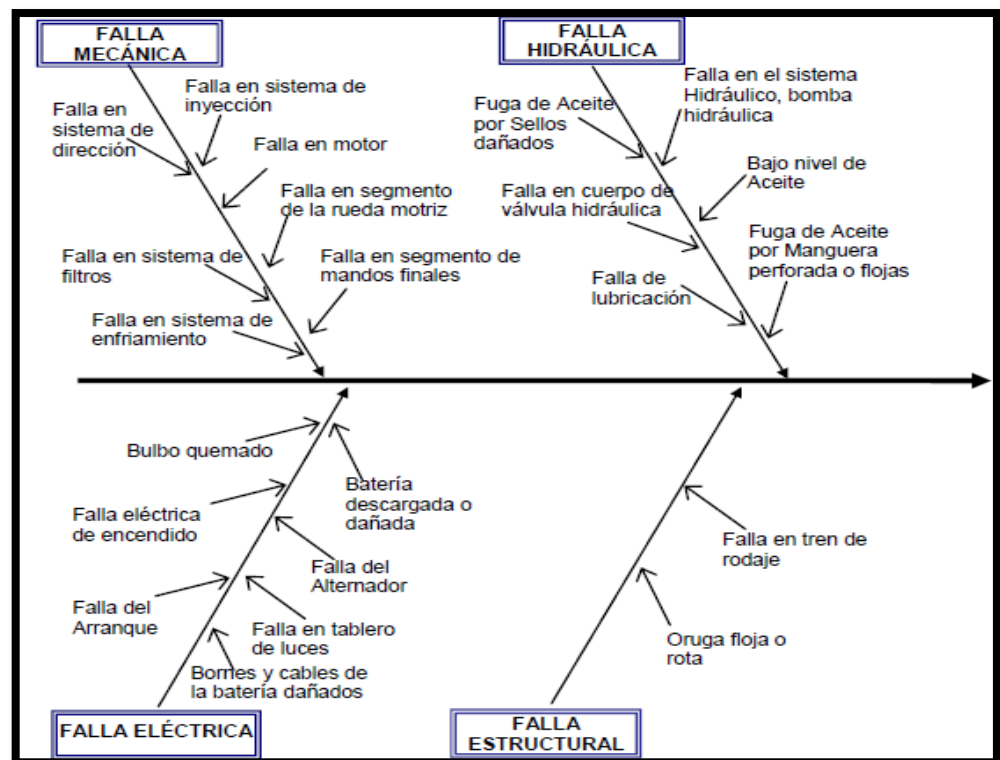
Significando que debemos maximizar los cumplimiento de los requerimientos de disponibilidad de los camiones mineros se debe tener la información y el historial del estado de las máquinas actualizado, con el objetivo de predecir las fallas antes de que esta ocurra, y así poder tomar todas las acciones pertinentes, para que estas, sean reparadas en el menor tiempo posible y garantizar la máxima disponibilidad operativa de los camiones mineros. Asimismo las fallas más comunes que presentan los equipos en estudio, se expresan a través los diagrama de espina de pescado.

### 5.3.2 Desarrollo del diagrama de Ishikawa para los equipos en estudio

#### 5.3.2.1 Diagrama de Ishikawa de los Perforadores de Agujeros MD6640

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.23. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES DE AGUJEROS MD6640**

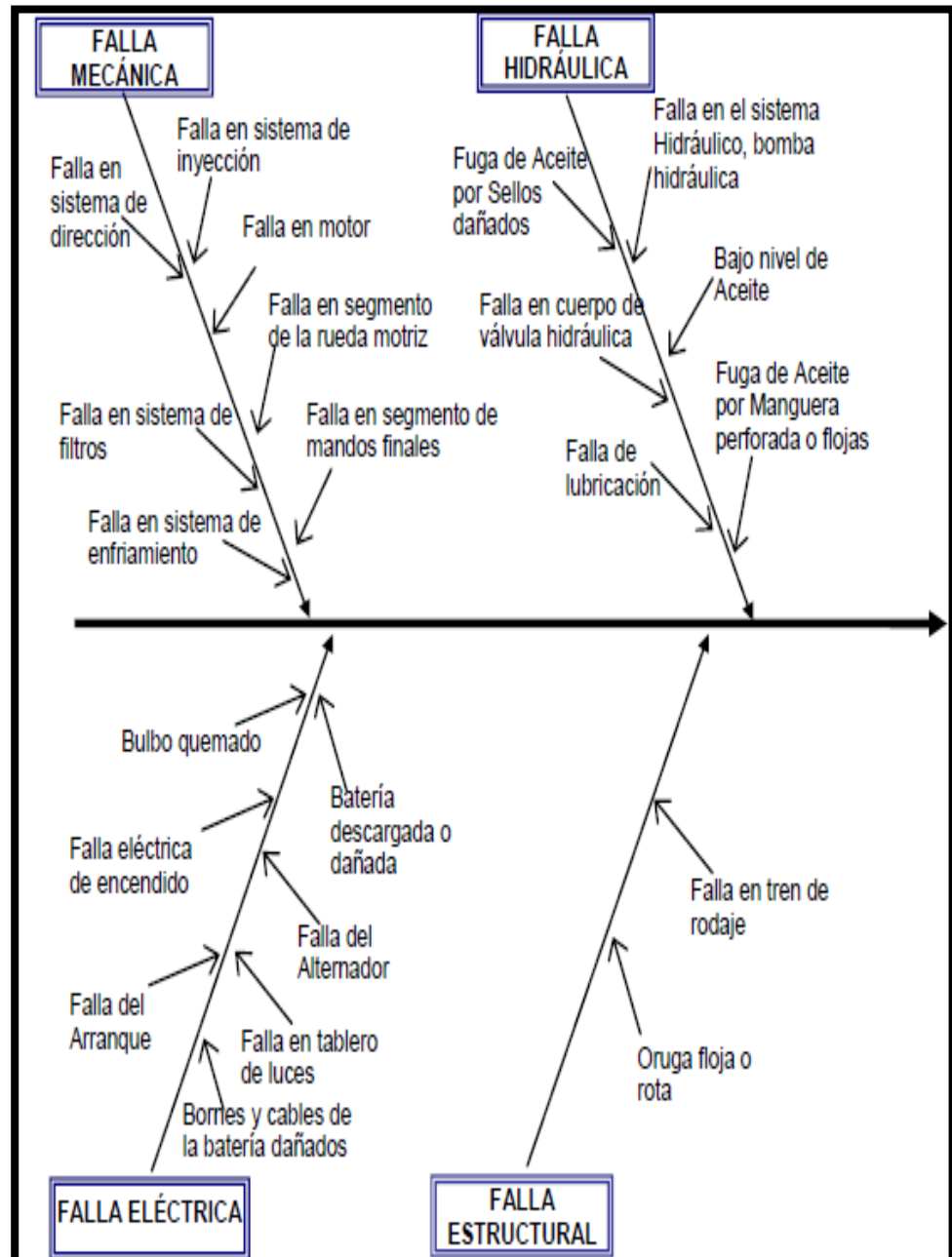


Fuente: Elaboración Propia.

### 5.3.2.2 Diagrama de Ishikawa de los Perforadores de cadenas MD5125

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.24. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES DE CADENAS MD5125**

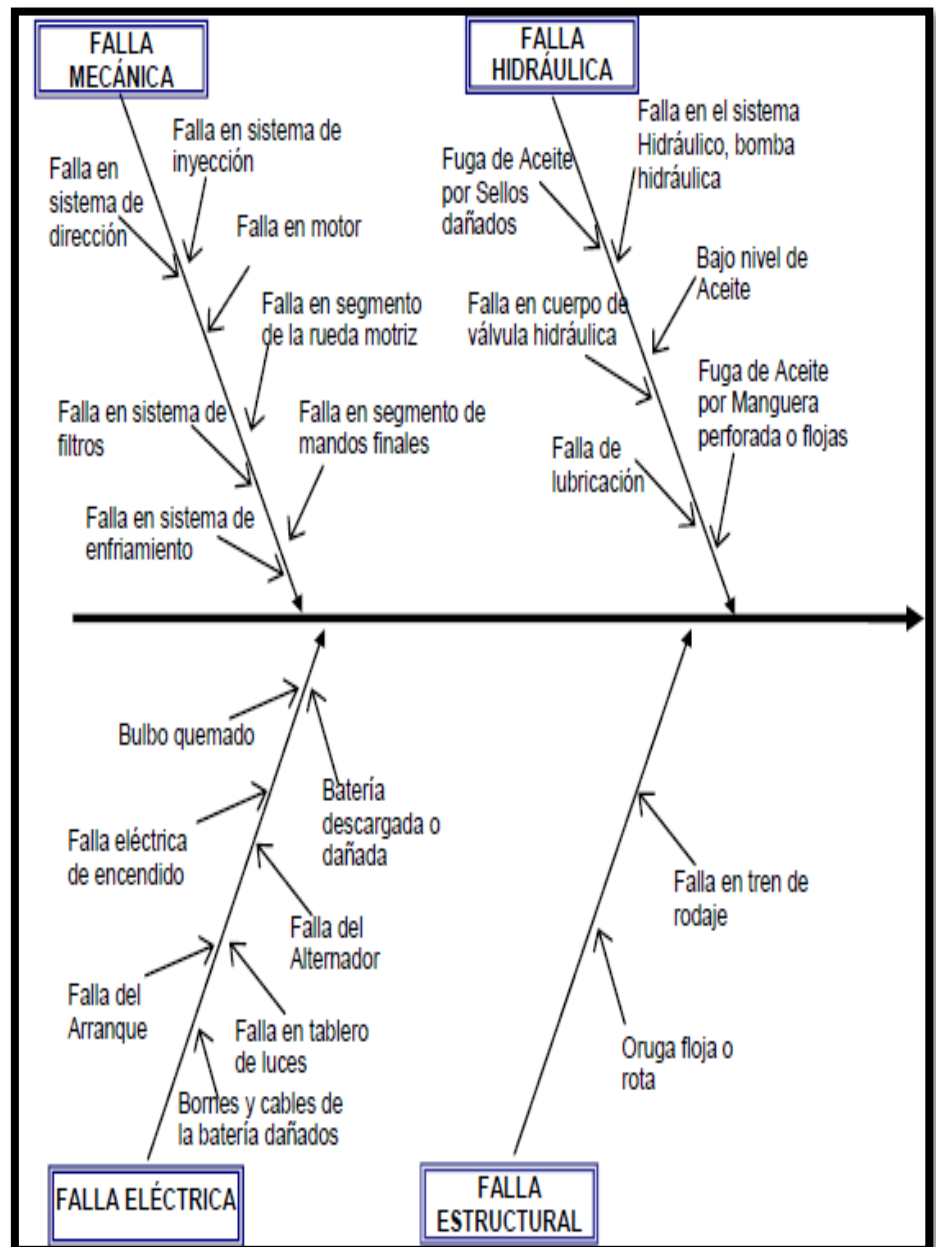


Fuente: Elaboración Propia.

**5.3.2.3. Diagrama de Ishikawa de los Perforadores Giratorios MD6240**

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.25. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS PERFORADORES GIRATORIOS MD6240**

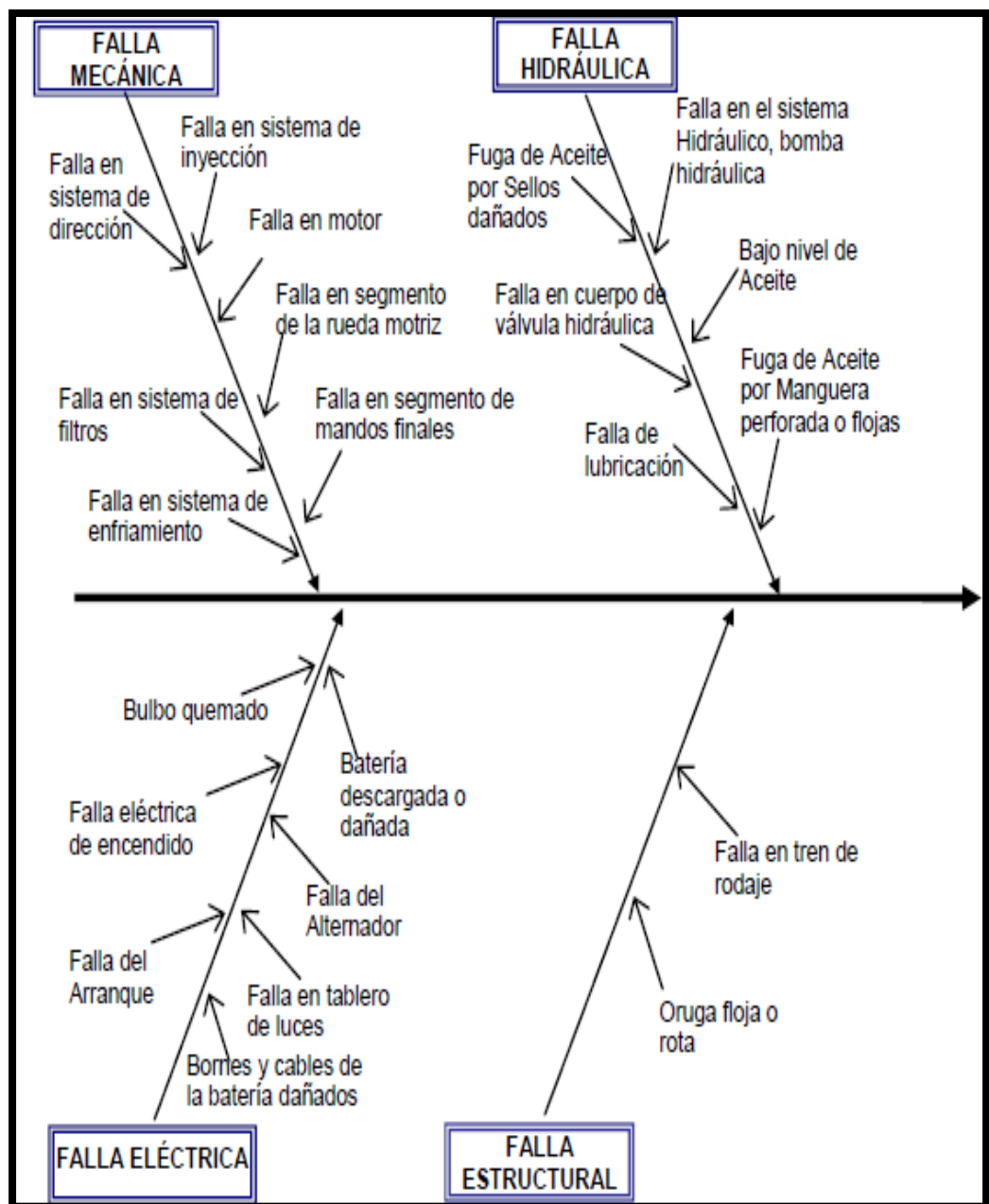


**Fuente:** Elaboración Propia.

### 5.3.2.4 Diagrama de Ishikawa de las Palas hidráulicas 6060/6060 FS

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.26. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LAS PALAS HIDRAULICAS 6060/6060 FS**

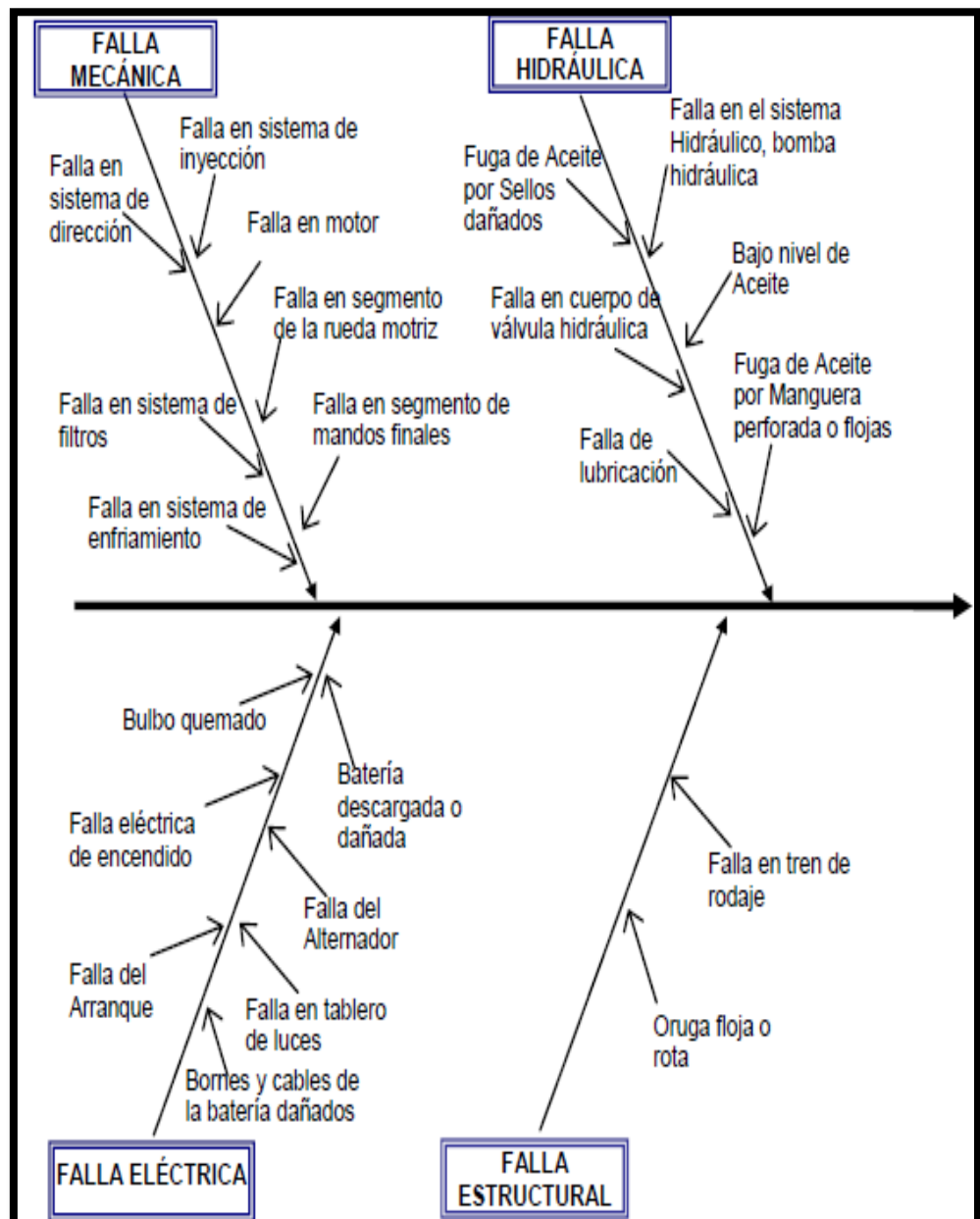


**Fuente:** Elaboración Propia.

### 5.3.2.5 Diagrama de Ishikawa de las Excavadoras Hidráulicas 336D2/D2 L

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.27. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LAS EXCAVADORAS HIDRÁULICAS 336D2/D2 L**



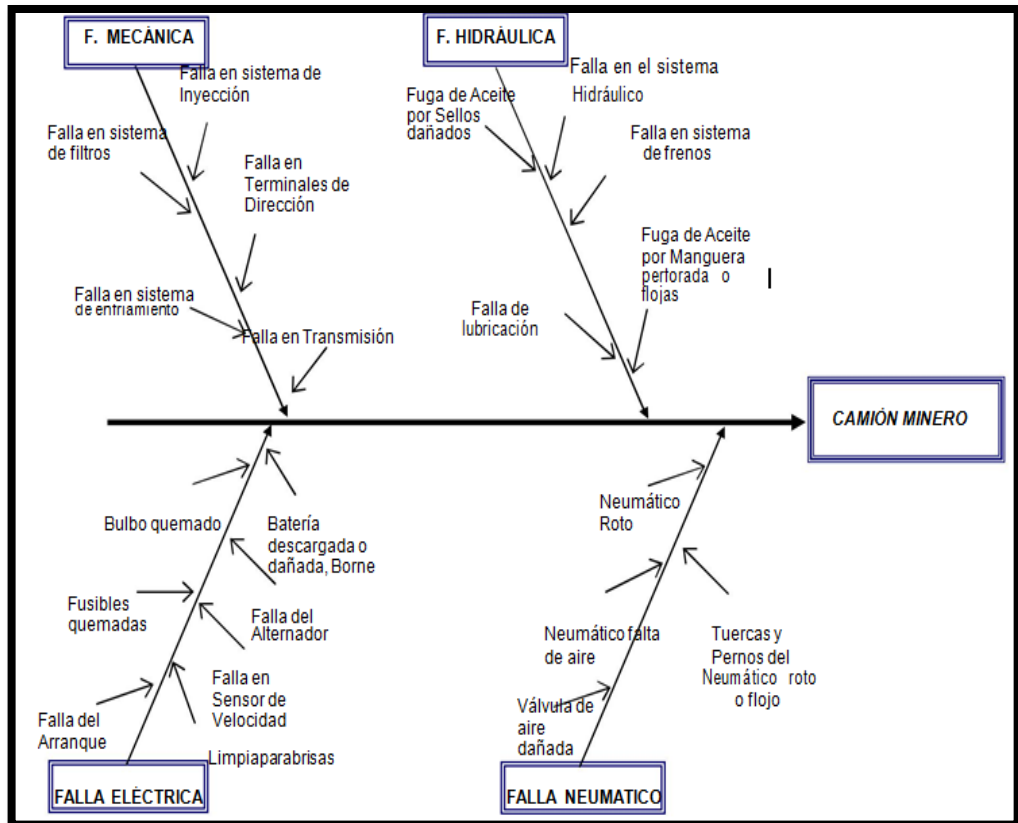
Fuente: Elaboración Propia.



### 5.3.2.6 Diagrama de Ishikawa de los Camiónes Mineros 777F

En el Pareto se observó 4 causas vitales y del diagrama de Ishikawa se obtuvo 22 sub causas.

**FIG.5.28. DIAGRAMA ESPINA DE PESCADO DE LOS CAMIONES MINEROS 777F**



Fuente: Elaboración Propia.

## 5.4 OTRO TIPO DE RESULTADOS

### 5.4.1 SOLUCION A LAS LIMITACIONES EN LOS TIEMPOS DE OPERACIÓN.

Se analizaran todas las limitaciones que existen en las actividades comprendidas en los tiempos de operación; en las actividades de mantenimiento hemos estudiado las fallas y las demoras de

mantenimiento a través de los Diagramas de Pareto e ISHIKAWA. Asimismo, al haber identificado y subsanado las limitaciones podremos operar y mantener eficientemente la flota de equipos pesados de Minera Chinalco proyecto Toromocho. Las limitaciones comunes en minería se muestran a continuación:

- a) Instalación o desinstalación de servicios
  - b) Espera por falta de servicios
  - c) Inspección del área de trabajo
  - d) Voladura secundaria
  - e) Check list e inspección del equipo
  - f) Atasco de barras de perforación
  - g) Trabajos de carguío
  - h)  $\Delta$  Refrigerio
  - i)  $\Delta$  Cambio de guardia
  - j) Transito de otro equipo
  - k) Espera por falta de volquete
  - l) Abastecimiento de combustible
  - m) Falta de frente o labor
  - n) Espera en bocamina al inicio de turno
  - ñ) Grupos de trabajo
  - o) Pre - Factibilidad de Aplicación del Plan de Mantenimiento Preventivo
  - p) Instructivo para el uso de las máquinas y los equipos
  - q) Toldeo de la tolva
- y otros items.....**

- “En conclusión las soluciones de problemas de mantenimiento se basan principalmente en cuatro áreas: el mantenimiento de los sistemas críticos, solucionar el problema pronto y más rápido que la última vez, determinar que esta causando que la falla suceda con tanta

frecuencia, e identificar el 20% de las averías que consumen el 80% de sus recursos”.

#### **5.4.2 FACTIBILIDAD DE APLICACIÓN DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LOS EQUIPOS PESADOS DE LA GERENCIA DE OPERACIONES**

El Taller de Equipos Pesados cuenta con un conjunto de normas y procedimientos para coordinar los procesos de planificación, ejecución y control de mantenimiento de los Equipos Pesados, con la finalidad de garantizar la disponibilidad de estos, de acuerdo a los planes de la Gerencia de Operaciones de Minera Chinalco.

**NORMAS.-** La frecuencia de mantenimiento preventivo en los equipos pesados debe realizarse cada 250 horas y después de completarse para cada equipo la rutina de 1000 horas se repite el ciclo comenzando de nuevo por la de 250 horas.

#### **5.4.2 CONTROL DEL MANTENIMIENTO ACTUAL**

- Al final de la labor de mantenimiento, revisar y hacer seguimiento a las actividades, a través de los formatos “Reporte de Fallas” y “Actividades Diarias de Mantenimiento”. Todo el personal del taller de Equipos Pesados se encuentra involucrado en las gestiones de mantenimiento.
- Elaboración de informes quincenales con las disponibilidades y utilización de equipos y flotas, envío por correo electrónico a la Sección de Control de Gestión de la Superintendencia de Planificación y Control para ser incluido en el reporte “Resumen Quincenal” emitido por la Superintendencia de Planificación y Control; asimismo, se archivarán los registros originales para el estudio y análisis del mantenimiento. Todo el personal del taller de Equipos Pesados se encuentra

involucrado en las gestiones de mantenimiento. Asimismo, se mejoró la gestión logística de la Operación Minera Chinalco Proyecto Toromocho para que se alinee con los objetivos del plan de mantenimiento propuesto.

#### 5.4.4 FUERZA LABORAL DEL TALLER

La Fuerza Laboral del Taller de Equipos Pesados en la actualidad esta conformada por:

**TABLA 5.15 Fuerza Laboral Actual del Taller de Equipos Pesados**

<b>Cargo del Personal</b>	<b>F.L.</b>
JEFE DE ÁREA	1
SUP. MANTTO MECÁNICO	2
TEC. MANTTO MECÁNICO CAT	12
TEC. MANTTO INDUSTRIAL MINA	07
ELECT. MANTTO EQUIPOS PESADOS	05
MEC. EQUIPOS PESADOS MINA	07
SOLD. MANTTO EQUIPOS PESADOS	02
OPERADOR DE EQUIPOS PESADOS	10
REPARADOR DE LLANTAS	02
LAB. DE ANALISIS DE FLUIDOS	04
TOTAL	52

**Fuente:** Elaboración Propia.

Cabe mencionar que para la realización del nuevo plan de mantenimiento se implemento la Seccion de Analisis de Fluidos (Lab. Analisis de Fluidos) perteneciente al Taller de Equipos Pesados N° 2, conformado por 04 colaboradores que se integrarían al nuevo plan de mantenimiento.

#### 5.4.5 PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO OPTIMIZADO PARA MAQUINARIA PESADA

En vista de mejorar los resultados en Minera Chinalco, se requiere la aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo a todos los equipos

que conforman las distintas flotas de la Gerencia, las cuales estén enfocadas hacia el estudio de las condiciones de las partes y componentes de estos a través del análisis de los aceites utilizados. Esta técnica predictiva es una de las más económicas y fáciles de implementar, que con su adecuado seguimiento se pueden controlar y reducir las fallas, lográndose entre otras cosas mayor productividad y menores costos por mantenimiento. La frecuencia del reprogramado mantenimiento preventivo será la misma que el programa de mantenimiento preventivo aplicado para cada equipo (cada 250 horas). Por lo que las tomas de muestras de aceite para su análisis se efectuaran cuando en el programa de mantenimiento preventivo corresponda el cambio del mismo y el re-análisis cuando sea necesario.

## **ANÁLISIS DE LAS MUESTRAS DE ACEITES**

Los sistemas estudiados de los equipos (hidráulico, tren de potencia y motor) son sistemas cerrados, lo que significa que buena parte del desgaste de componentes que originan daños y fallas tiene lugar internamente. Para detectar el desgaste y otros problemas que pueden ocurrir dentro de los sistemas, se tiene que efectuar análisis de aceite sobre una base regular.

Esto permitirá buscar dentro de los sistemas y localizar las áreas de problemas, ayudándole a mantener un funcionamiento adecuado de los sistemas. El Análisis de Aceite de los equipos pesados consta de una serie de pruebas destinadas a identificar y medir la contaminación y degradación de una muestra de aceite. Tres son las pruebas básicas que se realizaran en el laboratorio de lubricación de la empresa:

1. Análisis de desgaste.
2. Pruebas químicas y físicas.
3. Análisis del estado del aceite.

- 1. Análisis de desgaste.** - El análisis de desgaste controla la proporción de deterioro de un componente determinado, identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste que se encuentran en el aceite. Basados en datos previos de concentraciones normales, se establecen los límites máximos de elementos de desgaste. Después de haber tomado tres muestras de aceite, se pueden establecer líneas de tendencias de los distintos elementos de desgaste. A su vez se pueden identificar las posibles fallas cuando las líneas de tendencias se desvían del patrón establecido. El análisis de desgaste se limita a detectar el desgaste de los componentes y la contaminación gradual con tierra. Las fallas debidas a la fatiga del componente, a pérdidas imprevistas de lubricación o a la ingestión imprevista de tierra, se producen demasiado rápido para poder predecir mediante este tipo de prueba.
- 2. Pruebas físicas.** - Las pruebas físicas detectan el agua, el combustible en el aceite y determinan cuándo su concentración excede los límites establecidos.
- 3. Análisis del estado del aceite.** - El Análisis del estado del aceite determina y mide la cantidad de contaminantes como hollín y azufre, y productos de oxidación y nitración. Aunque también puede detectar agua y anticongelante en el aceite, para poder hacer un análisis preciso el estudio está acompañado siempre por el análisis de desgaste y las pruebas químicas y físicas. También se puede utilizar el análisis para reducir, mantener o prolongar los intervalos de cambio de aceite según las condiciones y aplicaciones en particular.

## PROCEDIMIENTOS PARA LA TOMA DE MUESTRA DE ACEITE

Existen tres métodos utilizados frecuentemente para la toma de muestra de aceite, según el Manual de Operaciones y Mantenimiento de Equipos Pesados, el cual se aprecia en los manuales de Caterpillar Inc., dichos manuales son investigados y adiestrados en las capacitaciones de CHINALCO – EDUCA (optimización de los trabajos de mantenibilidad minera), a continuación se mencionan los principales procedimientos (pasos “c” y “d”) utilizados en el Programa SOS (muestra de aceite) de Caterpillar Inc.:

1. **USANDO VALVULA DE MUESTREO.**
2. **USANDO BOMBAS DE SUCCIÓN.**
3. **MUESTREO DEL DRENADO O TAPÓN.**

**FIG.5.29. TOMA DE MUESTRA DE ACEITE USANDO UNA SONDA DE VALVULAS DE ACEITE.**



**Fuente:** Caterpillar Inc.

#### **5.4.6 ORGANIZACIÓN DEL SERVICIO DE INSPECCIÓN**

Los pasos que se siguieron para la organización del servicio de inspección son los siguientes:

1. La formulación del programa y el método de inspección se realizó de acuerdo con las especificaciones de los equipos, a través de un calendario anual de Mantenimiento predictivo que es el mismo que el del mantenimiento preventivo.
2. Se obtuvo por medio del fabricante de los equipos, los límites de aceptabilidad de las características y variables que queremos medir con la inspección (temperatura, presión, condición de los aceites, etc.). Sin embargo los valores límites del estado de los aceites serán redefinidos a través del muestreo periódico de los aceites. Obteniendo las concentraciones normales para cada tipo de equipo.
3. Se establecieron las frecuencias de inspección.

#### **5.4.7 MATRIZ DE VARIABLES**

Las matrices de variables que se presentan a continuación para cada uno de los equipos pesados que conforman la flota de la Gerencia de Procesamiento de Mineral de Hierro, fue realizada con la finalidad de analizar las técnicas de verificación de condiciones con el propósito de determinar para cada uno de los equipos críticos y los valores límites de aceptabilidad de las características o variables que se quiera medir.

Las matrices de variables elaboradas para este estudio contienen las siguientes características: La parte a inspeccionar, el punto a inspeccionar y las variables que se van a examinar.



a) **MODELO – MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

**TABLA 5.16. MODELO MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

<b>PARTE A INSPECCIONAR</b>	<b>PUNTO A INSPECCIONAR</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacío
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacío
Panel de Control	Temperatura del Agua	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Válvula de Alivio Principal	Presión del Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
<b>TRANSMISIÓN</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba

**Fuente:** Elaboración Propia.

b) **MODELO - MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO**

**TABLA 5.17. MODELO MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO**

<b>PARTE A INSPECCIONAR</b>	<b>PUNTO A INSPECCIONAR</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja en Vacío
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta en Vacío
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacío
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacío
Panel de Control	Temperatura del Agua	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
	Válvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala
<b>TRANSMISIÓN</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor

Fuente: Elaboración Propia.

c) MODELO - MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE ACARREO

TABLA 5.18. MODELO MATRIZ DE VARIABLES DE LOS EQUIPOS DE ACARREO

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Níquel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vació
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vació
Panel de Control	Temperatura del Agua	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite
	Panel de Control	Temperatura del Aceite
	Válvula de Alivio	Presión máxima del sistema

Fuente: Elaboración Propia.

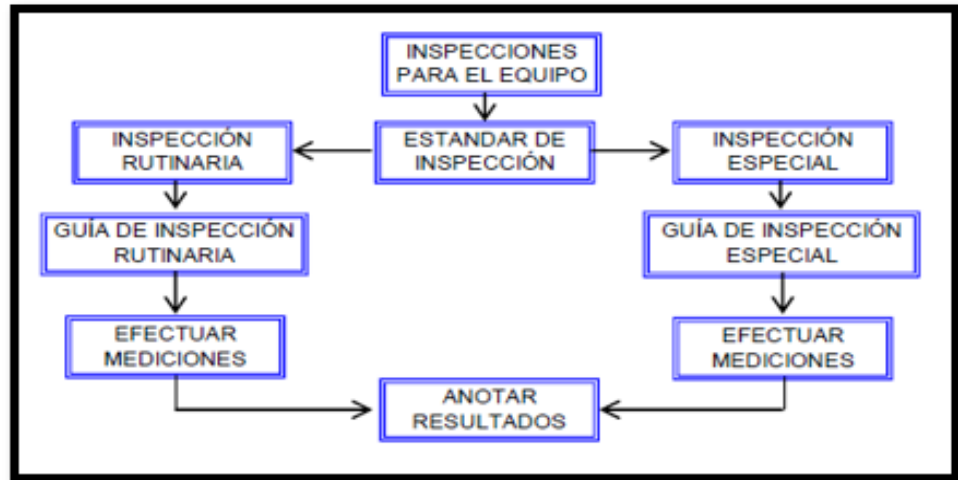
Las tablas anteriormente analizadas identifican cada una de las variables que deben ser controladas desde el punto de vista de operación y mantenimiento de los equipos, esta información será esencial para establecer aspectos fundamentales para la creación del estándar de inspección; tales como: disposición de instrumentos y técnicas capaces de comprobar el parámetro a ser medido, variables de condición que indiquen el estado de la máquina y el avance de una falla, los períodos de medición que permitan la detección de la falla y definan los puntos de medición para obtener valores de control confiables que permitan una detección de los defectos de la máquina.

#### **5.4.8 ESTÁNDAR DE INSPECCIÓN**

El estándar de inspección diseñado para cada uno de los equipos pesados en estudio y que se aplicará a todos los Equipos pertenecientes a la Gerencia de Operaciones de Minera Chinalco Proyecto Toromocho (MCHPT) es un documento que indica cada una de las inspecciones que deben efectuarse a los equipos, además define la unidad de medida de la variable a inspeccionar, el instrumento que se necesita, el rango normal de la variable, la frecuencia de inspección, el estado de funcionamiento que debe tener el equipo y la especialidad de la persona que se requiere para realizar la revisión. Las inspecciones de acuerdo al estado y tiempo de operación de los equipos se clasifican en inspecciones rutinarias e inspecciones especiales, una inspección rutinaria se caracteriza por efectuarse cada 250 horas de funcionamiento y con el equipo en operación, mientras que una inspección especial se caracteriza por efectuarse con el equipo fuera de operación cada 500 horas de funcionamiento, generando guías de inspección rutinarias y guías de inspección especial. Las inspecciones para un equipo se desglosan

como se muestra en la figura que se presenta a continuación (FIGURA.5.30.).

**FIG.5.30. DIAGRAMA DE PROGRAMA DE INSPECCIÓN**



Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.4.9 INSPECCIONES DE MANTENIMIENTO

La aplicación del Plan de mantenimiento ejecuta programas de inspección de mantenimiento predictivo elaborado para los Equipos Pesados, dicha inspección se realizó en correlación con el programa de mantenimiento preventivo, con el objetivo de disminuir los tiempos de mantenimiento y facilitar su ejecución y programación. Los registros de los datos obtenidos en las planillas de inspección de mantenimiento, serán vaciados y almacenados en un software (Excel) o programas de ERP - Mantenimiento, para posteriormente ser graficados, para de esta manera observar mejor el comportamiento de las variables medidas.

##### 5.4.9.1 ESTANDAR DE INSPECCION PARA LOS EQUIPOS DE CARGUIO

El programa de Inspección de mantenimiento predictivo creado para los Equipos Pesados de la Gerencia de Operaciones de MCHPT es el siguiente:

a) **ESTANDAR DE INSPECCION PARA LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

**TABLA 5.19. ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75 -110	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5 - 10	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15 -20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10 - 20	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30 - 40	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11 - 15	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20 - 30	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite	Cst	Medir	Viscosimetro	250	12,5 - 16,3	Servicio	Quimico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	40 + - 5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	250	60 + - 10	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacio	RPM	Chequear	Tacometro	250	900	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio. Equipos 928 F	RPM	Chequear	Tacometro	250	2325	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacio. Equipos 928 G	RPM	Chequear	Tacometro	250	2445	Servicio	Mecánico
Panel de Control	Temperatura del Agua	°C	Chequear	Sender	250	75 - 93	Servicio	Mecánico	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25 - 300	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5 - 45	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 75	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 9	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10 - 200	F. Servicio	Quimico
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 20	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 15	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 8	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0 - 6	F. Servicio	Quimico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1 - 10	F. Servicio	Quimico
	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	250	3600+-100	F. Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	°C	Observar	Termocupla	250	60 - 80	Servicio	Mecánico

Fuente: Elaboración Propia.

**b) ESTANDAR DE INSPECCION PARA LOS EQUIPOS DE CARGUIO**

**TABLA 5.20. ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75-110	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5-10	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15-20	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10-20	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30-40	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11-15	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20-30	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	250	12,5-16,3	Servicio	Químico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vel. (Vacío)	Psi	Chequear	Manómetro	250	40+ -5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250	60+ -10	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacío. D8N	RPM	Chequear	Tacómetro	250	750	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacío. D8N	RPM	Chequear	Tacómetro	250	2285	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacómetro	250	800	Servicio	Mecánico
Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacómetro	250	2160	Servicio	Mecánico	
Panel de Control	Temperatura del Agua	°C	Chequear	Indicador	250	75-93	Servicio	Mecánico	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25-300	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5-45	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-10	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-75	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0-9	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-200	F. Servicio	Químico
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-40	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-40	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-15	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-8	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0-6	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-50	F. Servicio	Químico
	Valvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala	Psi	Chequear	Manómetro	250	2500+50	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	°C	Observar	Termocupla	250	60-80	Servicio	Mecánico

Fuente: Elaboración Propia.

**c) ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE ACARREO**

**TABLA 5.21. ESTANDAR DE INSPECCION DE LOS EQUIPOS DE ACARREO**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	FREC.	RANGO NORMAL	ESTADO DEL EQUIPO	INSPECTOR
<b>MOTOR DIESEL</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	75-110	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	5-10	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	15-20	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	10-20	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	30-40	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	11-15	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	250	20-30	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	250	0	Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 Cº del Aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	250	12,5-16,3	Servicio	Químico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vel. (Vacío)	Psi	Chequear	Manómetro	250	40+ -5	Servicio	Mecánico
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manómetro	250	60+ -10	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacío. D8N	RPM	Chequear	Tacómetro	250	750	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacío. D8N	RPM	Chequear	Tacómetro	250	2285	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Baja Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacómetro	250	800	Servicio	Mecánico
	Damper	Velocidad del Motor en Alta Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacómetro	250	2160	Servicio	Mecánico
Panel de Control	Temperatura del Agua	ºC	Chequear	Indicador	250	75-93	Servicio	Mecánico	
<b>MANDOS FINALES</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	25-300	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	5-45	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-10	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-75	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0-9	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-200	F. Servicio	Químico
<b>HIDRÁULICA</b>	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-40	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-40	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-15	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	1-8	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	0-6	F. Servicio	Químico
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	500	10-50	F. Servicio	Químico
	Valvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala	Psi	Chequear	Manómetro	250	2500+50	Servicio	Mecánico
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	ºC	Observar	Termocupla	250	60-80	Servicio	Mecánico

Fuente: Elaboración Propia.



### 5.4.9.2 GUIA DE INSPECCIÓN DE 250 HORAS

**TABLA 5.22. GUIA DE INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE PERFORACIÓN**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS				
							1	2	3	4	
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110					
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10					
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20					
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20					
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40					
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15					
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30					
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0					
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0					
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	12,5 - 16,3					
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5					
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Velocidad	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10					
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Baja Vacío	RPM	Chequear	Tacometro	900					
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacío Equipos 928 G	RPM	Chequear	Tacometro	2445					
	Panel de Control	Velocidad del Motor en Alta Vacío Equipos 928 F	RPM	Chequear	Tacometro	2325					
Panel de Control	Temperatura del Agua	°C	Chequear	Sender	75 - 93						
HIDRÁULICO	Valvula de Alivio Principal	Presión del Aceite	Psi	Medir	Manometro	3600+100					
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	°C	Observar	Termocupla	60 - 80					
TRANSMISIÓN	Convertidor	Temperatura del Aceite del Convertidor	°C	Chequear	Termocupla	<130					
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130+ -10					
	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80					
	Bomba de Transmisión	Presión de la Bomba	Psi	Medir	Manometro	400					
ELABORADO POR:						APROBADO POR:					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					

Fuente: Elaboración Propia.

**TABLA 5.23. GUIA DE INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGUIO**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 250 HORAS				
							1	2	3	4	
MOTOR DIESEL	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	75 -110					
	Toma de Muestra	Contenido de Niquel en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 10					
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 -20					
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 20					
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 40					
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	11 - 15					
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	20 - 30					
	Toma de Muestra	Contenido de Diesel en el Aceite	%	Medir	Decantación	0					
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0					
	Toma de Muestra	Viscosidad a 100 C° del Aceite	Cst	Medir	Viscosímetro	12,5 - 16,3					
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Baja Vacío	Psi	Chequear	Manometro	40 + - 5					
	Bomba de Aceite	Presión del Aceite en Alta Vacío	Psi	Chequear	Manometro	60 + - 10					
	Damper	Velc. del Motor en Baja Vacío. D8N	RPM	Chequear	Tacometro	750					
	Damper	Velc. del Motor en Baja Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacometro	2285					
	Damper	Velc. del Motor en Alta Vacío. D9L	RPM	Chequear	Tacometro	2160					
	Panel de Control	Temperatura del Agua	°C	Chequear	Indicador	75 - 93					
	Panel de Control	Temperatura del Aceite	°C	Observar	Termocupla	60 - 80					
	HIDRÁULICO	Valvula de Alivio	Presión del Aceite, Usando el Circuito de Inclinación de la Pala	Psi	Chequear	Manometro	2500+50				
Convertidor		Temperatura del Aceite del Convertidor	°C	Chequear	Sender	<130					
TRANSMISIÓN	Convertidor	Presión de Salida del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	60 - 80					
	Convertidor	Presión de Entrada del Convertidor	Psi	Chequear	Manometro	130					
ELABORADO POR:						APROBADO POR:					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					
Nombre: _____						Nombre: _____					
Fecha: _____						Fecha: _____					

Fuente: Elaboración Propia.

### 5.4.9.3 GUIA DE INSPECCION DE 500 HORAS

**TABLA 5.24. GUIA DE INSPECCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACARREO**

PARTE A INSPECCIONAR	PUNTO A INSPECCIONAR	VARIABLES	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	INSTRUMENTO	RANGO NORMAL	FRECUENCIA 500 HORAS			
							1	2	3	4
HIDRAULICA	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 20				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	0 - 8				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 10				
TRANSMISIÓN	Toma de Muestra	Contenido de Hierro en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	30 - 300				
	Toma de Muestra	Contenido de Silicio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	5 - 50				
	Toma de Muestra	Contenido de Aluminio en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	1 - 40				
	Toma de Muestra	Contenido de Plomo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	10 - 75				
	Toma de Muestra	Contenido de Cromo en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	2 - 15				
	Toma de Muestra	Contenido de Cobre en el Aceite	ppm	Medir	Filtro	15 - 100				
	Toma de Muestra	Contenido de Agua en el Aceite	%	Medir	Decantación	0				

<p style="text-align: center;"><u>ELABORADO POR:</u></p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p>	<p style="text-align: center;"><u>APROBADO POR:</u></p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p> <p>Nombre: _____</p> <p>Fecha: _____</p>
--	---

**Fuente:** Elaboración Propia.

## VI. DISCUSION DE LOS RESULTADOS

### 6.1 CONTRASTACIÓN Y DEMOSTRACIÓN DE LA HIPOTESIS CON EL RESULTADO

#### 6.1.1 Tiempos de las actividades optimizadas de la Perforadora de agujeros para explosivos giratoria MD6640-CAT. y cálculo de los índices de operación.-

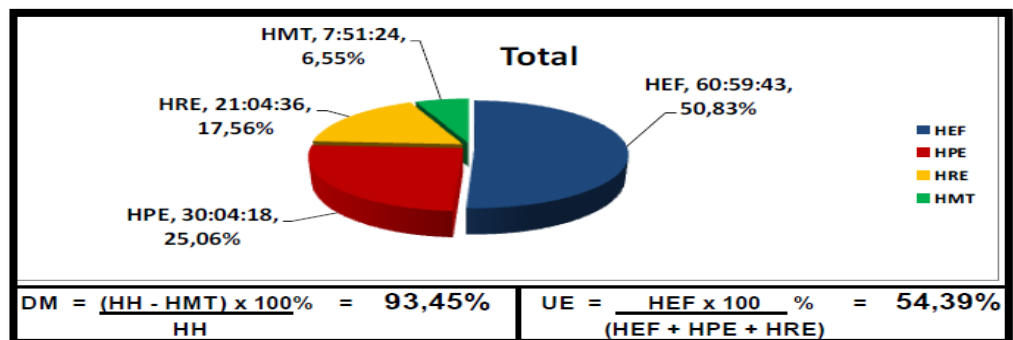
Se incrementó las HEF en 15,26% y se redujo las HMT, HPE, HRE en -3,27%, -10,52%, -1,48%.

Tabla Nº 6.1. Tiempos optimizados – Perforadora MD6640 #1

Suma de Tiempo Consolidado					
Actividad	HRE	HPE	HMT	HEF	Total general
Perforacion Negativa				16:39:18	16:39:18
Extraccion de Barras				13:03:45	13:03:45
Posicionamiento al punto de Perforacion				10:54:50	10:54:50
Refrigerio	10:47:25				10:47:25
Cambio de Guardia	10:17:11				10:17:11
Perforacion Positiva				9:48:37	9:48:37
Falla Mecanica			7:51:24		7:51:24
Perforacion de Servicio				7:43:33	7:43:33
Espera por falta de servicios		7:10:16			7:10:16
Atasco de Barras de Perforación		4:55:46			4:55:46
Check List e Inspeccion del Equipo		4:15:37			4:15:37
Inspeccion del Area de trabajo		4:06:12			4:06:12
Supervision		2:50:37			2:50:37
Traslado de Equipo				2:49:40	2:49:40
Voladura secundaria		2:36:07			2:36:07
Trabajo de Scoop		1:26:13			1:26:13
Instalacion o desinstalacion de Servicios		1:19:27			1:19:27
Topografos		1:08:52			1:08:52
Observacion de orientacion		0:15:11			0:15:11
<b>Total general</b>	<b>21:04:36</b>	<b>30:04:18</b>	<b>7:51:24</b>	<b>60:59:43</b>	<b>120:00:00</b>
	<b>17,56%</b>	<b>25,06%</b>	<b>6,55%</b>	<b>50,83%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

FIG.6.1 Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD6640 #1



Fuente: Elaboración Propia.

6.1.2 Tiempos de las actividades optimizadas registradas de la Perforadora de cadenas MD5125 y cálculo de los índices de operación.

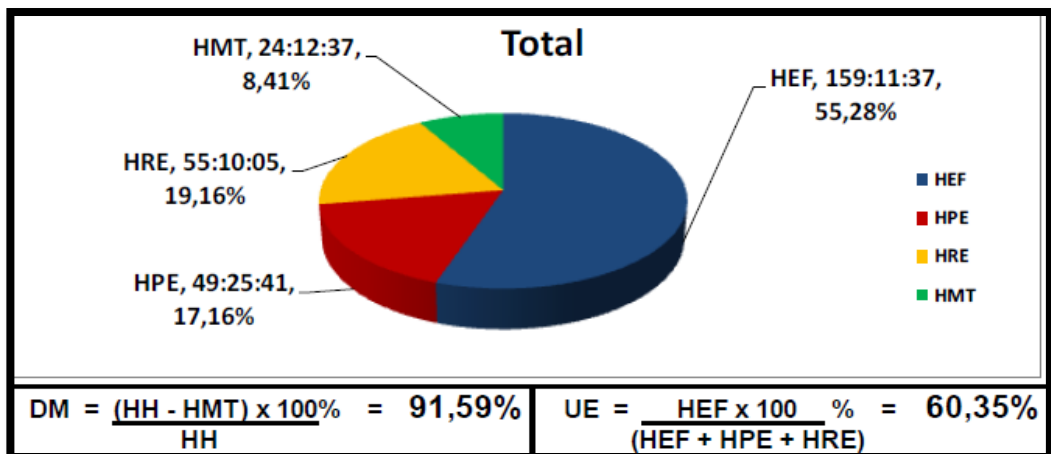
Se incrementó las HEF y HMT en 11,45%, 2,35% y se redujo las HPE y HRE en -11,42%, -2,38%.

Tabla Nº 6.2. Tiempos optimizados – Perforadora MD5125 #2

Suma de Tiempo Real	HEF	HMT	HPE	HRE	Total general
Extraccion (BA), Limpieza (TA), Pos. Brazo	44:01:26				44:01:26
Traslado de Equipo	30:55:14				30:55:14
Colocacion Perno de Sostenimiento	29:10:03				29:10:03
Refrigerio				28:45:11	28:45:11
Cambio de guardia				26:24:54	26:24:54
Falla Mecanica		24:12:37			24:12:37
Perforacion en frente de Produccion	17:57:27				17:57:27
Perforacion en frente Desarrollo	17:13:03				17:13:03
Instalacion o desinstalacion de Servicios			16:11:15		16:11:15
Perforacion de Sostenimiento	10:22:05				10:22:05
Posicionamiento al punto de Perforacion	9:32:19				9:32:19
Trabajo de Scoop			9:30:00		9:30:00
Espera por falta de servicios			9:14:54		9:14:54
Check List e Inspeccion del Equipo			8:25:54		8:25:54
Voladura secundaria			3:18:14		3:18:14
Topografos			2:45:24		2:45:24
<b>Total general</b>	<b>159:11:37</b>	<b>24:12:37</b>	<b>49:25:41</b>	<b>55:10:05</b>	<b>288:00:00</b>
	<b>55,28%</b>	<b>8,41%</b>	<b>17,16%</b>	<b>19,16%</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

FIG.6.2. Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD5125 #2



Fuente: Elaboración Propia.

**6.1.3 Tiempos de las actividades optimizadas registradas de la Perforadora Giratoria MD6240 y cálculo de los índices de operación.**

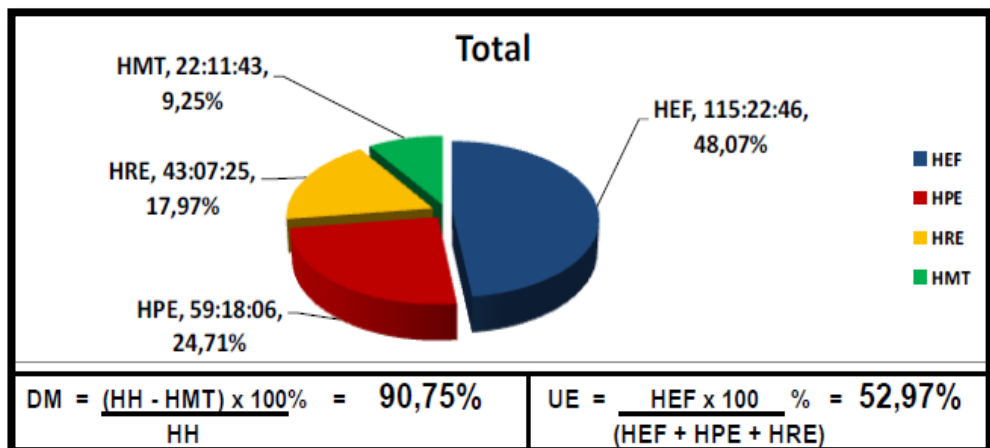
Se incrementó las HEF y HMT en 15,62% y 2,73%, se redujo las HPE y HRE en - 11,72%, - 6,63%.

**Tabla Nº 6.3. Tiempos optimizados - Perforadora MD6240 #2**

Suma de Tiempo x Actividades	HEF	HMT	HPE	HRE	Total general
Perforacion Negativa	54:12:43				54:12:43
Posicionamiento al punto de Perforacion	25:58:37				25:58:37
Extraccion de Barras	24:08:01				24:08:01
Instalacion o desinstalacion de Servicios			22:58:14		22:58:14
Falla Mecanica		22:11:43			22:11:43
Refrigerio				21:57:14	21:57:14
Cambio de Guardia				21:10:11	21:10:11
Traslado de Equipo	11:03:25				11:03:25
Espera por falta de servicios			9:11:54		9:11:54
Inspeccion del Area de trabajo			6:30:19		6:30:19
Observacion de orientacion			5:48:11		5:48:11
Atasco de Barras de Perforación			4:54:11		4:54:11
Check List e Inspeccion del Equipo			3:40:11		3:40:11
Supervision			3:35:54		3:35:54
Voladura secundaria			1:59:14		1:59:14
Combustible			0:39:58		0:43:04
<b>Total general</b>	<b>115:22:46</b>	<b>22:11:43</b>	<b>59:18:06</b>	<b>43:07:25</b>	<b>240:00:00</b>
	<b>48.07%</b>	<b>9.25%</b>	<b>24.71%</b>	<b>17.97%</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**FIG.6.3. Cálculo de los KPIs optimizados - Perforadora MD6240 #2**



Fuente: Elaboración Propia.

#### 6.1.4 Comparación de los resultados obtenidos de los indicadores clave de desempeño de los equipos de perforación.

Se observó que los KPIs incrementaron positivamente en las operaciones mineras lo cual favorece a la producción, la disponibilidad mecánica sufrió un incremento negativo en el caso de la Perforadora MD5125 y la Perforadora MD6240, pero esto no repercutió en las operaciones de manera significativa ya que la disponibilidad mecánica sigue por encima del 90%.

**Tabla N° 6.4. Cuadro comparativo de los indicadores de gestión de mantenimiento (KPIs).**

<b>Índices Operacionales</b>						
	Perforadora MD6640		Perforadora MD5125		Perforadora MD6240	
	Antes	Despues	Antes	Despues	Antes	Despues
Disponibilidad Mecánica	90.19%	93.45%	93.95%	91.59%	93.48%	90.75%
Utilización Efectiva	39.44%	54.39%	46.65%	60.35%	34.72%	52.97%
Rendimiento Operativo	36.15 TM/hr	49.15 TM/hr	44.73 TM/hr	56.83 TM/hr	45.53 TM/hr	64.28 TM/hr
Rendimiento Efectivo	72.29 TM/hr	73.38 TM/hr	73.91 TM/hr	74.47 TM/hr	96.63 TM/hr	97.31 TM/hr

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 6.5. Cuadro de incremento de los Índices Operacionales (KPIs).**

<b>Incrementos de los Índices Operacionales</b>			
	Perforadora MD6640	Perforadora MD5125	Perforadora MD6240
	Incremento	Incremento	Incremento
Disponibilidad Mecánica	(+) 3.26%	(-) 2.36%	(-) 2.73%
Utilización Efectiva	(+) 14.95%	(+) 13.70%	(+) 18.25%
Rendimiento Operativo	(+) 13.0 TM/hr	(+) 12.10 TM/hr	(+) 18.75 TM/hr
Rendimiento Efectivo	(+) 1.09 TM/hr	(+) 0.56 TM/hr	(+) 0.68 TM/hr

Fuente: Elaboración Propia.

Significando que se subsano las deficiencias de las limitaciones optimizando el plan de mantenimiento propuesto a la flota de maquinaria pesada de minería, cuyo resultado incremento la rentabilidad de la empresa. El resultado de este proyecto de investigación incremento las HEF y redujo las HMT, HPE y HRE, mejorando la productividad de la empresa minera.

#### **6.1.5 Otros resultados obtenidos del análisis y desarrollo de la implementación del plan de mantenimiento preventivo en MCHPT.**

- Los análisis de los índices de mantenimiento propuestos cada mes llevan un control de tendencia positiva mejorando la disponibilidad de los equipos pesados en donde haya deficiencia, priorizando las intervenciones.
- No hubo considerable incremento de la flota de equipos pesados para cubrir el incremento de la producción y el traslado del mineral, los tiempos inoperativos fueron relevados por tiempos operativos.
- El mejoramiento del control de inventario en el taller de Equipos Pesados, (siendo pilar fundamental en la ejecución del plan de mantenimiento), con el fin de llevar un control riguroso del inventario de los filtros, partes y componentes de los Equipos Pesados, reduciéndose las demoras significativamente de los mantenimientos realizados; no solo por las técnicas de mantenimiento predictivo sino también por contar con los repuestos en stock.
- En los controles de gestión de calidad del mantenimiento, no necesariamente se utilizará software especializado, ya que se pueden hacer de forma sencilla, utilizando bases de datos de las existentes en los paquetes que traen las PC, aunque esto signifique respuesta de las intervenciones de mantenimiento que se deseen.

- La ejecución del plan de mantenibilidad es rentable en razón de aumento de la producción y por ende los márgenes de ganancia son aceptables, la TIR es mayor al 95%, permitiendo una rápida recuperación de la inversión y generando futuros gananciales al optimizar la producción.
- Se levantó las limitaciones y se ejecutó el procedimiento de mantenibilidad (preventivo) a la flota de maquinaria pesada de minería paralelamente, para incrementar la productividad y rentabilidad de la empresa.
- El resultado de este proyecto de investigación incremento las HEF y redujo las HMT, HPE y HRE, optimizando la productividad. Asimismo los resultados obtenidos del desarrollo del Plan de Mantenimiento Preventivo nos demuestra que:
- Se incrementó los índices operacionales de gestión de mantenimiento optimizando la productividad y rentabilidad de la empresa minera.
- Se incrementó la disponibilidad debido a que los camiones 777F tuvieron menos paradas por fallas en el periodo 2017.
- Como consecuencia del incremento de la confiabilidad de los camiones 777F, se tuvo mayor disponibilidad de los camiones y por lo tanto mayor movimiento de mineral con lo cual se incrementó la producción de cobre fino.
- Como consecuencia del incremento de la confiabilidad de los camiones 777F, se tuvieron menores paradas con respecto al periodo anterior por lo tanto se redujeron las horas extras del personal técnico mecánico/electricista, menor costo de personal.



## 6.2 Contratación de los resultados con otros estudios similares

Los resultados de la hipótesis general demostraron que el plan de mantenimiento preventivo propuesto se relaciona de manera positiva y eficaz con los indicadores de gestión de mantenimiento de los equipos mineros de la Unidad Minera Chinalco Proyecto Toromocho S.A, por lo tanto, se puede constatar que la **utilización efectiva** y el **rendimiento efectivo** es mayor (incremento) en los equipos mineros.

En su investigación **Urrego (2017)**, concluyó que es obligatorio un mantenimiento preventivo para los equipos con el fin de evitar fallas repetitivas en los mismos componentes y de evitar el deterioro progresivo, se debe hacer énfasis en las recomendaciones del fabricante, se debe brindar capacitación al personal para evitar errores humanos, estar siempre a la vanguardia con las nuevas tecnologías que van enfocadas en el mantenimiento preventivo; por último, se concluye que la implementación de un plan de mantenimiento preventivo es vital para la producción de cualquier empresa, de él va a depender que la empresa cuente con una estabilidad económica rentable.

Para las hipótesis específicas se comprobó que la mayor eficacia del mantenimiento mejora de manera considerable la disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la Unidad Minera Chinalco Proyecto Toromocho S.A, por lo que se puede afirmar que los promedios de número de fallas de los equipos de operaciones de la mina fueron menores después de la implementación del plan de mantenimiento preventivo.

En su investigación **Uzcátegui (2014)**, concluyó que, la gestión de mantenimiento que se propuso para la maquinaria pesada perteneciente al proceso de carga y transporte de mineral interno en la planta fue diseñada para servir de elemento referencial, que de forma

sistemática y ordenada establecerá los parámetros mediante los cuales se ejecutaran las actividades de mantenimiento anualmente. Para la creación del diseño y formato de programación se tomó como base la Norma COVENIN 3049-93, este plan de mantenimiento está sustentado en tareas que fueron establecidas tomando en cuenta las condiciones iniciales de cada máquina, en el que se especifica las actividades a ejecutar, el tiempo máximo para hacer la tarea, la unidad ejecutora, la frecuencia con que se debe realizar y la mano de obra necesaria, cabe destacar, que también se incorporaron acciones preventivas, correctivas, rutinarias y predictivas.

En su investigación **Huari (2017)**, al analizar los resultados de su investigación, demostró que los equipos no contaban con la disponibilidad requerida ya que se no se le aplicaba ningún tipo de mantenimiento; luego de haber implementado el programa que se diseñó la disponibilidad de los equipos colectores mejoro de 84,21% a un 94,71%, de igual manera que disminuyeron los riesgos y fallas reflejados en la mejora de los índices de gestión de mantenimiento.

### **6.3 Responsabilidad ética de acuerdo a los reglamentos vigentes**

El presente trabajo de investigación, se realizó cumpliendo todos los requisitos de protocolos de proyectos e informe final de investigación de post-grado, de consentimiento a disposiciones vigentes de la institución universitaria y de conformidad a las normas **ISO 690** (utilizado mayormente en tesis de ciencias e ingeniería), se ha respetado la autoría de las fuentes de investigación utilizadas en este proyecto.

Significando, que los datos obtenidos fueron fielmente consignados en la sección resultados, sin alterar o manipular su naturaleza de investigación.

## **CONCLUSIONES**

Del desarrollo y análisis del estudio efectuado, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- I. La identificación de los malos actores o fallas repetitivas en los equipos permite que el personal de mantenimiento realice canalización adecuada de los recursos disponibles para la solución de problemas, evitando de esta manera inversiones de alto costo en fallas que pueden o no ser consideradas de alto impacto.
- II. En ocasiones el Análisis de Pareto puede ser visto como un método correctivo que actúa sobre los efectos producidos por aquellas causas reales o latentes no identificadas.
- III. El Análisis de Pareto constituye una buena herramienta cuantitativa de identificación de problemas que a través de los registros de fallas incluidos en las bases de datos disponibles, permite mostrar claramente los malos actores que se encuentran afectando la productividad y disponibilidad de los equipos en un determinado tiempo.
- IV. La implementación del programa de mantenimiento preventivo enfocado hacia el análisis de aceite, será una herramienta imprescindible que permitirá conocer el estado técnico de los sistemas hidráulicos, tren de potencia y motor diesel, controlando la proporción de desgaste de un componente determinado, identificando y midiendo la concentración de los elementos de desgaste.
- V. Para controlar cualquier actividad ésta debe de ser medida, es así que esta tesis demuestra que es factible medir los índices operacionales, en la cual cambiarán los parámetros y se obtendrá la optimización con la finalidad de incrementar la productividad y rentabilidad de la empresa.

- VI. Los equipos de perforación incrementaron sus utilidades efectivas bajas (<40%) a utilidades efectivas moderadas e ideales (>40%). Los equipos de carguío poseen utilidades efectivas moderadas a ideales (>40%) y los equipos de acarreo poseen utilidades efectivas ideales (>50%).
- VII. Las fallas que impactaron significativamente en la confiabilidad de los equipos de perforación y de carguío son del tipo mecánica e hidráulicas y estructural, y sus causas más comunes fueron producto de fallas en los segmentos de las ruedas motrices y daños en la cadena de la oruga, copas y pernos rotos o flojos, fugas de aceite hidráulico por mangueras y sellos rotos.
- VIII. En los Camiones Mineros, las fallas que más impactaron significativamente la confiabilidad del equipo son del tipo eléctrica y mecánica, y las causas más comunes fueron producto de fallas en el sistema de velocidad e inyección.
- IX. El resultado del análisis de cada muestra de aceite representa indirectamente la condición del motor, mandos finales, hidráulico y transmisión de los equipos pesados al momento de la toma de la muestra y que llevado a un control estadístico de tendencias de las características físico-químicas y de la concentración de metales del aceite lubricante, permite la detección temprana de niveles de contaminación; determinando el período de reemplazo de las partes asociadas al problema.
- X. Los niveles de variación de las características físico-químicas, de concentración de metales y de contaminantes, concentración de silicio, sirven para establecer el diagnóstico del estado técnico de los sistemas estudiados y permiten efectuar un mantenimiento programado planificando el presupuesto de mantenimiento.

## **RECOMENDACIONES**

### **Primera:**

Se recomienda a la Compañía Minera Chinalco (Ampliación Toromocho), seguir implementado de manera adecuada la gestión de mantenimiento preventivo que se les propuso en esta investigación, ya que fue evidente la mejoría que se logró en la disponibilidad de los equipos y/o maquinaria cuando el plan se puso en marcha.

### **Segunda:**

Debido a que se comprobó que la mayor eficacia del mantenimiento influye directamente con las guías de gestión de mantenibilidad (KPIs), de los equipos mineros, se recomienda que se hagan evaluaciones periódicas que determinen que el plan de mantenimiento que se ejecuta es el adecuado para la maquinaria, porque con el pasar del tiempo los avances tecnológicos son cada vez más innovadores, al igual que los fabricantes innovan para crear equipos de última generación y más inteligentes que con los que ya cuenta la organización.

### **Tercera:**

Se recomienda mantener un control constante a los KPIs de todos los equipos involucrados en el estudio, así como de toda la maquinaria pesada de MCHPT, para mantener los rendimientos óptimos.

### **Cuarto:**

Es importante contar con un área de productividad, para la mejora de los procesos y procedimientos relacionados con la tarea de mantenimiento y operación de los equipos mineros.

### **Quinto:**

Realizar programas anuales de labores de desarrollo y explotación para cubrir el incremento de la producción.

**Sexto**

Se recomienda realizar una capacitación constante a los operadores en temas de ingeniería de mantenimiento, seguridad, operación de equipos, lubricación, tren de potencia, armado y desarmado de componentes, motores y uso de herramientas de gestión como una mejora continua.

**Séptimo**

Instruir a todo el personal encargado del mantenimiento de los equipos pesados sobre los procedimientos correctos de muestreo de aceite con la herramienta especial recomendada por el fabricante de los equipos (caterpillar) para la toma de muestras de aceite (bomba de extracción de vacío y sondas para válvulas) dado que esta ayuda a que el muestreo sea más representativo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

1. CAMPBELL, John D. and REYES-PICKNELL, James (2006), Uptime, 2nd Edition: Strategies for Excellence in Maintenance Management, Productivity Press, ISBN 978-1-56327-335-3.
2. CUATRECASAS, Luís. Organización de la producción y dirección de operaciones: Sistemas actuales de gestión eficiente y competitiva. Madrid, España. Díaz de Santo, 2000. 142 pp. (Pistarelli, 2010, p. 72). ISBN: 9788479789978.
3. CUATRECASAS, Luís. TPM (Total Productive Maintenance): Hacia la competitividad a través de la eficiencia de los equipos de producción. España. Ediciones Gestión 2000, SA – Barcelona, 2003. pp. 163-311. ISBN: 84-8088-842-3.
4. HIGGINS y WIKOFF. 2008. *Maintenance Engineering Handbook*. United States of America: s.n., 2008. 978-0071546461.
5. HUARI, Nayeli. Programa de Mantenimiento basado en la Confiabilidad para mejorar la Disponibilidad de un Colector Parabólico Cilíndrico Solar. (Tesis de Maestría en Gestión de Mantenimiento, en la Universidad Nacional Del Centro Del Perú). 2017. Disponible en: <https://bit.ly/2TYmBOe>.
6. Ingeniería de Mantenimiento. Adolfo Crespo Márquez; Pedro Moreu de León; Antonio Sánchez Herguedas. Ed. AENOR. ISBN: 84-8143-310-X.
7. ISHIKAWA, Kaoru. ¿Qué es el control total de la calidad? La modalidad japonesa. Tokio, Japón. Grupo editorial Norma, 1999. 04 pp. ISBN: 9580470405.

8. JURAN, Joseph. Manual de control y calidad. 2a. ed. Barcelona, España. Grupo editorial Reverte 1974. 05 pp. ISBN: 8448132823
9. MALDONADO H. & SIGÜENZA L. (2012) Tesis "Propuesta de un plan de mantenimiento para maquinaria Pesada de la Empresa Minera Dynasty Mining del cantón Portovelo." Facultad de Ingeniería Mecánica Automotriz de la Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. Obtenido de: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1759/12/UPSCT002328>.
10. MAYNARD, Harold. Manual del ingeniero industrial. 5a. ed. Jalisco, México. McGraw Hill, 2006. 231 pp. ISBN: 9789701047965
11. MINERA CHINALCO (2018) Chinalco Educa. LIMA - PERÚ: Chinalco.
12. MIRANDA, Francisco, CHAMORRO, Antonio y RUBIO, Sergio. Introducción a la gestión de la calidad. Madrid, España. Delta publicaciones, 2007. 08 pp. ISBN: 8496477649.
13. MOUBRAY, John (2000) Edición en español. RCM2. Gran Bretaña: Biddles. ISBN: 09539603-2-3.
14. ÑAVINCOPA, Carlos E. (2006) Gestión de Equipo Pesado. Lima: Instituto Superior Tecnológico Tecsup.
15. OLIVERIO, Palencia. Gestión moderna del mantenimiento Industrial. Bobota, Colombia. Editorial: Digiprint Editores, 2012. 73 pp. ISBN: 9879587620511.
16. PALOMARES, Elvis David. 2015. IMPLEMENTACIÓN DEL MANTENIMIENTO CENTRADO EN LA CONFIABILIDAD (RCM) AL SISTEMA DE IZAJE MINERAL, DE LA COMPAÑÍA MINERA MILPO, UNIDAD - EL PORVENIR. Universidad Nacional de Ingeniería, Perú: 2015.



17. PARRA, Carlos. (2006) Mantenimiento Centrado en Confiabilidad. Caracas: Universidad de los Andes.
18. TECSUP (2015) Equipo Pesado Móvil. Lima: Tecsup.
19. TECSUP (2015) Gestión del Mantenimiento I. Lima: Tecsup.
20. TECSUP (2016) Gestión del Mantenimiento II. Lima: Tecsup.
21. TECSUP (2016) Mantenimiento de Equipo Pesado I. Lima: Tecsup.
22. RIVERA, José. Modelo de toma de decisiones de mantenimiento para evaluar impactos en disponibilidad, mantenibilidad, confiabilidad y costos. Tesis (Magister en Gestión y Dirección de Empresas). Santiago de Chile: Universidad de Chile. Chile. 2015. Disponible en: <https://bit.ly/2S56nVO>.
23. SMITH, D. (1993). Fiabilidad, mantenibilidad y riesgo. (8. ed.). Butterworth-Heinemann. Estados Unidos, New York.
24. TAVARES, Lourival. Administración moderna de mantenimiento. Brasil: Universidad Federal de Rio de Janeiro. 2008. 62 pp.
25. URREGO, Juan. Elaboración de un plan de mantenimiento preventivo para equipos de la línea de perforación de la empresa Cimentaciones de Colombia LTDA. Tesis (Magister en Ingeniería Industrial). Bogotá: Universidad Santo Tomas. Colombia 2017. Disponible en: 89. <https://bit.ly/2OGjZ5T>.
26. UZCÁTEGUI, Marjorie. Gestión del mantenimiento de la maquinaria pesada del proceso de carga y transporte de la empresa Construcciones Asfalto Andes, C.A. Tesis (Magister en Gestión Empresarial). Mérida: Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa Dr. Antonio Nuñez Jiménez. Cuba 2014. Disponible en: <https://bit.ly/2OGknRT>.

27. VASQUEZ, Miguel. Administración de mantenimiento de flota vehicular y la calidad de servicio de una empresa de reparaciones automotriz de Lima, 2017. Tesis (Magister en Administración de Negocios - MBA). Lima: universidad Cesar Vallejo. Perú. 2018. Disponible en: <https://bit.ly/2sEnO18>.
28. VELASCO, Juan. Gestión de la calidad, mejora continua y sistemas de gestión. Madrid, España. Editorial Pirámide, 2005. 128 pp. ISBN: 8436819764
29. VILLACREZ, Ricardo. Diseño e implementación de un plan de mantenimiento preventivo en la empresa Cineplanet S.A. Tesis (magister en Gestión Empresarial). Lima, Perú. 2016. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/handle/UNAC/2057f>.
30. WESTCOTT, Paul. (2011) Capital and Operating Cost Estimation for Open Pit Mining. Equipment. Sydney: Ausimm.

## ANEXOS:

- Anexo 1-A.- Formato para la toma de tiempos de los equipos de perforación.

<b>FORMATO PARA LA TOMA DE TIEMPOS DE LOS EQUIPOS DE PERFORACION</b>								
CONTROLADOR _____				FECHA _____				
OPERADOR _____				EQUIPO _____				
RAMPA _____		NIVEL _____		LABOR _____		SECCION _____		
Actividad	H. Inicio	H. Fin	# Taladro	Tipo de Taladro	e Broca (mm)	Long. Taladro (m)	Angulo (º)	Observaciones

Fuente: Elaboración Propia.

- Anexo 1-B.- Parte de comprobación de mantenimiento preventivo.

<b>PARTE DE COMPROBACIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>				
FECHA	Reparación o inspección del M.P. realizado	Horas Tacómetro	Coste piezas	Observaciones

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Anexo 1-C.- Parte diario de mantenimiento preventivo.

PARTE DIARIO					
Día		Mes		Año	
Num. Vehículo		Modelo		N° Serie	
Relevo	Operario				
Horas de funcionamiento	Rendimiento estimado en T ó m <sup>3</sup>				
	Trabajo		Servicio		
A. Tiempo perdido		B. Reparación			
Causas de A.					
Causas de B.					
Combustibles y lubricantes añadidos					
Combustible		Litros			
Lubricante		Litros			
Piezas reemplazadas					
Observaciones					
Firma					

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Anexo 1-D.- Parte mensual de mantenimiento preventivo.

PARTE MENSUAL														
Unidad n°										Principio del mes				
Mes										Final del mes				
Año										Horas operadas				
										Horas acumuladas				
DÍA	HORAS POSIBLES	HORAS REALES RELEVO			TOTAL HORAS	HORAS DE REPARACIÓN DE AVERÍA			COMBUSTIBLES		ACEITES Y LUBRICANTES			
		1º	2º	3º		TIPO REPARACIÓN	INSPECCIÓN	ESPERA POR AVERÍA	UNIDAD AUXILIAR	GAS OIL	ACEITE MOTOR	SISTEMA HIDRÁULICO	FLUIDO TRANSMISIÓN	COSTE PIEZAS
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														
26														
27														
28														
29														
30														
31														
32														

En ciertos casos se añade en el programa el día 32 como espacio reservado para los ajustes de desviaciones o retrasos de datos

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Anexo 1-E.- Parte anual de mantenimiento preventivo.

PARTE ANUAL															
Unidad n°												Principio del mes			
Año												Final del mes			
												Horas operadas / año			
												Horas acumuladas			
DIA	HORAS POSIBLES	HORAS RELEVO			TOTAL HORAS	HORAS DE REPARACIÓN DE AVERÍA			COMBUSTIBLES		ACEITES Y LUBRICANTES				
		1º	2º	3º		TIPO REPARACIÓN	INSPECCIÓN	ESPERA POR AVERÍA	UNIDAD AUXILIAR	GAS OIL	ACEITE MOTOR	SISTEMA HIDRÁULICO	FLUIDO TRANSMISIÓN	COSTE PIEZAS	DISPONIBILIDAD
Enero															
Febrero															
Marzo															
Abril															
Mayo															
Junio															
Julio															
Agosto															
Septiembre															
Octubre															
Noviembre															
Diciembre															
Mes trece															

En ciertos casos se añade en el programa el mes trece como espacio reservado para los ajustes de desviaciones o ciertos retrasos en datos a incorporar

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Anexo 1-F.- Combinaciones clásicas de los elementos de desgaste.

ELEMENTO PRIMARIO	ELEMENTO SECUNDARIO	DESGASTE POTENCIAL	POSIBLE PROBLEMA-ÁREA/CAUSAS
<b>MOTORES - EXTREMO SUPERIOR</b>			
Silíce (tierra)	Hierro, cromo, aluminio	Camisas, aros, pistores	Sistema de admisión de aire/filtros Contaminación de tierra.
Hierro	Cromo, aluminio	Camisas, aros, pistones	Temperaturas anormales de operación, descomposición del aceite. Contaminación del combustible y/o refrigerante, aros pegados/rotos.
Cromo	Molibdeno, aluminio	Aros, pistones	Paso de gases al cárter, consumo de aceite, descomposición del aceite.
Hierro		Camisas, engranajes, tren de válvulas, cigüeñal	Temperaturas anormales de operación, falta de lubricación, contaminación, almacenamiento (corrosión).
<b>MOTORES- EXTREMO INFERIOR</b>			
Silíce (tierra)	Plomo, aluminio	Cojinetes	Contaminación con tierra
Plomo	Aluminio	Cojinetes	Falta de lubricación, contaminación del refrigerante, contaminación del combustible.
<b>SISTEMA HIDRÁULICO</b>			
Silíce (tierra)	Hierro, cromo	dilindros, varillas	Contaminación de tierra.
Cobre	Hierro	Bomba hidráulica	Descomposición, contaminación del aceite.
<b>TRANSMISION</b>			
Aluminio	Hierro, cobre	Convertidor de par	Descomposición, contaminación del aceite.
Cobre	Hierro	Conjunto de embragues (bronce sinterizado)	Descomposición, contaminación del aceite.
<b>MANDOS FINALES</b>			
Silíce (tierra)	Hierro, aluminio	Engranajes	Contaminación de tierra, Contaminación (suelos arenillosos).
Hierro	Sodio, cromo	Engranajes, cojinetes	Entrada de agua, pérdida de precarga.

Fuente: Elaboración Propia.

➤ Anexo 1-G.- MATRIZ DE CONSISTENCIA.

MATRIZ DE CONSISTENCIA: "PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA MAQUINARIA PESADA EN MINERA CHINALCO PERU S.A."			
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p><b>PROBLEMA GENERAL:</b></p> <p>* ¿En qué medida la propuesta de un plan de mantenimiento preventivo, contribuye a incrementar la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa minera CHINALCO S.A.?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL:</b></p> <p>*Establecer un plan de mantenimiento preventivo a la flota de maquinaria pesada para el incremento de la disponibilidad de la maquinaria pesada en la empresa minera CHINALCO S.A.</p>	<p><b>HIPOTESIS GENERAL:</b></p> <p>* El plan de mantenimiento de los equipos pesados de la Minera Chinalco mejorará la disponibilidad y reducirá las paradas imprevistas incrementando la productividad y rentabilidad de la empresa minera.</p>	<p><b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b></p> <p>* Plan de mantenimiento preventivo.</p> <p><b>VARIABLES DEPENDIENTES:</b></p>
<p><b>PROBLEMAS ESPECIFICOS:</b></p> <p>*¿De qué manera se puede mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de la flota de equipos pesados?</p> <p>*¿Cómo optimizar las herramientas estratégicas de confiabilidad de los equipos pesados en la operación Minera Chinalco, para incrementar su producción?</p>	<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</b></p> <p>* Mejorar la confiabilidad y mantenibilidad de la flota de maquinaria pesada para obtener mayor disponibilidad mecánica y productividad.</p> <p>* Utilizar eficientemente las herramientas estratégicas de confiabilidad que permitan mejorar los procesos de producción y mantenibilidad.</p>	<p><b>HIPOTESIS ESPECIFICAS:</b></p> <p>* La mayor eficacia del mantenimiento mejorará la confiabilidad y disponibilidad en los equipos mineros de transporte en la Unidad Minera Chinalco.</p> <p>* Que, con el estudio y análisis de las herramientas estratégicas de confiabilidad del plan de mantenimiento se logrará incrementar la producción y la capacidad de procesamiento de la planta minera.</p>	<p>*Disponibilidad de maquinaria pesada.</p> <p>* Nivel de influencia del plan de mantenimiento.</p> <p><b>INDICADORES:</b></p> <p>*Confiabilidad.</p> <p>*KPIs (indicadores claves de desempeño).</p> <p>*Mantenibilidad.</p> <p style="text-align: right;">Activ Ve a C</p>

Fuente: Elaboración Propia