

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

SEDE SAN JOAQUÍN

PROYECTO DE TITULO

**CRITERIOS DE COMPRA COMPONENTES
CAMIONES DE EXTRACCIÓN DE MINERA VIGÍA**

Trabajo de Titulación para optar al
Título de INGENIERO EN
MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

Alumno:

Sr. Guillermo Alejandro León Mellado.

Profesor Guía:

Mg. Ing. Carlos Andrés Baldi González.

2023

RESUMEN

KEYWORDS: MINERÍA; CAMIONES DE EXTRACCIÓN; CAEX; OVH; CAPEX; OPEX.

Chile a nivel mundial representa uno de los mayores productores de cobre en el mundo, así también sus derivados; nuestro país alberga las mayores reservas del mineral, estimada en unos 200 millones de toneladas, según el Servicio Geológico de Estados Unidos (US Geological Survey).

Grandes flotas de equipos requieren un software de gestión, el cual permite recopilación de datos para generar tendencias de comportamiento en el tiempo las cuales ayudan a la toma de decisiones, para el presente informe los datos aportados por SAP nos permiten realizar los análisis para la flota de Camiones de Extracción 797F de Minera Vigía.

En Minera Vigía la flota más grande en operación corresponde a los camiones de extracción Caterpillar 797F, los cuales requieren un cambio cíclico de partes y piezas para mantener su operación, los componentes son administrados por el área de Componentes Reparables, con la información recopilada se podrá determinar el Componente Crítico, considerando aspectos económicos, logísticos y confiabilidad del componente.

Adquirir diferentes partes y piezas para mantener en operación la flota de equipos mineros es una gestión a largo plazo, por ello una oportunidad de negocio con empresas estratégicas es fundamental para la rentabilidad de la operación minera.

ÍNDICE

RESUMEN	2
SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS	7
INTRODUCCIÓN	8
OBJETIVOS	9
OBJETIVO GENERAL	9
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
CAPÍTULO 1	10
FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN 797 EN MINERA VIGÍA	10
1 MARCO REFERENCIAL Y ANTECEDENTES GENERALES	11
1.1 CONTEXTO OPERACIONAL MINERA CENTINELA	11
1.1.1. INTRODUCCIÓN A LOS CAMIONES DE EXTRACCIÓN 797F.	12
1.1.2. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN CATERPILLAR 797F.	14
1.1.2.1 CABINA DEL OPERADOR.	15
1.1.2.2 CHASIS.	16
1.1.2.3 MOTOR DIÉSEL.	17
1.1.2.4 MONITOREO DE SISTEMAS.	17
1.1.2.5 TRANSMISIÓN Y TREN DE POTENCIA.	19
1.1.2.6 SISTEMA HIDRÁULICO Y DE ENFRIAMIENTO.	20
1.1.2.7 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS.	22
PROGRAMA DE MANTENCIÓN DE CATERPILLAR 797F	23
CAPÍTULO 2	25
IDENTIFICACIÓN COMPONENTE CRITICO EN FLOTA DE CAMIONES CATERPILLAR 797F	25
2 SOFTWARE SAP PARA RECOPIACIÓN DE DATOS	26
2.1 DETERMINAR COMPONENTE CRITICO CATERPILLAR 797	27
2.2 ANÁLISIS DE DIAGRAMA JACKKNIFE.	29
2.2.1 COMPONENTES CUADRANTE NORMAL	29
2.2.2 COMPONENTES CUADRANTE CRÓNICO	29
2.2.3 COMPONENTES CUADRANTE AGUDO	30
2.2.4 COMPONENTES CUADRANTE AGUDO / CRÓNICO	30
2.3 COMPONENTE CRITICO MOTOR DIESEL	31
2.3.1 CULATA MOTOR DIESEL C175	31
2.3.1 TURBOS MOTOR DIESEL C175	33

2.3.3 BOMBA DE ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE E INYECTORES MOTOR DIESEL C175	34
2.4 ADMINISTRACIÓN DE ÁREA DE COMPONENTES MAYORES.	35
COMPONENTE REPARABLE	36
COMPONENTES DAÑADOS	36
COMPONENTES REPARADOS	36
COMPONENTES SCRAP	36
MODALIDAD DE REPARACIÓN NORMAL	36
MODALIDAD DE INTERCAMBIO	36
CONVENIO DE ACUERDO DE PRECIOS	36
DESESTIMACIÓN	36
2.5 RESPONSABILIDADES Y FUNCIONES	37
2.5.1 INGENIERO DE COMPONENTES MAYORES	37
2.5.2 ENCARGADO DE COMPONENTES MAYORES	37
2.5.3 BODEGA	38
2.6 EVALUACIÓN DE COMPRA O REPARACIÓN DEL COMPONENTE	38
2.7 CICLO DE REPARACIÓN DE COMPONENTES.	39
CAPÍTULO 3	43
ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA EN COMPONENTES DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN CATERPILLAR 797F	43
3.1 MANTENCIÓN Y PROYECCIÓN DE USO DE MOTORES C175	44
3.2 ANÁLISIS DE CICLO DE COSTO DE VIDA DEL ACTIVO	46
3.2.1 ANÁLISIS PARA UN MOTOR NUEVO	46
3.2.2 ANÁLISIS PARA UN MOTOR OVH	49
3.2.3 ANÁLISIS PARA UN MOTOR INTERCAMBIO	52
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
BIBLIOGRAFÍAS Y ANEXOS	57

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - DIMENSIONES CAMIÓN DE EXTRACCIÓN 797F - CATALOGO DE VENTA FINNING/CAT	14
FIGURA 2 - CABINA OPERADOR 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	15
FIGURA 3 - CHASIS 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	16
FIGURA 4 - MOTOR C175 / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	17
FIGURA 5 - MONITOREO DE SISTEMA / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	18
FIGURA 6 - TRANSMISIÓN 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	19
FIGURA 7 - EJE TRASERO 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	20
FIGURA 8 -RADIADOR 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	21
FIGURA 9 - TANQUE HIDRÁULICO 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	21
FIGURA 10 - SISTEMA DE DIRECCIÓN 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	22
FIGURA 11 - SISTEMA DE FRENOS 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	23

ÍNDICE DE TABLAS

FIGURA 1 - DIMENSIONES CAMIÓN DE EXTRACCIÓN 797F - CATALOGO DE VENTA FINNING/CAT	14
FIGURA 2 - CABINA OPERADOR 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	15
FIGURA 3 - CHASIS 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	16
FIGURA 4 - MOTOR C175 / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	17
FIGURA 5 - MONITOREO DE SISTEMA / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	18
FIGURA 6 - TRANSMISIÓN 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	19
FIGURA 7 - EJE TRASERO 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	20
FIGURA 8 -RADIADOR 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	21
FIGURA 9 - TANQUE HIDRÁULICO 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	21
FIGURA 10 - SISTEMA DE DIRECCIÓN 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	22
FIGURA 11 - SISTEMA DE FRENOS 797F / PRESENTACIÓN CATERPILLAR / CAPACITACIÓN PARA OPERADORES.	23

SIGLAS Y/O SIMBOLOGÍAS

SIGLAS

CAEX	:	CAMIÓN DE EXTRACCIÓN.
KPI	:	INDICADOR CLAVE O INDICADOR DE DESEMPEÑO.
MTBF	:	TIEMPO MEDIO ENTRE FALLAS.
MTTR	:	TIEMPO MEDIO DE REPARACIÓN.
OVH	:	OVERHAUL.
REMAN	:	REMANUFACTURADO.
WIP	:	WORK IN PROGRESS.
TBO	:	TIME BETWEEN OVERHAUL.
T&M	:	TIEMPO Y MATERIALES.

SIMBOLOGÍAS

km	:	KILÓMETROS.
mm	:	MILÍMETROS.
rpm	:	REVOLUCIONES POR MINUTO.
s	:	SEGUNDOS.
Tn	:	TONELADAS.

INTRODUCCIÓN

Coloquialmente en las faenas mineras se dice “que los equipos deben mover tierra”, con esta premisa, el dolor de tener un equipo detenido por cualquiera sea factor, afecta directamente la producción y KPIs.

Los planes de mantenimiento preventivos son dictados por los fabricantes, siendo rigurosos en ellos se podrá mantener el buen estado de los equipos. Crear estrategias que permitan la mejora de los procesos internos es una forma de marcar la diferencia, demostrando su eficacia con datos duros.

Como objetivo principal de la Gerencia de Mantenimiento Mina es entregar Disponibilidad y Confiabilidad de los equipos, con un esfuerzo mancomunado de la Gerencia de Operaciones Mina, buscando mejorar los KPIs de producción y enfocado en Cero Accidentes en todos sus procesos

Dentro de la Gerencia de Mantenimiento Mina esta la Superintendencia de Planificación, siendo su foco optimizar el desempeño de los recursos apoyados por el software SAP, permitiendo realizar gestión empresarial y desarrollar soluciones que facilitan el procesamiento eficaz de datos, además de permitir que la comunicación sea transversal para toda la organización. Dentro de la Superintendencia Planificación está el área de Componentes Rotables, siendo la encargada de administrar, comprar, reparar y gestionar todos los componentes de la Gerencia de Mantenimiento Mina.

En el área de Componentes Reparables debe determinar si el componente utilizado tiene opciones de reparación, en base, si el cambio fue planificado o imprevisto además del factor económico, considerar que una hora de indisponibilidad de un Camión de Extracción 797F equivale a mil quinientos dólares aproximadamente.

Estructurar el ciclo de reparación de componentes mayores, argumentando que se debe hacer con cada componente saliente con el fin de optimizar recursos. De esa manera identificar el Componente Critico y realizar un Análisis de Costos de Ciclo de Vida, a fin de identificar la mejor opción de compra.

Realizar una alianza estratégica con el reparador OEM Finning Chile, es una buena oportunidad de negocio en donde Minera Vigía fideliza la contratación de servicios con Finning, lo cual permite un trato preferente ante los demás clientes mineros incluso pudiendo llegar a tener una tarifa preferencial por la duración del contrato.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Elaborar una propuesta con la identificación del Componente Crítico de los Camiones de Extracción Caterpillar 797F, mediante el diagnóstico de la problemática presente en Taller de Mantenimiento de Minera, generando instructivos del tratamiento a los componentes salientes, analizando la factibilidad económica de las acciones propuestas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar el funcionamiento y operación de Camiones de Extracción Caterpillar 797F y la importancia de rotación cíclica de componentes mayores, mediante la recopilación de datos de intervenciones mayores y registros de los cambios de componentes realizadas.

Determinar los componentes críticos de los camiones de extracción Caterpillar, utilizando El Diagrama Jack Knife, a fin de plantear el estudio para el área de Componentes Reparables y validar su posible implementación.

Proponer la opción más rentable de compra de componentes, dado los resultados del Análisis de Costos del Ciclo de Vida, validando los aspectos económicos y logísticos, que permitan tener buenos resultados en la operación de la flota de Camiones de Extracción Caterpillar 797F.

CAPÍTULO 1

FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN 797 EN MINERA VIGÍA

1 MARCO REFERENCIAL Y ANTECEDENTES GENERALES

Para poner en contexto de cómo llevar a cabo La Gestión de Optimización de componentes mayores de Camiones de Extracción de Minera Vigía, se expondrán diferentes antecedentes del funcionamiento y operación de la minera.

1.1 CONTEXTO OPERACIONAL MINERA CENTINELA

Minera Vigía nace en 2014 con fusión de Minera Esperanza y Minera Tesoro, aprovechando la cercanía geográfica de los yacimientos, así logra maximizar el uso de recursos, lo cual posibilita una operación integrada y planificación; por lo anterior se ubica en décimo quinto puesto de producción de cobre a nivel mundial.

Su estructura está dividida por 70% de propiedad de Antofagasta Minerals y 30% de Marubeni Corporation; Antofagasta Minerals es el mayor grupo minero nacional, creada en la Ciudad de Antofagasta, demostrando que es posible realizar emprendimiento desde regiones. Marubeni Corporation es una multinacional de origen japones con participación en más de doscientas empresas en el mundo, en diferentes ámbitos del mundo industrial.

Minera Vigía se encuentra en Antofagasta la Segunda Región del país, está comprendida por una mina de Sulfuro y Oxido, además del Muelle en la Comuna de Mejillones. Al tratarse de dos operaciones diferentes consta de dos procesos de producción; Sulfuro produce cobre con oro y plata, siendo la flotación su principal proceso, además del subproducto de molibdeno. En la división de Oxido se generan cátodos mediante solventes y la electro-obtención.

El rajo Esperanza es el mayor aporte a la producción de Minera Vigía, en donde operan equipos como: Palas eléctricas 4100XPC, Palas Hidráulicas PC8000 y PC5500, CAEX 930E, CAEX 797B y 797F, además los equipos de apoyo de operaciones mina.

El presente proyecto se enfocará en buscar la optimización del componente crítico de la flota más grande en operación, siendo Camiones de Extracción Caterpillar 797F; actualmente en operación hay 24 equipos, adquiridos nuevos por compra directa a

Finning/CAT desde el año 2010 progresivamente hasta el 2013. Siendo el costo de adquisición cinco millones de dólares aproximadamente.

El mantenimiento se realiza con personal propio de la compañía, a excepción de atención de neumáticos y soldadura, además se cuenta con asesoría de Finning/CAT por temas puntuales de actualización de software y up-grades.

1.1.1. INTRODUCCIÓN A LOS CAMIONES DE EXTRACCIÓN 797F.

Los equipos Caterpillar son de origen norteamericano, siendo el fabricante más grande del mundo de maquinaria para la minería, construcción, forestales, equipos de generación eléctrica y turbinas industriales de gas.

En Chile Caterpillar es representada por Finning, la cual presta de servicios de venta de equipos y repuestos, arriendo de equipos, capacitación y mantención integral por unidades o flota de quipos, con diferentes sucursales y contratos a lo largo de país.

A fines de los años noventa Caterpillar lanza al mercado el camión de extracción 797, siendo el más grande del mundo; el modelo ha ido mejorando progresivamente pasando al 797B y luego su tercera generación el 797F, buscando el mejor desempeño en condiciones climáticas adversas.

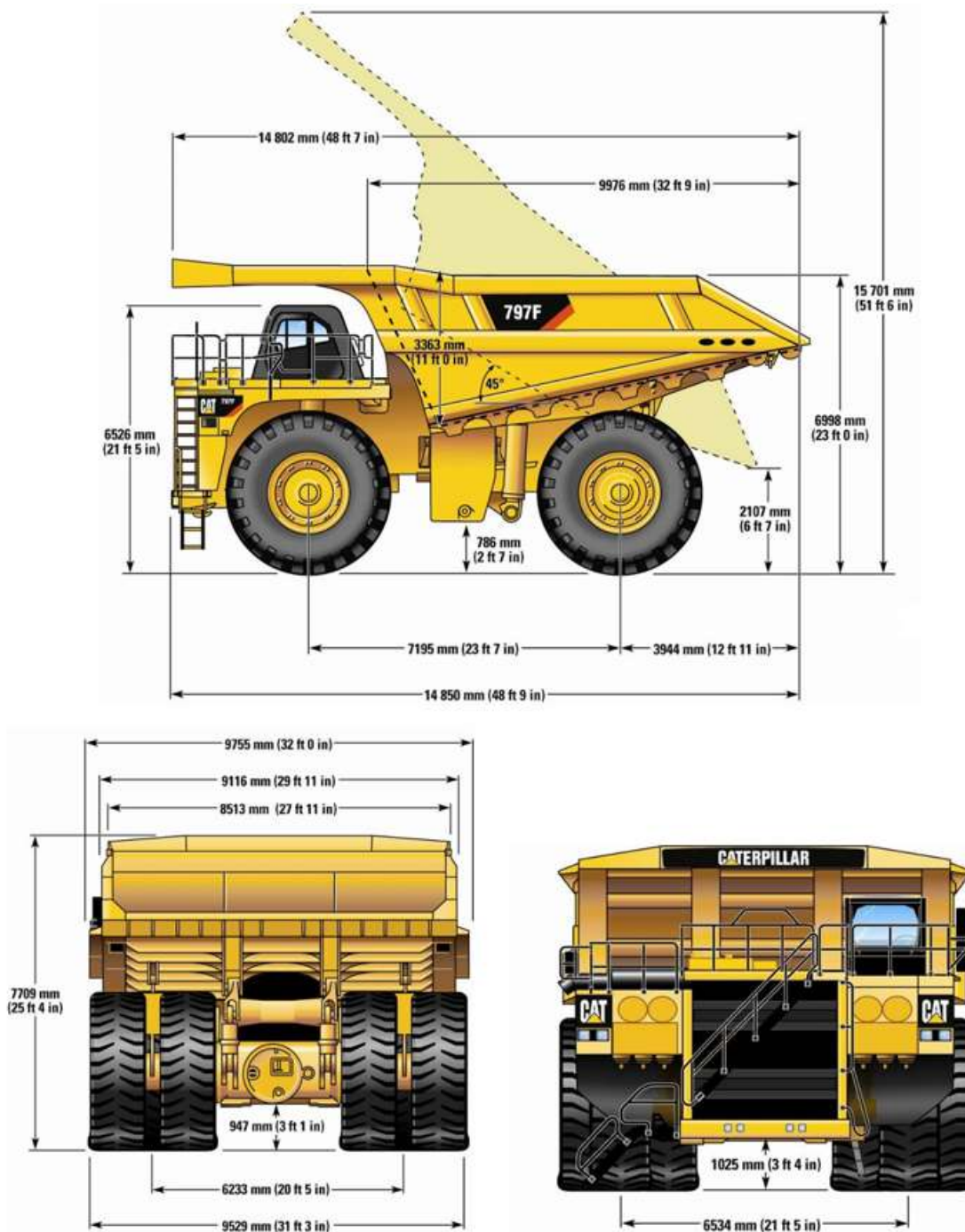
Los camiones de extracción representan la flota más grande de equipos dentro de una operación minera, por lo tanto, parte importante del presupuesto de Mantenimiento Mina es absorbido por ellos, entre ellos destacan los aceites lubricantes, mano de obra, repuestos y componentes mayores.

En Minera Vigía el Camión de Extracción 797F puede transportar 380 toneladas de material, pudiendo alcanzar velocidades de 65 km/hr, son conducidos por operadores que deben contar con licencia municipal A4 o D además de aprobar una certificación del equipo. Durante el tránsito son apoyados en la limpieza de caminos y botaderos por los equipos auxiliares, en donde se debe contar con comunicación bidireccional efectiva.

Los Camiones de Extracción son administrados por un Despacho de Control, el cual monitorea por GPS la ubicación e indica las rutas a seguir, coordinando los movimientos de todos los equipos al interior mina.

Para más información referente al Camión de Extracción 797F revisar adjunto Anexo ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F. el anexo corresponde a un Catálogo Ejecutivo de presentación del equipo, con las principales características técnicas e innovaciones implementadas en el equipo.

1.1.2. FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN CATERPILLAR 797F.



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1 - Dimensiones Camión de extracción 797F

El Caterpillar 797F permite transportar 380 toneladas de material, el equipo ha sido diseñado y construido utilizando componentes y sistemas que han ido evolucionando al largo de los años, en base a la experiencia del uso en minería.

En los componentes y sistemas que destacan son:

- Cabina del Operador.
- Chasis.
- Motor diésel.
- Monitoreo de Sistemas.
- Transmisión y tren de potencia.
- Sistema Hidráulico y de enfriamiento.
- Sistema de Dirección y Frenos.

1.1.2.1 CABINA DEL OPERADOR.

La cabina, como se observa en la figura 1.2, ha sido diseñada buscando la comodidad y confort del operador, con amplia visibilidad y dos asientos en la cabina. El tablero de instrumentos además de proporcionar los datos básicos de un vehículo consta de una pantalla en donde informa al operador sobre posibles fallas o alertas en el equipo.

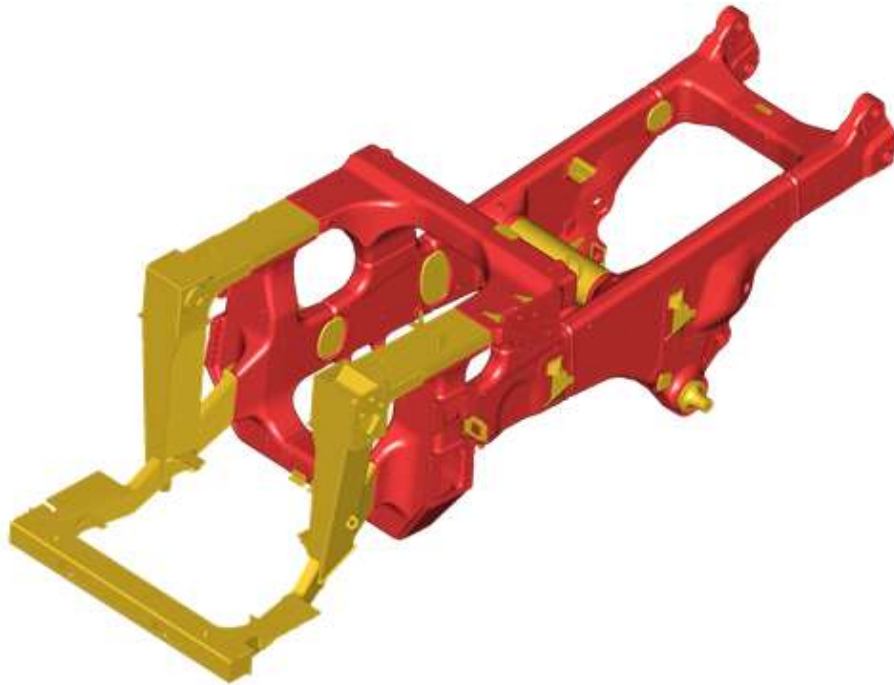


FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.2 - Cabina Operador 797F

1.1.2.2 CHASIS.

El chasis del 797F, como se observa en la figura 1.3, es el componente estructural diseñado para soportar y conectar todos los componentes del equipo, además de la carga a transportar, está sometido a constantes esfuerzos mecánicos. Para el caso de Caterpillar 797F en un 80% es de fundición de acero (zona roja), y el 20% son partes y piezas soldadas a la estructura principal (zona amarilla), permitiendo el recambio de estas.

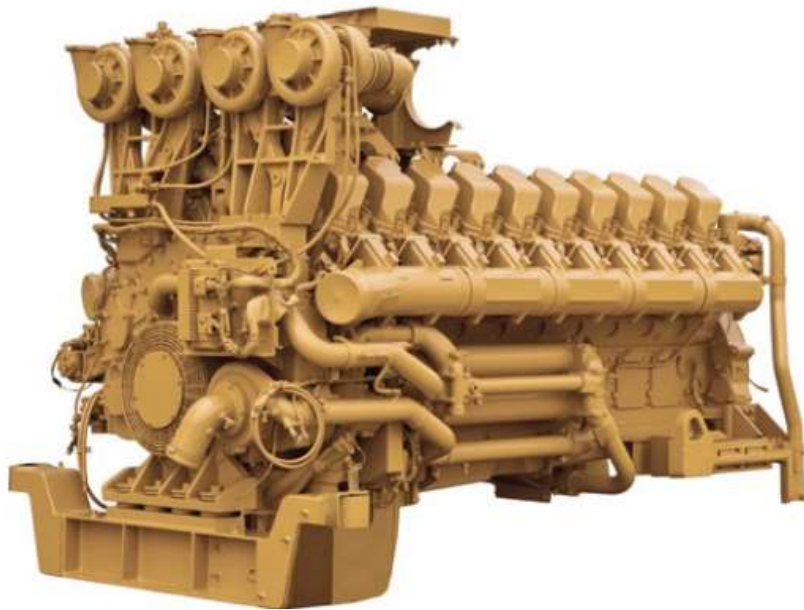


FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.3 - Chasis 797F.

1.1.2.3 MOTOR DIÉSEL.

El motor del Caterpillar 797F, como se observa en la figura 1.4, posee un motor de combustión interna diésel de 20 cilindros en V de 106 litros denominado C175, fabricado principalmente de hierro dúctil de alta resistencia. Posee un control de inyección de combustible alimentado por una bomba de alta presión de riel común, comandado por un Módulo de Control Electrónico



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.4 – Motor Diesel C175 V20

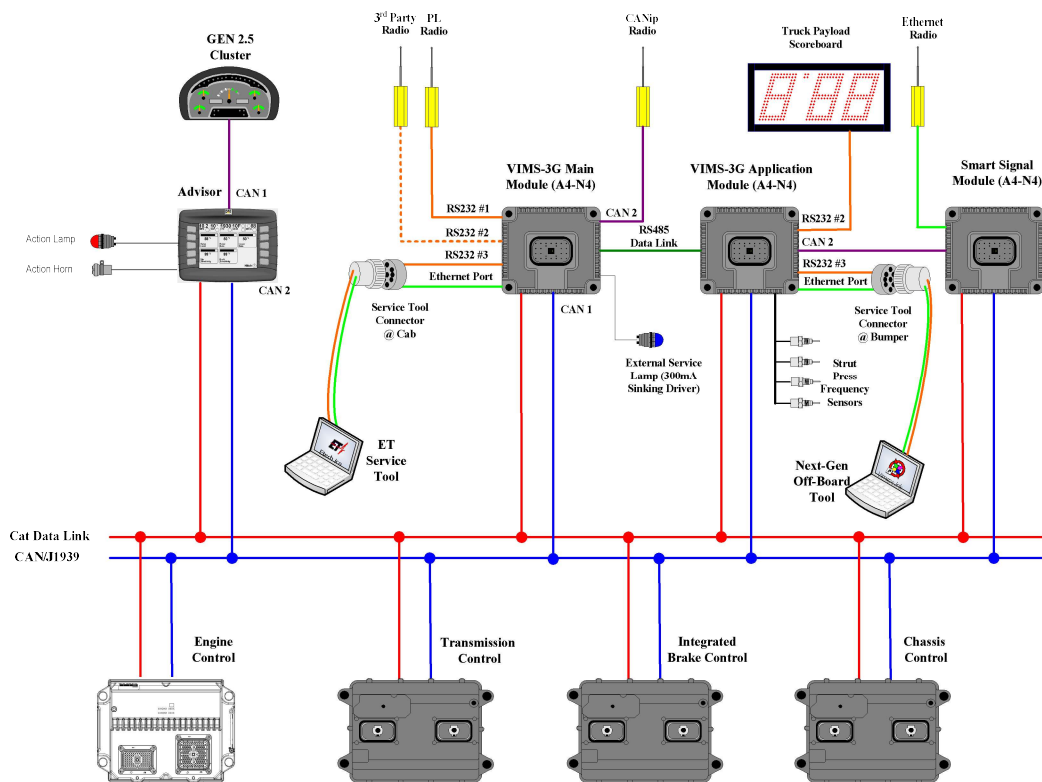
1.1.2.4 MONITOREO DE SISTEMAS.

El monitoreo de sistemas permite la comunicación bidireccional entre ECMs, comandado por un ECM principal, siendo la principal herramienta de diagnóstico, dado que mide en tiempo real los parámetros y la operación del equipo, pudiendo aconsejar al operador de cambiar la operación y/o alertar de algún desperfecto en el equipo, con 3 niveles de alarma, por intermedio de panel de instrumentos.

El equipo posee puertos de conexión a un computador que por intermedio de un software ET (Electronic Technician), permite realizar descarga de datos de la operación de equipo, modificar parámetros, diagnosticar fallas y actualizar software.

El sistema de monitoreo consta principalmente con:

- ECM Maestro.
- ECM Motor.
- ECM Transmisión.
- ECM de Frenos.
- ECM de Chasis y Dirección.



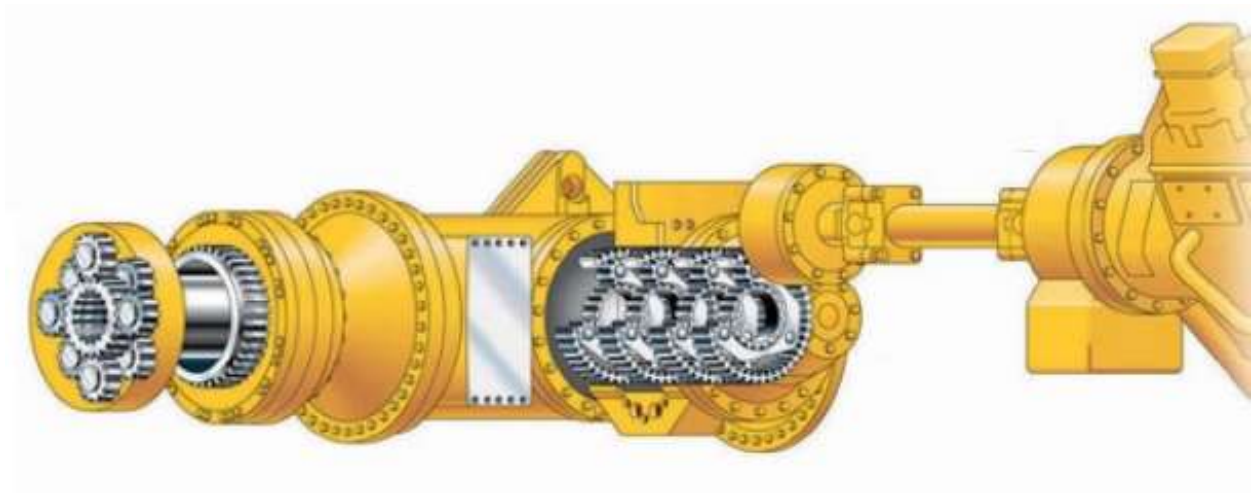
FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.5 - Monitoreo de Sistema

1.1.2.5 TRANSMISIÓN Y TREN DE POTENCIA.

La servotransmisión, como se observa en la figura 1.6, que tienen como principal función controlar la potencia del entregada por el motor, permitiendo aumentar o disminuir la velocidad a voluntad del operador. La servotransmisión es muy similar a una transmisión automática que es controlada por el ECM de Transmisión, que en base a los datos entregados por el ECM Maestro, determina la mejor marcha para el buen funcionamiento del equipo.

El equipo posee siete velocidades hacia adelante y una reversa, normalmente es operado en Directa, y tiene la opción de programar marchas según sea el requerimiento del circuito determinado por el operador.



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.6 - Transmisión 797F

Acoplado a la transmisión se encuentra el tren de potencia, que está compuesto por el Diferencial y Mandos Finales, como se observa en la figura 1.7, que son básicamente multiplicadores de torque, en donde van montados los neumáticos traseros



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.7 - Eje Trasero 797F

1.1.2.6 SISTEMA HIDRÁULICO Y DE ENFRIAMIENTO.

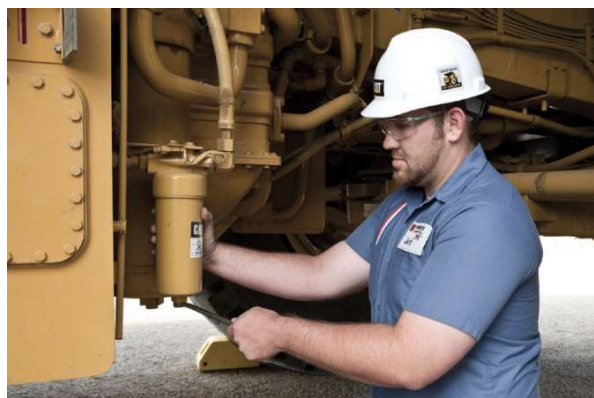
El motor Caterpillar 797F es enfriado por refrigerante, mediante un radiador, como se observa en la figura 1.8, presurizado ubicado en la parte frontal del equipo. El cual este compuesto por ductos con aletas disipadoras de calor, aspa del fan y bomba del fan, el cual funciona comandado por los datos administrados por el ECM de Chasis.



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.8 -Radiador 797F

El sistema hidráulico es el encargado del enfriamiento de frenos delanteros y traseros, mediante una bomba impulsora que mantiene un flujo constante hacia a los cuatro paquetes de frenos, a excepción de cuando el equipo comienza a levantar la tolva. Se bloquea el flujo hacia el enfriamiento de frenos y es dirigido hacia los cilindros hidráulicos de levante de tolva.

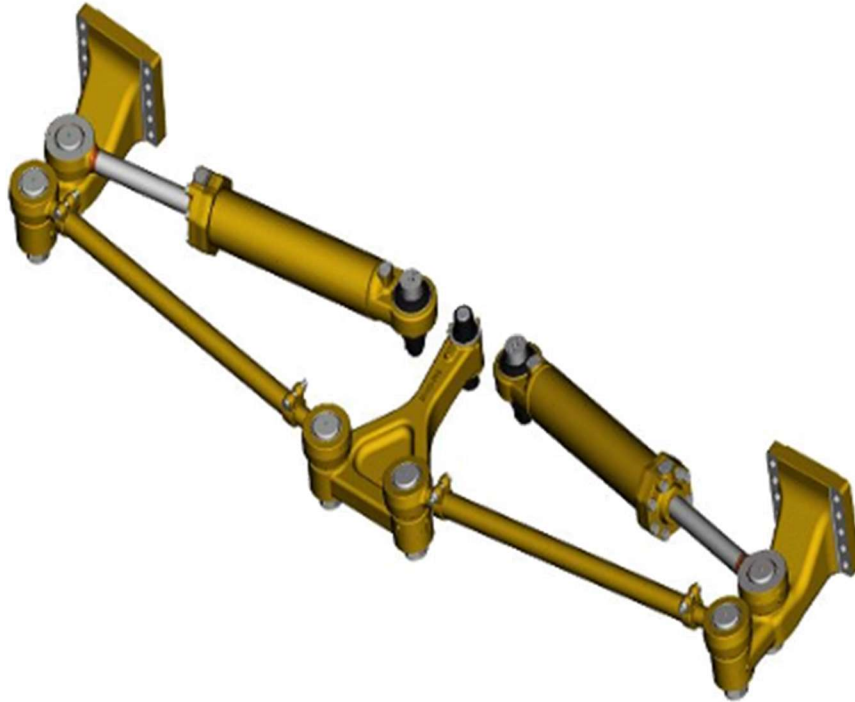


FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.9 - Tanque Hidráulico 797F

1.1.2.7 SISTEMA DE DIRECCIÓN Y FRENOS.

El sistema de dirección está compuesto por dos cilindros de dirección, como se observa en la figura 1.10, uno de ellos dispone de un sensor de posición, el cual indica la ECM de Frenos la posición de las ruedas delanteras; el aceite hidráulico es independiente del sistema de enfriamiento de frenos.



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.10 - Sistema de Dirección 797F

Los frenos del Caterpillar 797F está compuesto por una combinación de múltiples Discos y Platos, que son accionados hidráulicamente, al momento de no existir presión de aceite sistema se bloquea mediante la acción de resortes.

El ECM de Frenos es el encargado de comandar las diferentes funciones del sistema:

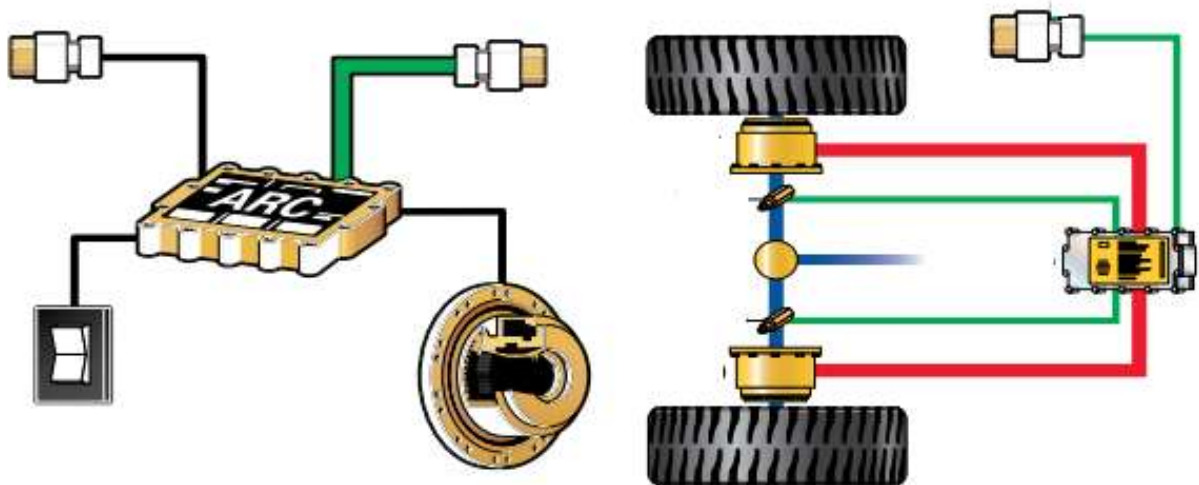
Freno de Servicio: Funciona a voluntad del operador, accionado mediante pedal.

Freno de Retardo: Funciona a voluntad del operador, accionado mediante palanca al costado del volante.

Freno de Parqueo: Al poner la palanca selectora de marchas en Parking, se libera la presión del sistema y accionando los frenos mediante resortes.

Freno de Emergencia: Pedal rojo al costado izquierdo, al presionar es similar a activar el freno de parqueo del equipo.

Freno de ARC: Control de Retardo Automático, el operador puede programar antes de enfrentar un pendiente.



FUENTE: ANEXO ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F

FIGURA 1.11 - Sistema de Frenos 797F

PROGRAMA DE MANTENCIÓN DE CATERPILLAR 797F

En la mantención de los camiones de extracción se trabaja el mejoramiento continuo, buscando la mejor opción de aprovechar los recursos, con un ciclo de PM programadas, en donde está la oportunidad de detener el equipo de manera planificada, en el Taller de Mantención, para realizar inspecciones, análisis tribológico, ensayos no destructivos, testeos e imprevistos con una atención no superior a dos horas.

Las atenciones de los equipos están asociadas a una OT administrada por el software de gestión SAP, pudiendo estar en 3 tipos de clase:

PM01 La tarea planificada.

PM02 Tratamiento dentro de los próximos 7 días.

PM03 Tratamiento inmediato.

El ciclo de PMs para el Caterpillar 797F corresponde a ocho pasos:

PASO	HORAS	OT
1º	250	INSPECCION /APD / FILTRO AIRE / ENGRASE
2º	500	MOTOR-TX-CONV-MASAS
3º	750	INSPECCION /APD / FILTRO AIRE / ENGRASE
4º	1000	MOTOR
5º	1250	INSPECCION /APD / FILTRO AIRE / ENGRASE
6º	1500	MOTOR-TX-CONV-MASAS
7º	1750	INSPECCION /APD / FILTRO AIRE / ENGRASE
8º	2000	MOTOR

FUENTE: Elaboración propia – ANEXO EXCEL 797F

TABLA 1 - Pasos de Mantenimiento Programada de Caterpillar 797F

Los componentes de equipos poseen un TBO dictado por el fabricante, pero a través de los análisis de muestras tribológicas, inspecciones y ensayos no destructivos, determinan si el estado del componente, para así tomar acciones de cambiar el componente anticipadamente o extender su vida útil.

COMPONENTE	TBO
MOTOR	14,000 Horas
TRANSMISION	14,000 Horas
CONVERTIDOR	14,000 Horas
MANDOS FINALES	22,000 Horas
DIFERENCIAL	20,000 Horas
RADIADOR	28,000 Horas
CONJUNTO MAZA SUSPENSION	24,000 Horas
CILINDRO DIRECCION	25,000 Horas

FUENTE: Elaboración propia – ANEXO EXCEL 797F

TABLA 1.2 - TBO Componentes Caterpillar 797F

CAPÍTULO 2

IDENTIFICACIÓN COMPONENTE CRITICO EN FLOTA DE CAMIONES CATERPILLAR 797F

2 SOFTWARE SAP PARA RECOPIACIÓN DE DATOS

Un software de gestión facilita la administración de recursos, permitiendo realizar gestión empresarial y desarrollar soluciones que facilitan el procesamiento eficaz de datos, además de permitir que la comunicación sea transversal para toda la organización, en Minera Vigía es apoyado por SAP.

El almacenamiento de datos y análisis de tendencias permite la toma de decisiones en base al comportamiento histórico de la flota. Una correcta administración de la información es vital para tener resultados positivos.

Tan importante como el software de gestión es la capacitación del usuario, a fin de que la información recopilada sea fidedigna y la necesaria para alimentar al sistema, de esta manera los análisis serán más certeros basados en el real funcionamiento de la operación.

Teniendo una correcta recopilación de datos podemos generar la descarga de datos, para el presente ocuparemos el periodo correspondiente del 2022, se analizaron las detenciones registradas, dejando fuera de las Mantenciones Preventivas.

Visualizar órdenes PM: Lista de órdenes PM					
Inic.extr.	Orden	Aviso	Texto breve	Status del sistema	
02.01.2024	3456356	3075185	PM CAMIÓN 797F 500 HRS	LIB. IMPR EDET MACO MOVN NLIQ PREC	
15.11.2023	3455289	3073479	IP BAJA PRESION DE FRENO	CTEC NOTI JBFI MACO MOVN NLIQ PREC	
02.12.2023	3453411	3070331	PD Regularizar funcionamiento del TCM	CTEC NOTI IMPR JBFI KKMP NLIQ PREC	
24.04.2024	3451707	3069918	CR Campaña Lavado radiador	LIB. DMNV EDET KKMP NLIQ PREC	
17.12.2023	3445363	3063625	MANTENCIÓN SIST PROTE C/INCENDIO 797F	CTEC NOTI IMPR JBFI KKMP NLIQ PREC	
06.11.2023	3443238	3061606	Redireccionar luces de retroceso	CTEC NOTI JBFI MACO MOVN NLIQ PREC	
04.11.2023	3440763	3058849	sellado cabina de puerta copiloto.	CTEC NOTI JBFI KKMP NLIQ PREC	
04.11.2023	3440762	3058848	sellado cabina de puerta copiloto	CTEC NOTI JBFI KKMP NLIQ PREC	
06.11.2023	3433482	3050915	REPARACION TOLVA 797F- 41	ABIE MACO PREC	
17.12.2023	3430507	3047775	PM CAMIÓN 797F 250 HRS INT	CTEC NOTI EDET IMPP JBFI MACO MOVN NLIQ*	
29.10.2023	3424841	3038643	PD t/m AC Motor 50 hrs	CTEC NOTI JBFI KKMP NLIQ PREC	
23.10.2023	3421886	3038286	CR Cambio de aceite a las 100 horas	CTEC NOTI IMPR JBFI KKMP NLIQ PREC	
04.11.2023	3421136	3037503	INSPECCIÓN SIST PROTE C/INCENDIO 797F	CTEC NOTI IMPR JBFI KKMP NLIQ PREC	
23.10.2023	3421127	3032046	Inspección SCI CAEX 41	CTEC NOTI DMNV JBFI KKMP NLIQ PREC	
28.10.2023	3419526	3035933	REPARACION CILINDRO DIRECCION LH	LIB. MACO NLIQ PREC	

FUENTE: Elaboración propia – Screen Shot SAP, octubre 2023.

Figura 2.1 Lista de órdenes.

2.1 DETERMINAR COMPONENTE CRITICO CATERPILLAR 797

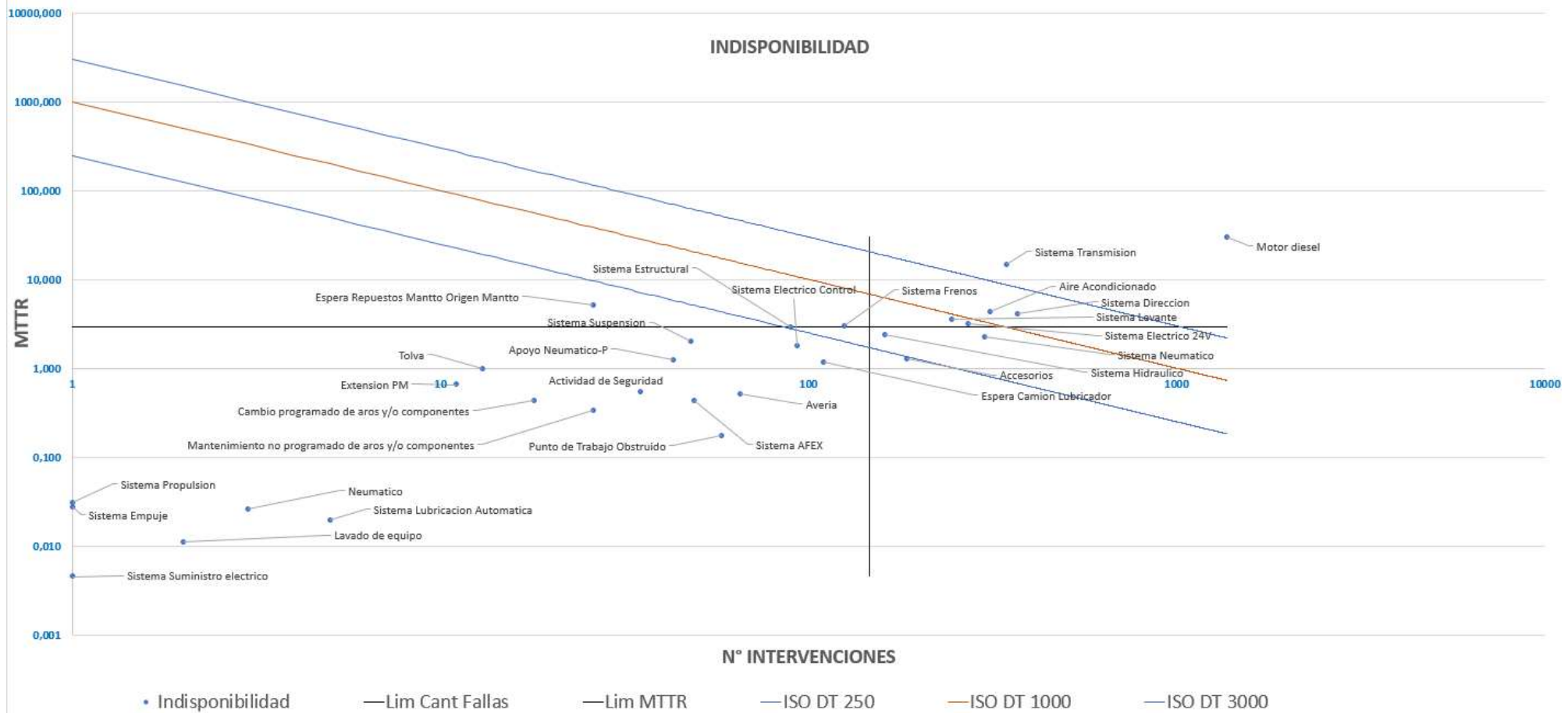
En los programas de backlogs el componente que figura con la mayor cantidad de detenciones es el Motor Diesel; En los programas de cambio de componente mayor figura con la mayor cantidad de detenciones la Transmisión y Motor Diesel.

En el cuadro resumen adjunto la Transmisión y Motor Diesel destacan con la mayor cantidad de detenciones y horas de indisponibilidad:

SISTEMA	BACKLOGS		CAMBIO COMPONENTE		TOTAL	
	HORAS	CODIGOS	HORAS	CODIGOS	HORAS	CODIGOS
MOTOR	1954,19	156	1669,82	24	3624,01	180
HIDRAULICO	777,23	70	540,08	16	1317,31	86
SUSPENSION	616,13	53	1378,50	57	1994,63	110
TRANSMISION	465,69	56	1663,05	63	2128,74	119
FRENOS	407,96	30	8,72	1	416,68	31
DIRECCION	197,65	18	463,60	31	661,25	49
LEVANTE	100,62	13	303,37	19	403,99	32
TOTAL	4519,47	396	6027,14	211	10546,61	607

FUENTE: Elaboración propia – ANEXO EXCEL 797F

TABLA 2.1 – TABLA RESUMEN DE DETENCIONES E INDISPONIBILIDAD



FUENTE: Elaboración propia – ANEXO EXCEL 797F

TABLA 2.2 – JACK KNIFE DETENSIONES NO PROGRAMADAS CATERPILLAR 797F

2.2 ANÁLISIS DE DIAGRAMA JACKKNIFE.

Mediante el método de Diagrama de Jack Knife se puede analizar la indisponibilidad, de un componente utilizando un diagrama de dispersión, ubicando los componentes o sistemas en cuadrantes determinando su criticidad, siendo: Normal, Crónico, Agudo y Agudo Crónico, con esta clasificación de indisponibilidad según su naturaleza puede aportar para el análisis de la causa raíz de las fallas.

2.2.1 COMPONENTES CUADRANTE NORMAL

Las indisponibilidades del cuadrante Normal suelen referidas a externalidades de la propia operación del equipo. Destacando: Lavado del Equipo, Sistema contra Incendios AFEX, Actividades de Seguridad, espera de Camión Lubricador. Estas intervenciones suelen ser programadas dentro de las Pautas de Mantenimiento, las expuestas para este análisis son detenciones fuera de programa.

2.2.2 COMPONENTES CUADRANTE CRÓNICO

Las indisponibilidades del cuadrante Crónico son constantes en el tiempo y existe la posibilidad de que empeore si no se realizan planes de acción para mejorar la condición. Dentro de los componentes dentro Cuadrante Crónico destacan: el Sistema Hidráulico principalmente afectado por fugas en el sistema, Sistema Eléctrico de 24V en donde se ve afectado por la constante vibración a la están expuestos los arneses eléctricos y los Accesorios que son los números luminosos de identificación, antenas de radiocomunicación y GPS, los cuales son afectados por la caída de rocas y polución.

2.2.3 COMPONENTES CUADRANTE AGUDO

Las indisponibilidades del cuadrante Agudo suelen apuntar a problemas en las inspecciones, mantenciones preventivas y/o disponibilidad de recursos, destacando fallas en el Sistema de Frenos siendo normalmente originados por una mala inspección al no poder evaluar el área por la falta de lavado del equipo y daños Estructurales principalmente por los constantes golpes a que se ve expuesto la Tolva del equipo.

2.2.4 COMPONENTES CUADRANTE AGUDO / CRÓNICO

Las indisponibilidades del cuadrante Agudo / Crónico es en donde se debe priorizar, son fallas repetitivas y con gran cantidad de detenciones, destacan en este cuadrante el Sistema de Transmisión, sistema de Dirección y Sistema de Levante en estos tres sistemas intervienen conjuntos mecánicos, hidráulico y son gobernado por un sistema electrónico, ante cualquier desperfecto en los subsistemas el equipo perderá la capacidad de funcionamiento; el Motor Diesel es el componente que más se dispara en el cuadrante, considerar que es componente que siempre está en operación mientras esté en marcha el equipo, otros componentes permanecen stand by hasta que sean requeridos.

Determinaremos como Componente Critico el **Motor Diesel**, fundamentado por la cantidad de detenciones, horas de indisponibilidad y un factor Logístico/Comercial. Actualmente, en el mercado nacional solo Finning vende y repara Motores C175 V20 contando con un Banco de Pruebas Dinamométricos en sus instalaciones de Antofagasta. Existen reparadores alternativos que realizan el servicio de reparación y venta, teniendo sus instalaciones en Australia y Canadá, lo cual ante cualquier imprevisto los tiempos de reacción aumentan considerablemente.

Para los demás componentes en el mercado nacional es posible encontrar reparadores con similares caracterices del OEM Caterpillar, como son Power Train Technologies, Comercial San Ignacio y Mecamin.

2.3 COMPONENTE CRITICO MOTOR DIESEL

El Motor Diesel de un a Camión de Extracción 797F representa aproximadamente un cuarto del valor comercial del equipo completo, siendo el componente más caro del equipo. Su diseño de veinte cilindros en V de un solo block, con veinte culatas, cada una de ellas con cuatro válvulas, un inyector y tren de balancines; con post enfriador aire a aire y cuatro turbos, sistema de combustible de Riel Común, además del sistema de control electrónico. Cada subcomponente podría dejar el equipo en algún modo de falla.

Actualmente se está trabajando en la disciplina que deben tener Ejecución de incluir en la notificación de SAP los subsistemas, de esta manera permitirá llegar a la causa raíz de las detenciones. Solo en un porcentaje menor de los mantenedores incluye en detalle el subsistema intervenido.

En entrevista con los Mantenedores especialistas en Motores indican el top 3 de causas que afectan la disponibilidad del equipo, Falla en Culatas, Falla en Turbo compresores y Falla en el Sistema de Bomba de Alta Presión de Combustible e Inyectores.

2.3.1 CULATA MOTOR DIESEL C175

Dentro de las mayores detenciones a causa de motor es por falla en la empaquetadura de culata, originando traspaso de aceite lubricante al refrigerante, generando contaminación cruzada en el sistema.

Cabe mencionar que, al realizar un cambio de empaquetadura de culata, se deben inspeccionar las unidades de fuerza y la regulación de válvulas e inyectores completa del motor, además del correspondiente cambio de aceite.



FUENTE: Elaboración propia – Fotografías tomada octubre 2023

Figura 2.2 Culata 797F

2.3.1 TURBOS MOTOR DIESEL C175

Recordemos que los turbos pueden alcanzar sobre los 50.000 rpm, en donde cualquier partícula extraña que impacte los álabes causará daños en el balanceo de este componente. De ahí la importancia de una buena inspección buscando fugas y rigurosidad en el cambio de filtros de aire para evitar el ingreso de sílice principalmente y los cambios de filtros de aceite para mantener una buena película de lubricación.

En el Motor Diesel del Camión de Extracción 797F posee cuatro turbos, dos para cada banco dispuestos en paralelo. Son lubricados por aceite y enfriados por refrigerante. En caso de falla se suelen cambiar en pares.



FUENTE: Elaboración propia – Fotografía tomada octubre 2023

Figura 2.3 Turbo Compresores 797F

2.3.3 BOMBA DE ALTA PRESIÓN DE COMBUSTIBLE E INYECTORES MOTOR DIESEL C175

La Bomba de Presión de Combustible del e Inyectores del Motor Diesel del Camión de Extracción 797F puede alcanzar presiones de trabajo de los 30.000 psi. En donde el ajuste interno de los componentes es de milésimas de milímetro, el equipo posee diez filtros dispuestos en serie para evitar que ingresen partículas al sistema. Son cuatro de filtrado primario de partículas mayores, dos separadores de agua y por último cuatro filtros secundarios. A pesar del sistema de filtrado igual se produce el ingreso de partículas las cuales rallan internamente la bomba, generando la pérdida de eficacia de esta y por lo tanto la disminución de potencia.



FUENTE: Elaboración propia – Fotografía tomada octubre 2023

Figura 2.4 Bomba de Alta Presión de Combustible 797F

Los inyectores están conectados por un riel común de combustible con presión latente 30.000 psi aproximadamente, para poder realizar una inyección directa sobre la cabeza de los cilindros. Los inyectores son actuados mecánicamente y controlados electrónicamente según sea el requerimiento, las partículas de contaminación en el combustible originan daños principalmente en punta del inyector, en donde no permite realizar un cierre hermético, perdiendo la eficacia de pulverización de combustible, generando una mala combustión y pérdida de potencia.



FUENTE: Elaboración propia – Fotografía tomada octubre 2023

Figura 2.5 Inyectores de Combustible 797F

2.4 ADMINISTRACIÓN DE ÁREA DE COMPONENTES MAYORES.

Todo material o componente que sea considerado como material reparable, está codificado, a fin de poder ser ingresado a la plataforma de administración SAP, de esta manera se podrán administrar los costos de los componentes y cuantificar el valor de los materiales nuevos versus la reparación de estos. A continuación, definiremos algunos conceptos:

COMPONENTE REPARABLE: Todo componente al cual se puede efectuar una reparación.

COMPONENTES DAÑADOS: Todo componente saliente de algún equipo que se requiere enviar a reparar.

COMPONENTES REPARADOS: Todo componente que ya fue reparado por un proveedor de servicio, el cual se ingresa a inventario como tal.

COMPONENTES SCRAP: Todo componente que no tiene reparación, respaldado con su respectivo informe de baja, susceptible de enajenación.

MODALIDAD DE REPARACIÓN NORMAL: Consiste en la necesidad de reparación de un componente en condición de falla, el cual será evaluado técnicamente y luego cotizada su reparación, si es aceptada la cotización, se procede a la reparación dejando el componente en condición de ser utilizado, este mismo componente deberá ser devuelto a la Bodega, en calidad de “Reparado”.

MODALIDAD DE INTERCAMBIO: Consiste en el aporte por parte del proveedor de un componente reparado a cero horas, para lo cual Minera Vigía debe entregar un “Core” (componente saliente). Posteriormente el proveedor evaluará el Core entregado por la minera determinando si el crédito es total o parcial.

CONVENIO DE ACUERDO DE PRECIOS (CAP): Consiste en la formalización de un listado de precios correspondiente a servicios de reparación de componentes que formarán parte del Convenio.

DESESTIMACIÓN: Si en la evaluación de un componente, la reparación excede un 65% versus uno nuevo, ese podría ser desestimado por el área de Componentes Mayores. Posteriormente se debe informar a bodega de las desestimaciones de cada componente, para que pueda cambiar su clasificación y evaluar su enajenación.

2.5 RESPONSABILIDADES Y FUNCIONES

2.5.1 INGENIERO DE COMPONENTES MAYORES

Es el encargado de administrar y supervisar los costos correspondientes al CAPEX y OPEX además del buen uso de materiales y componentes del área según la demanda realiza por el área de Planificación.

Verificar que los componentes enviados a reparación estén catalogados, para la administración de Bodega, además que la documentación de montaje y desmontaje del componente sea concordante con el componente catalogado.

Realizar seguimiento a Garantías, de acuerdo con la información entregada por el departamento de Ingeniería, evaluando los costos asociados a estas, cabe mencionar que ningún reparador paga lucro cesante.

Generación de Bases Técnicas y entrega de antecedentes requeridos para licitaciones, validar técnicamente a los proveedores en procesos de licitación y entregar las cartas de No Conformidad de reparación.

2.5.2 ENCARGADO DE COMPONENTES MAYORES

Empleado operativo del área que debe manejar el ciclo de reparación de componentes SAP, cobertura y seguimiento de plan semanal de cambio de componentes, Coordinar despachos y retiros de componentes, con talleres reparadores e internos con bodega, para dar cobertura al stock, plan semanal e imprevistos.

Gestionar inventario cíclico, recepción e ingreso de componentes a SAP, aportes de repuestos para reparaciones, desde la solicitud hasta la entrega en taller. Realizar actualización de planillas de reportabilidad, como WIP, Intercambio, Pool componentes a piso y gestión de cargas especiales.

Gestión proceso de intercambio (retiro y devolución de Core), Capacidad de realizar proyectos de mejora que apunten a la confiabilidad de reparación de los componentes. Gestionar y administrar del proceso de preservación, procesar presupuestos de reparación de componentes e intercambio. Ingreso y rebaja de componentes en SAP, según el requerimiento para cumplir con el Budget y Forecast.

2.5.3 BODEGA

Espacio físico encargado de custodiar, recibir y despachar componentes y materiales, generar Guía de Despacho solicitada por Áreas Usuarias, indicando Solped asociada. Realizar traspaso de componente dañado a proveedor.

Coordinar transporte con Operador Logístico para despacho y retiro de componente. Recibir componentes reparados y almacenar en bodega garantizando una adecuada preservación y almacenamiento de los componentes.

2.6 EVALUACIÓN DE COMPRA O REPARACIÓN DEL COMPONENTE

Para la evaluación de las opciones de comprar un componente nuevo o repararlo, se debe aplicar la metodología estándar de valoración con los límites máximos entre reparar o comprar.

En términos generales, se recomienda reparar cuando el valor de la reparación es menor o igual a un 65% del valor del componente nuevo. Las principales variables que deben ser evaluadas son:

- Costo reparación del componente en evaluación y plazo de entrega.
- Costo de adquisición de un componente nuevo y plazo de entrega.
- Garantía del componente en evaluación y vida útil esperada.
- Costos de operación, mantenimiento y eventualmente enajenación o disposición final.

Una reparación cuyo costo sea mayor al 65% del valor del componente nuevo, solo se justificará si el plazo de entrega del componente nuevo no satisface la necesidad de disponibilidad de este, para lo cual el área de Componentes Mayores será responsable de verificar disponibilidad de componentes reparados o nuevos en el mercado.

2.7 CICLO DE REPARACIÓN DE COMPONENTES.

El ciclo normal de reparación de un componente comienza con la adquisición de un componente, luego es ingresado a bodega, en donde queda a la espera de ser consumido por tarea planificada o imprevisto. Al ser solicitado por operaciones este se traslada a taller y es reemplazado por personal mantención, el componente saliente es preparado para su despacho, en donde se drenan fluidos, se tapan ductos a fin de evitar la contaminación.

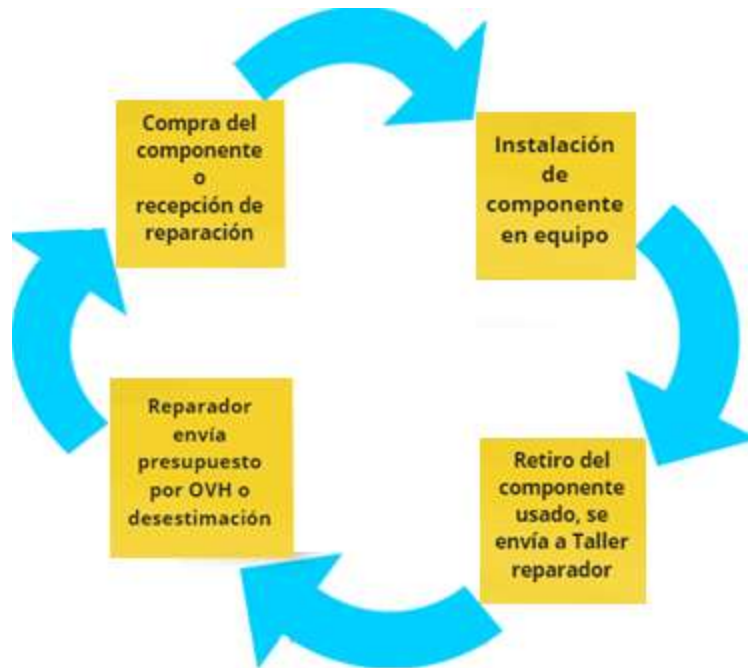
Despachado a taller reparador, normalmente OEM, este realiza una evaluación y presupuesto de reparación del componente. Las fechas de reparación son acordadas por el Minera Vigía y el Reparador. Una vez entregado el presupuesto este consta de dos cotizaciones; la primera indica el valor del overhaul del componente y el valor de la desestimación, los costos asociados a la desestimación son los generados por las horas hombre invertidas, ensayos no destructivos y la evaluación técnica del componente.

PLAZOS DE REPARACIÓN FINNING CRC					
Componente	T&M (Programados)				
	Espera Ingreso	Entrega Presupuesto	Aprobación Presupuesto	Proceso de Reparación	Total Ciclo
	Dias	Dias	Cliente (Dias)	Dias	Dias
Motores 797F	00 - 02	19	3	44	63
Componente	T&M (No Programados)				
	Espera Ingreso	Entrega Presupuesto	Aprobación Presupuesto	Proceso de Reparación	Total Ciclo
	Dias	Dias	Cliente (Dias)	Dias	Dias
Motores 797F	00 - 15	19	3	44	63
Componente	T&M (Componentes Ingresados por garantía o de AFA				
	Espera Protocolo	Espera Ingreso	Entrega AFA + PPTO.	Aprobación Presupuesto	Proceso de Reparación
	Dias	Dias	Dias	Dias	Dias
Motores 797F	00 - 05	00 - 10	16	3	44
Target no considera tiempo en transporte de 0-3					
Target no considera tiempos de espera por documentación faltante del protocolo de garantías					

FUENTE: Elaboración propia

Tabla 2.3 - Lead Time de Reparación Motores 797F de Finning.

Si el valor de la cotización de reparación excede el 65% de la reparación, el componente es dado de baja. Se entrega al área de Abastecimiento para la enajenación del activo.



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA 2.6 - Ciclo de un Componente Reparable

Al dar de baja un componente, se activa el proceso de adquisición para su remplazo. Realizada la solicitud, esta escala al directorio para que sea aceptada la adquisición de activos y se incluyan en el caso base del próximo año y asigne OPEX correspondiente.

Normalmente la compra de un componente puede tardar más de un año en todo el proceso administrativo, por ello cuando se dan de abaja componentes, los reparadores ofrecen la opción de venta de un componente en calidad de Intercambio. En primera instancia el costo puede ser es más alto que adquirir un componente nuevo, además que es un componente reparado a cero horas, pero una vez echo la devolución del CORE la diferencia puede ser de un 30% más económico.

Una cotización no asegura que el componente este disponible, se podría decir que se pondrá a la fila de otros compradores. Es por ello por lo que es fundamental una buena administración del WIP y realizar proyección de cambio de componentes según TBO o criticidad.

Las garantías normalmente de los componentes mayores son de seis mil horas o doce meses de utilización, lo que se cumpla primero. Cuando los componentes fallan en periodos de Garantía, en ocasiones puede afectar al programa de cambio de componentes por TBO, dado que se utiliza un componente que estaba destinado para otro equipo.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS DE COSTES DEL CICLO DE VIDA EN COMPONENTES DE CAMIONES DE EXTRACCIÓN CATERPILLAR 797F

El área de Planificación realiza una demanda anual de cambio de componentes por TBO, así podemos proyectar la utilización de los activos y administrar el gasto mensual y anual del área de Componentes Reparables. La administración de componentes y gestión de inventarios es importante dado que inmoviliza recursos, mantiene los componentes en estado óptimos de utilización.

Buena parte de componentes mecánicos, al pasar más de seis meses stand by es necesario enviar a preservar, por la decantación de aceites lubricantes, cristalización de sellos, oxido y corrosión. El costo asociado a una preservación es aproximado al 20% del valor del componente, según la tendencia histórica de los pagos a reparadores.

Manteniendo un seguimiento de las tendencias y análisis de fallas históricas, se puede ralentizar un proceso de reparación o bien solicitar al reparador mejorar los tiempos de entregas. Al tener una gran flota de equipos, no es recomendable trabajar bajo la modalidad de Justo a Tiempo.

3.1 MANTENCIÓN Y PROYECCIÓN DE USO DE MOTORES C175

El fabricante Caterpillar recomienda la rigurosidad en las pautas de mantención y análisis no destructivos en sus equipos, de esta manera según las condiciones del entorno y severidad operacional para Minera Vigía, se proyecta una utilización de al menos de catorce mil horas de utilización en los motores diésel C175.

Para lograr el TBO esperado de horas utilización se deben realizar mantenciones programadas mayores de acuerdo de donde provenga el componente, es decir, el tratamiento es diferente para un motor Nuevo, Overhaul o Intercambio. Se debe considerar que para cada intervención de mayor de motor se debe realizar el mantenimiento preventivo de cambio de aceites y filtros de motor.

QY	Descripción	Valor Unitario	Total	Total
2	FILTRO LUBRICANTE	\$ 973.762	\$ 1.947.524	USD 2.254
1	FILTRO GP	\$ 2.390.659	\$ 2.390.659	USD 2.767
4	FILTRO DE AGUA	\$ 571.294	\$ 2.285.176	USD 2.645
8	FILTRO COMBUSTIBLE	\$ 398.375	\$ 3.187.000	USD 3.689
400	ACEITE	\$ 29.868	\$ 11.947.200	USD 13.828
			\$ 21.757.559	USD 25.182

FUENTE: Elaboración propia – Excel adjunto 797F

Tabla 3.1 - Lead Time de Reparación Motores 797F de Finning.

Las mantenimientos mayores o también denominada Media Vida son programadas cada seis mil horas de utilización, y comprende básicamente en la regulación de válvulas, cambio de bombas de agua, inyectores, turbos, enfriadores, sensores, etc.

Existe una pauta mínima de Media Vida indicada por el fabricante, pero en caso de existir componentes periféricos comprometidos con daños o desgaste, entregara confiabilidad al equipo realizar el cambio en la detención mayor.

Todas las intervenciones van generando un aumento en el costo a lo largo de la vida útil del activo, por ello buscar la opción económica más rentable es vital para lograr la rentabilidad del negocio.

Considerando las tres cotizaciones de compra de motores y analizando la descarga de datos de comportamiento de tres equipos con motores Nuevo, Overhaul e Intercambio se realiza un Análisis del Costo de Ciclo De Vida.

Dado que técnicamente es exactamente el mismo equipo, un Camión de Extracción 797F, solo varia el origen del proveedor del Motor Diésel. Los costos asociados a la mantención son similares, las mayores variaciones se encuentran en la adquisición del activo, la media vida del componente y el retorno que puede entregar una vez cumplido su vida útil.

Cuando un motor no tiene opciones de reparación o esta excede el 65% versus uno Nuevo, este componente es dado de baja. Será entregado al área de abastecimiento para la enajenación del componente. Al ser componentes considerado como residuos industriales el valor por la venta de la enajenación es mínimo.

3.2 ANÁLISIS DE CICLO DE COSTO DE VIDA DEL ACTIVO

El promedio de utilización de un Camión de Extracción 797F es de seis mil horas al año, en donde se dejan fuera todas las detenciones programadas, la proyección de utilización del componente es de al menos catorce mil horas de utilización, se realiza un análisis de tres años de utilización del activo.

El mercado de los componentes mayores no es inmediato, normalmente las compras son planificadas y proyectadas de un año para otro. Podríamos decir, que se compra el componente incluso antes de que este fabricado. Además, se deben considerar los tiempos de fletes, desaduanar e internación de mercancías. Cualquier método para agilizar la entrega tendrá un costo asociado, que deberá asumir el comprador.

Administrar un pool de componentes, implica tener a disposición en óptimas condiciones los componentes en custodia de Bodega, mantener bajo control de los despachos de componentes usados y recepciones de las compras de Reparaciones, Intercambio o Nuevo de componentes, cuidando el presupuesto designado para superintendencia.

Para nuestro Componente Critico como es el Motor Diesel del Camión de Extracción 797F, podemos adquirirlo mediante tres modalidades, se detalla cada forma de adquirir el activo.

3.2.1 ANÁLISIS PARA UN MOTOR NUEVO

Históricamente un Motor Diesel Nuevo es más confiable que uno proveniente de reparación, por múltiples factores como las cargas cíclicas de los componentes internos y acumulación de tensiones en el block, una unidad completamente nueva sin uso, todas sus partes y piezas han sido fabricadas y diseñadas con las ultimas actualizaciones del fabricante y obviamente con todos los repuestos originales.

Item	Cant.	Código	Descripción	Unit Full	Dcto%	Dcto.Ad%	Imp.Dcto	Total	
10	1	5144913.000	CONFIGURACION DEL MOTOR-BASICA Disponibilidad 235 días Traslado Marítimo. Precio Vigente hasta Junio 2022	1.147.045,54			0,00	1.147.045,5	
Nota : COTIZACION VALIDA SEGUN VIGENCIA INDICADA EN DOCUMENTO. TODOS LOS REPUESTOS EN STOCK ESTAN SUJETOS A VENTA PREVIA. PRECIOS INDICADOS EN DOLARES EEUU, SERAN CONVERTIDOS A PESOS CHILENOS SEGUN TC FECHA FACTURACION-.									
							Total sin impuestos	: USD	1.147.045,54
							'I.V.A.'	: USD	217.938,65
							Total cotización	: USD	1.364.984,19

FUENTE: Cotización Finning Chile

FIGURA 3.1 - Cotización Correspondiente a Compra de Motor Nuevo.

Por otra parte, la media vida para una Motor Diesel de Camión de Extracción 797F, proyectada cada seis mil horas, es considerablemente más económica que para un motor proveniente de Overhaul o Intercambio.

NUEVO				
CANT	COMPONENTE	VALOR UN	TOTAL	Total
2	GRUPO BOMBA AGUA	\$ 1.971.131	\$ 3.942.262	USD 4.563
20	SELLO COMBUSTIBLE	\$ 215.127	\$ 4.302.540	USD 4.980
20	INYECTOR COMBUSTIBLE	\$ 857.749	\$ 17.154.980	USD 19.855
1	GRUPO DE BOMBA COMBUSTIBLE	\$ 18.872.689	\$ 18.872.689	USD 21.843
4	TURBO GROUP	\$ 7.708.306	\$ 30.833.224	USD 35.687
			\$ 75.105.695	USD 86.928

FUENTE: Elaboración propia – Excel adjunto 797F

Tabla 3.2 – Tabla Media Vida Motor Diesel Nuevo 797F

3.3.2 ANÁLISIS PARA UN MOTOR OVH

Corresponde a una unidad reparada, pudiendo tener trabajos de mecanizado, posee partes y piezas remanufacturadas. No en todos los casos cuenta con las últimas actualizaciones del fabricante, puede que no todos sus repuestos sean originales.

Finning Chile cuenta con Talleres de Reparación de Motores Diésel de alto nivel mundial en Santiago y Antofagasta, siendo este último el principal, el cual cuenta con un banco de pruebas dinamométrico. La Garantía de seis mil horas o doce meses de utilización, lo que se cumpla primero.

Cada motor es probado en diferentes modalidades de uso, una vez echa la prueba del banco de prueba dinamométrico, se genera un informe con los valores aceptables por el fabricante y entregado al usuario como certificado de calidad del producto.

RUT	: 76727040-2	VENDEDOR	: Leandro Villalon
CLIENTE	: MINERA CENTINELA	MAIL	:
DIRECCIÓN	: MINERA CENTINELA	TELEFONO	: 56926797000
CIUDAD	: Santiago	MARCA	: AA
NÚMERO COTIZACIÓN	: 60232192	MODELO	: 797F
FECHA DOCUMENTO	: 11.03.2020	N° DE SERIE	: LAJ00175
VIGENCIA HASTA	:	COND. PAGO	: 30 DIAS FECHA FACTURA

Descripción		Valor
Repuestos	CLP	620.810.687
TTA	CLP	1.238.746
Mano de Obra	CLP	82.352.371
MONTO TOTAL sin impuestos	CLP	704.401.804

COTIZACION POR REPARACION OVERHAUL DE 01 MOTOR 797F DE CLIENTE CENTINELA SOLPED	
1020091442 GD° 101592	
OS CLIENTE 507500196701 OS TALLER 505900538701	
N/P 20R7015 SERIE LLM01038 HRS OPERACIÓN 7.965	
VALOR COMPONENTE NUEVO: \$ 884.774.791	
LA REPARACION EQUIVALE AL 74% SOBRE EL VALOR DEL COMPONENTE NUEVO	
TTA CORRESPONDE A: GRANALLADO \$ 575.317/FUNDA \$546.762/DOBLE PLASTIFICADO \$ 116.655	
DEVOLUCION REPUESTOS REMAN \$ \$ 46.051.525	
VALOR POR DESESTIMACIÓN DEL COMPONENTE \$ 28.520.540	
VALOR POR ARMADO COMO CORE DEL COMPONENTE \$ 48.289.768	
ATENCION SRS MINERA CENTINELA	
ATTE.-	
V.OSTOJIC	

FUENTE: Cotización Finning Chile

FIGURA 3.2 - Cotización Correspondiente a Overhaul o Desestimación del Motor Diesel

La media vida del motor proveniente de Overhaul es más costosa, debido a la reutilización de partes y piezas.

OVH				
CANT	COMPONENTE	VALOR UN	TOTAL	TOTAL US\$
2	GRUPO BOMBA AGUA	\$ 1.971.131	\$ 3.942.262	USD 4.563
20	SELLO COMBUSTIBLE	\$ 215.127	\$ 4.302.540	USD 4.980
20	INYECTOR COMBUSTIBLE	\$ 857.749	\$ 17.154.980	USD 19.855
1	GRUPO DE BOMBA COMBUSTIBLE	\$ 18.872.689	\$ 18.872.689	USD 21.843
4	TURBO GROUP	\$ 7.708.306	\$ 30.833.224	USD 35.687
2	NUCLEO ENFRIADOR ACEITE	\$ 3.341.190	\$ 6.682.380	USD 7.734
1	DUCTOS DE COMBUSTIBLE	\$ 10.375.805	\$ 10.375.805	USD 12.009
18	FUELLES	\$ 652.309	\$ 11.741.562	USD 13.590
36	ABRAZADERA	\$ 196.438	\$ 7.071.768	USD 8.185
2	SENSOR GP - TEM	\$ 341.523	\$ 683.046	USD 791
3	SENSOR DE PRESION	\$ 169.889	\$ 509.667	USD 590
3	GRUPO SENSOR	\$ 139.897	\$ 419.691	USD 486
1	CONJUNTO ARNES LH	\$ 3.210.932	\$ 3.210.932	USD 3.716
1	CONJUNTO ARNES RH	\$ 2.403.587	\$ 2.403.587	USD 2.782
			\$ 118.204.133	USD 136.810

FUENTE: Elaboración propia – Excel adjunto 797F

Tabla 3.4 – Tabla Media Vida Motor Diesel overhaul 797F

Para poder contar con un motor en la modalidad de Overhaul, la minera deberá aportar con un motor usado, el cual será enviado al reparador, en donde será evaluado si tiene opciones de reparación, esta cotización no deberá exceder el 65% versus un motor nuevo. Si excede el valor mencionado, este componente es entregado al área de Abastecimiento para su enajenación y comenzar con las gestiones de compra de un motor nuevo.

3.3.3 ANÁLISIS PARA UN MOTOR INTERCAMBIO

Los Motores Diesel de Camiones de Extracción 797F comprados en modalidad de Intercambio, provienen de una reparación mayor, pudiendo ser en Talleres de Finning Chile (Línea 511) o en Talleres de Reparación de Estados Unidos (Línea 505). Pueden contener partes remanufacturados y/o con procesos de mecanizados. No en todos los casos cuenta con las ultimas actualizaciones del fabricante, todos sus repuestos son originales. Tiempo de entrega inmediata, el overhaul se realiza en los talleres del OEM en la Antofagasta, Santiago, Lafayette o Illinois en Estados Unidos. La Garantía de seis mil horas o doce meses de utilización, lo que se cumpla primero.

RUT	:76727040-2	VENDEDOR	:Leandro Villalon
CLIENTE	:MINERA CENTINELA	MAIL	:LEANDRO.VILLALON@FINNING.COM
DIRECCIÓN	:APOQUINDO - OF.1802 P.13 4001	TELEFONO	:56229277444
CIUDAD	:SANTIAGO	MARCA	:
NÚMERO COTIZACIÓN	:25516923	MODELO	:
Nº PEDIDO CLIENTE	:Motor 797F	Nº DE SERIE	:
FECHA DOCUMENTO	:12.05.2022	CONTACTO	:
VIGENCIA HASTA	:27.05.2022	COND. PAGO	:30 DIAS FECHA FACTURA
DIRECCIÓN DESTINO	:APOQUINDO - OF.1802 P.13 4001	COMUNA	:SANTIAGO/ LAS CONDES

Item	Cant.	Código	Descripción	Unit Full	Dcto%	Dcto.Ad%	Imp.Dcto	Total
10	1	20R7015.511	797F MOTOR 35 dias aereo, flete unitario 63.895,68 USD 70 dias maritimo.	707.463,70			0,00	707.463,70
			CORE Full 35 dias aereo, flete unitario 63.895,68 USD 70 dias maritimo.	576.610,31				576.610,31

Nota : STOCK SUJETO A VENTA PREVIA

Flete Adicional	: USD	63.895,68
Total sin impuestos	: USD	1.347.969,69
'I.V.A.'	: USD	256.114,24
Total cotización	: USD	1.604.083,93

FUENTE: Cotización Finning Chile

FIGURA 3.3 - Cotización Correspondiente a Intercambio del Motor Diesel

La media vida del motor proveniente de Intercambio es más costosa que un Motor nuevo, pero más económica que un Motor de Intercambio, debido a la reutilización de partes y piezas.

INTERCAMBIO				
CANT	COMPONENTE	VALOR UN	TOTAL	TOTAL US\$
2	GRUPO BOMBA AGUA	\$ 1.971.131	\$ 3.942.262	USD 4.563
20	SELLO COMBUSTIBLE	\$ 215.127	\$ 4.302.540	USD 4.980
20	INYECTOR COMBUSTIBLE	\$ 857.749	\$ 17.154.980	USD 19.855
1	GRUPO DE BOMBA COMBUSTIBLE	\$ 18.872.689	\$ 18.872.689	USD 21.843
4	TURBO GROUP	\$ 7.708.306	\$ 30.833.224	USD 35.687
2	SENSOR GP - TEM	\$ 341.523	\$ 683.046	USD 791
3	SENSOR DE PRESION	\$ 169.889	\$ 509.667	USD 590
3	GRUPO SENSOR	\$ 139.897	\$ 419.691	USD 486
1	CONJUNTO ARNES LH	\$ 3.210.932	\$ 3.210.932	USD 3.716
1	CONJUNTO ARNES RH	\$ 2.403.587	\$ 2.403.587	USD 2.782
			\$ 82.332.618	USD 95.292

FUENTE: Elaboración propia – Excel adjunto 797F

Tabla 3.6 – Tabla Media Vida Motor Diesel INTERCAMBIO 797F

Para el caso de Intercambio la minera se compromete a entregar el componente saliente en óptimas condiciones de traslado, es decir, sus fluidos drenados, ductos tapados y en la base de traslado correspondiente. Posterior a una evaluación de técnica del componente se puede obtener un potencial de devolución de hasta un 50% del valor comercial pagado. En caso de no realizar la devolución del componente o bien se entregue con daño catastrófico la devolución será de 0%.

La Evaluación Técnica del componente saliente esta descrita en detalle en el Anexo **SELD0164-13 Motor 3500 y C175**, el cual indica los criterios de evaluación de un motor y determina el porcentaje de devolución, siempre y cuando este se devuelva dentro de los plazos establecidos.

Total años (n)		3	
interés (i) =		0,11	
Tipos de Costes	Valor	año	Valor Presente
Costos iniciales			
Adquisición	\$ 707.463	1	\$ 1.284.073
Costos anuales			
Operacionales	\$ 136.903	1	\$ 334.552
Preventivo	\$ 95.292	1	\$ 232.867
PM	\$ 25.182	12	\$ 61.539
			-
			-
			-
			-
			-
Costos Futuros			
Mant. Mayor	\$ 1.559	5	\$ 925
Mant. Mayor	\$ 10.000	2	\$ 8.116
Mant. Mayor	\$ 10.000	6	\$ 5.346
Mant. Mayor	\$ 10.000	12	\$ 2.858
			-
Valor Reposición	\$ 461.288	1	\$ 415.575
Total de Costes en Valor			
Presente			\$ 1.514.702
Coste Anual equivalente			
total			\$ 619.836

POTENCIAL DEVOLUCION	
\$ 576.610	100%
\$ 518.949	90%
\$ 461.288	80%
\$ 403.627	70%
\$ 345.966	60%
\$ 288.305	50%
\$ 230.644	40%
\$ 172.983	30%
\$ 115.322	20%
\$ 57.661	10%
\$ -	0%

FUENTE: Tabla Excel de Señor Carlos Parra – Excel adjunto 797F

Tabla 3.7 – Resumen de ACCV Motor Diesel Intercambio y Porcentaje de Devolución.

Dado el análisis la según el ACCV la modalidad más conveniente desde el punto de vista económico es por Intercambio. Considerando un potencial de devolución mínimo 70%. Para optar a este tipo de estrategia lo más conveniente es realizar un contrato en donde ambas partes, Reparador y Minera se comprometen a realizar el cambio de componente según TBO o condición.

Con el contrato se logra una fidelización con el reparador, además de poder fijar un acuerdo comercial de precios. Existiendo el compromiso de entrega del componente para su cambio, la minera podrá planificar la detención del equipo, sin afectar los kpi comprometidos.

Por otra parte, la minera deberá cumplir los plazos de entrega del componente saliente, para no ver afectado el proceso de reparación del componente y no tener multas por el no cumplimiento del contrato.

NUEVO	OVH	INTERCAMBIO
<p>COMPONENTE COMPLETAMENTE NUEVO EN TODAS SUS PARTES Y PIEZAS.</p> <p>DISPONIBILIDAD 8 MESES, TRASLADO MARÍTIMO</p> <p>GARANTÍA 6000 HORAS O 12 MESES</p>	<p>COMPONENTE PROVENIENTE DE OVERHAUL PIEZAS Y PARTES REUTILIZADAS CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</p> <p>DISPONIBILIDAD 3 MESES</p> <p>GARANTÍA 6000 HORAS O 12 MESES</p>	<p>COMPONENTE PROVENIENTE DE OVERHAUL PIEZAS Y PARTES REUTILIZADAS CON ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS</p> <p>DISPONIBILIDAD INMEDIATA</p> <p>GARANTÍA 6000 HORAS O 12 MESES</p> <p>USD 707.463 P/P USD 576.610 CORE</p>
USD 1.364.984	USD 815.280	USD 1.284.073
\$ 1.179.346.176	\$ 704.401.804	\$ 1.109.439.072

FUENTE: Elaboración propia – Excel adjunto 797F

Tabla 3.8 – Resumen de Cotización Correspondiente del Motor Diesel C175

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los cambios de componentes planificados se dictan por la TBO del componente y la condiciones según el Monitoreo de Condiciones, en donde se puede extender o anticipar su cambio. Considerado si se extiende en demasía la utilización del componente el desgaste de partes y piezas podría ser irrecuperable; realizar cambio de componentes antes de la falla permitirá que el activo pueda tener opciones de recuperación, en esa línea, el aporte de datos registrados en SAP facilita la generación de tendencias.

La demostración del Componente Crítico, permite planificación a largo plazo, de tal manera de ir ajustando el presupuesto para optimizar la utilización de los recursos en la generación de planes de acción para controlar los componentes que se encuentran con múltiples y largas detenciones no planificadas.

Analizar las variables de compra en el mercado permite tomar una oportunidad de negocio de hacer una alianza estratégica con una empresa reparadora, para este caso Finning Chile, utilizando componentes de Intercambio para el Plan de Cambio de Componente Planificado y utilizar componentes provenientes de Overhaul o Nuevo para atender el Cambio de Componente Por Imprevisto.

Como aún se tienen componentes en Taller Reparador, la recomendación es que sigan su curso normal y estos queden stand by en bodega, para la atención de imprevistos, especialmente de daños catastróficos.

Por otra parte, los motores nuevos, se podrán mantener a la espera de su arribo a faena y quedar a la espera del requerimiento de Ejecución. Los fletes suelen tener retrasos por temas administrativos de aduanas, recordar que el componente nuevo es importado desde Lafayette o Illinois en Estados Unidos.

Manejar y suministrar la información para realizar los cambios de componentes antes de falla, permitirá mejorar la administración de los recursos, por lo tanto, es de suma importancia la calidad y claridad de antecedentes registrados en SAP. Capacitar a Personal de Ejecución permitirá dar indicios hacia donde apuntar los planes de acción de la Mantenibilidad.

BIBLIOGRAFÍAS Y ANEXOS

Procedimiento de Reparables:

<https://intranetcentinela/Nosotros/Políticas%20y%20Procedimientos/Procedimiento%20-%20Reparables.pdf#search=procedimiento%20reparables>

Reporte Superintendencias Mantenimiento Mina Minera Vigía. Periodo 2021/22

FINSA – Libro Capacitación Material del Estudiante. FCL 2010.

Anexo ASHQ6884 (08-2012) CAT 797F.

Anexo SELD0164-13 Motor 3500 y C175.

Tabla Excel de Señor Carlos Parra – Asignatura Confiabilidad I – USM San Joaquín.