

"La información que esta Memoria recoge y contiene respecto de las operaciones y actividades de Anglo American Chile Ltda. y/o de cualquiera de las divisiones mineras e industriales operativas, así como la integridad e interpretación de la información, los análisis y conclusiones derivadas de ella, sólo corresponden a su autor y, en consecuencia son de su exclusiva responsabilidad, por lo que no comprometen en forma alguna a Anglo American Chile Limitada, sus divisiones operativas o empresas propietarias, como tampoco a sus ejecutivos, profesionales o técnicos. Anglo American Chile Ltda., únicamente ha colaborado con el autor en facilitarle acceso a sus instalaciones e información para la realización de este trabajo de título y no tiene opinión ni participación alguna en su contenido."

Agradecimientos:

Agradecemos a Anglo American División El Soldado por la oportunidad de realizar este trabajo de título en sus instalaciones. A Christian Jaque, Jefe de Mantención Mina por la ayuda prestada y la buena voluntad mostrada cada vez que requerimos ayuda. Agradecemos también a los Analistas del Laboratorio Predictivo Sr. Israel Supanta, Miguel Sepúlveda, Christian Vidal y Juan Muñoz por su ayuda en la realización de la memoria de título.

Dedicatoria:

Sebastián Pinochet

A mi Familia.

Francisca Muñoz

Quiero dedicar y dar gracias a todas esas personas importantes en mi vida que siempre estuvieron conmigo, listas para brindarme toda su ayuda, comprensión y sobre todo apoyo durante este largo proceso.

A mis padres Francisca Robles Beiza y Gardito Muñoz Alegría, infinitas gracias por hacer todo en la vida para que yo realice mis sueños, por su esfuerzo, dedicación, paciencia, preocupación, amor y sobre todo la entrega que hacen día a día por cada uno de nosotros, sus hijos. Los amo y estaré siempre agradecida. Doy las gracias por los maravillosos padres que tengo.

A mi novio Patricio Celedón Ponce, quien me apoyo y alentó a seguir siempre adelante. Soporto mis malos momentos y me acompaño en ellos. Gracias por tu entrega y amor, por estar conmigo durante todo mi proceso de estudio y más. Tu compañía fue fundamental para mí durante mis estudios. Muchas gracias por lo entregado.

A mi mejor amiga Estefanía Leiva Vergara, para mí, Monis, gracias por estar siempre presente, apoyando y entregando palabras de aliento en momento difíciles, dándome animo diciendo “Mona tú puedes”.

A mis amigos de toda la vida: Anita, Cathy, Yasna, Jaime. Gracias por todas las palabras de ánimo para seguir adelante, por la preocupación constante y la alegría entregada.

Y finalmente a mis compañeros de universidad, con quienes compartí todo este proceso, esas largas noches de estudio, de trabajos, largas jornadas en la biblioteca, carretes, exámenes, repechajes, etc. Gracias por el apoyo, por las palabras de aliento, por los consejos, por la paciencia y sobre todo por los “Ponte las pilas” cuando era necesario. A ustedes: Paty, Seba, Pedro, Cristian, Shaya y Tiare. Sin ustedes esto hubiese sido mucho más difícil y fome. Siempre los recordare y tendré presente.

Tabla de Contenido

Glosario	15
Resumen	17
Capítulo 1: Introducción al problema.....	19
1.1 Introducción.....	19
1.2 Descripción del Problema.....	21
1.2.1 Situación Actual.....	21
1.2.2 Árbol de Realidad Actual y Futura.....	21
1.2.3 Planteamiento del Problema.....	23
1.3 Objetivos:	24
1.3.1 Objetivo General:.....	24
1.3.2 Objetivos Específicos:	25
1.4 Resultado Esperado.....	26
1.5 Metodología.....	27
a) Implementación de Sistema de Monitoreo de Signos Vitales.....	27
Capítulo 2: Descripción de la Organización.....	29
2.1 Anglo American en el Mundo.....	29
2.1.1 Visión Anglo American:.....	29
2.2 Anglo American en Chile.....	30
2.2.1 Operaciones Anglo American Chile:	32
2.3 Anglo American Chile, División El Soldado.....	33
2.3.1 Producción Anual de la División El Soldado:.....	34
2.3.2 Diagrama del Proceso de Obtención de Concentrado de Cobre en la División El Soldado:35	
2.4 Departamento Mantenimiento Predictiva de la División El Soldado.....	36
2.4.1 Organigrama:.....	36
Capítulo 3: Marco Teórico.....	37

3.1	Monitoreo de Condiciones.....	37
3.2	Teoría de Mantenimiento.....	37
3.3	Clasificación de las Fallas.....	37
3.3.1	Causas y Modo de Fallas de los Componentes:.....	38
3.3.2	Causas de las Fallas:.....	38
3.3.3	Teoría de Fallas:.....	39
3.4	Disponibilidad de un Equipo.....	40
3.5	Sistema de Gestión de Flota en Sala de Dispatch.....	41
3.5.1	Flujo de Información entre Sala Dispatch y Operador de Equipo de Transporte a través de Radio Frecuencia:.....	43
3.6	Mantenimiento en las Empresas.....	44
3.6.1	La Gestión del Mantenimiento:.....	44
3.6.2	Estrategias de Mantenimiento:.....	44
3.6.3	Mantenimiento Predictivo:.....	46
3.6.4	Metas del Mantenimiento Predictivo:.....	46
3.6.5	Mantenimiento Predictivo o Centrado en la Condición de un Equipo:.....	46
3.6.6	Fundamentos de Mantenimiento Predictiva:.....	47
3.6.7	Técnicas Utilizadas en la Mantenimiento Predictiva:.....	47
3.6.8	Ventajas del Mantenimiento Predictivo:.....	48
3.7	Signos Vitales de un Componente.....	48
3.7.1	Importancia del Monitoreo de Signos Vitales:.....	49
3.8	Procesamiento de Información Entregada por el Sistema: Data Mining.....	49
3.9	Redes Inalámbricas para Traslado de Datos.....	52
3.10	Control Estadístico de Procesos.....	52
3.10.1	Aplicaciones del CEP:.....	52
3.10.2	Ventajas del CEP:.....	53
3.10.3	Desventajas del CEP:.....	53

3.10.4	Gráficos de Control.....	54
3.10.5	Control Estadístico para el Estudio:.....	55
3.10.6	Cálculo de Límites de Control:.....	56
3.11	Análisis de Aceite de Motor para el Mantenimiento Predictivo.	57
3.11.1	Aceite de Motor:	57
Capítulo 4:	Aplicación.	58
4.1	Sistema de Monitoreo de Signos Vitales en Equipos de Mina.	58
4.1.1	Parámetros Escogidos:.....	58
4.1.2	Elección de Red Inalámbrica Para Transporte de Datos:.....	59
4.2	Beneficios Económicos que entrega la implementación del Sistema de Monitoreo de Signos Vitales en Tiempo Real.....	62
4.2.1	Criticidad de Equipos de Mina:	63
4.2.2	Cálculo del Beneficio de una Detección Oportuna de Fallas:.....	63
4.2.3	Cálculo de Beneficio desde TTBO en adelante:.....	68
4.2.4	Observaciones Finales para el Cálculo del Beneficio de la Detección Oportuna de Fallas:.....	73
4.3	CEP de los Parámetros Seleccionados.	74
4.3.1	Disponibilidad de Pala Komatsu PC 8000:.....	75
4.3.2	Motor Cummins QSK 60:.....	80
4.3.3	Elección de Parámetros para el análisis de Fallas en Motor Diesel QSK 60: ...	81
4.3.4	CEP de los Parámetros:	84
Capítulo 5:	Conclusiones y Recomendaciones Finales.....	126
Capítulo 6:	Bibliografía.....	130
Capítulo 7:	Anexos.	131
7.1	Anexo 1: Lenguaje de base de datos, SQL.....	131
7.2	Anexo 2: Redes Inalámbricas, Ventajas y Desventajas.	135
7.3	Anexo 3: Estándares WIFI.	142

7.4	Anexo 4: Conceptos y Fundamentos Estadísticos.	147
7.5	Anexo 5: Conceptos Importantes para Análisis de Aceite de Motor.	153
7.6	Anexo 6: Equipos Disponibles para Monitoreo de Signos Vitales.	154
7.7	Anexo 7: Parámetros Escogidos.	161
7.8	Anexo 8: Cálculo de Beneficio después del TBO.	167
7.9	Anexo 9: Gráficos de Control con Causas Asignables.	185

Índice de Figuras

Figura 1.2-1: Sistema Actual de Monitoreo de Signos Vitales de Equipos Komatsu.	24
Figura 1.4-1: Nuevo sistema de lectura, transporte y registro de signos vitales.	26
Figura 2.1-1: Faenas del Grupo Anglo alrededor del mundo.....	29
Figura 2.2-1: Faenas Anglo American Chile.....	30
Figura 2.2-2: Faenas Anglo American Sur en Chile.	32
Figura 2.2-3: Faenas Anglo American Norte en Chile.	32
Figura 2.3-1: Ubicación División El Soldado.	33
Figura 2.3-2: Proceso de Obtención de Concentrado de Cobre en la División El Soldado. ...	35
Figura 3.3-1: Ejemplo de una curva de la bañera para fallas en un componente.	39
Figura 3.8-1: Proceso de KDD para la transformación de datos a información para la toma de decisiones.....	51
Figura 4.2-1: Demora en realización de Órdenes de Trabajo (OT).....	65
Figura 4.2-2: Ventana de Microsoft Visual Basic en donde se realizó la macro que permite el cálculo.	69
Figura 4.2-3: Extracto de Hoja de Microsoft Excel que permite el cálculo del beneficio después del TBO.....	72
Figura 4.3-1: Extracto de Hoja de Cálculo Microsoft Excel que muestra los datos de la Pala en Producción.....	82
Figura 4.3-2: Extracto de Hoja de Cálculo Microsoft Excel que muestra los datos de la Pala Improductiva.	83
Figura 4.3-3: Temperaturas en °C y F en que trabaja el aceite SAE 15W-40.....	122
Figura 7.1-1: Componentes de un sistema de gestión de bases de datos típico	132
Figura 7.4-1: Ejemplo de una Campana de Gauss.	150
Figura 7.4-2: Distribución gaussianas con diferentes medidas de dispersión.....	151
Figura 7.4-3: Distribución gaussianas con igual media pero varianza diferente.	152
Figura 7.6-1: Equipos de Mina.	159
Figura 7.6-2: Pala PC 8000.....	160

Índice de Esquemas

Esquema 1.2.2-1: Árbol de realidad actual y futura.....	22
Esquema 2.4.1-1: Organigrama del Departamento de Mantenición Predictiva.	36
Esquema 3.5.1-1: Flujo de información de Dispatch a Operador.	43
Esquema 3.5.1-2: Flujo de Información de Operador a Sala Dispatch.	43
Esquema 3.5.1-3: Flujo de Información Automático.	43
Esquema 3.10.4-1: Elección de Gráfica de Control según tipo de datos.	55

Índice de Tablas

Tabla 2.3-1: Producción de Cobre fino en toneladas por trimestre.....	34
Tabla 3.6-1: Comparación de las Estrategias para el Mantenimiento.....	45
Tabla 4.1-1: Comparación de redes inalámbricas disponibles para el traslado de datos.....	59
Tabla 4.1-2: Elección de red inalámbrica más adecuada para la realidad de la faena.	60
Tabla 4.1-3: Comparación de estándares de redes WIFI.	61
Tabla 4.2-1: Valores para conocer la probabilidad de falla catastrófica.....	67
Tabla 4.3-1: Comparación de Indisponibilidad de los equipos versus Costo del Equipo.	74
Tabla 4.3-2: Comparación de Capacidad entre los Equipos.....	75
Tabla 4.3-3: Indisponibilidad de la pala PC 8000, Fuente: Departamento de Mantención Mina, División El Soldado.	78
Tabla 4.3-4: Especificaciones generales del Motor Cummins QSK 60.....	80
Tabla 4.3-5: Parámetros del Motor Cummins QSK 60.	81
Tabla 4.3-6: Historial de fallas del motor diesel de la Pala PC 8000.	102
Tabla 4.3-7: Resumen de límites de control resultantes.....	109
Tabla 4.3-8: Resumen de límites de control resultantes sin constante lambda.	110
Tabla 4.3-9: Valor de control, productivo e improductivo.....	111
Tabla 7.3-1: Explicación de los distintos Estándares de red WIFI.	143
Tabla 7.3-2: Comparación entre los distintos estándar de WIFI.	144
Tabla 7.3-3: Velocidad y alcance de estándar 802.11.....	145
Tabla 7.3-4: Velocidad y alcance de estándar 802.11b.....	145
Tabla 7.3-5: Velocidad y alcance de estándar 802.11g.....	146
Tabla 7.6-1: Detalle de Equipos Disponibles para Procesamiento de Información de Signos Vitales.....	158
Tabla 7.7-1: Parámetros escogidos.	166
Tabla 7.8-1: Cálculo de Beneficio después del TBO.	184

Índice de Gráficos

Gráfico 4.3-1: Disponibilidad de la Pala PC 8000.....	76
Gráfico 4.3-2: Indisponibilidad Pala PC 8000 entre Enero y Septiembre del 2013.	79
Gráfico 4.3-3: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción.	85
Gráfico 4.3-4: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción.	86
Gráfico 4.3-5: Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción.	87
Gráfico 4.3-6: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox.	88
Gráfico 4.3-7: Histograma de Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción con datos normalizados.....	89
Gráfico 4.3-8: Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción.....	90
Gráfico 4.3-9: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox.	91
Gráfico 4.3-10: Histograma de Temperatura de Aceite de Refrigerante para Pala en Producción con datos normalizados.	92
Gráfico 4.3-11: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva.....	93
Gráfico 4.3-12: Histograma de Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva.	94
Gráfico 4.3-13: Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva.	95
Gráfico 4.3-14: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox.	96
Gráfico 4.3-15: Histograma para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva. .	97
Gráfico 4.3-16: Probabilidad de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva.....	98
Gráfico 4.3-17: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox. .	99
Gráfico 4.3-18: Histograma de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva.....	100
Gráfico 4.3-19: Gráfica I-MR para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción....	103
Gráfico 4.3-20: Gráfica I-MR para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción.	104

Gráfico 4.3-21: Gráfica I-MR para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción.....	105
Gráfico 4.3-22: Gráfica I-MR para Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva.	106
Gráfico 4.3-23: Gráfica I-MR para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva.	107
Gráfico 4.3-24: Gráfica I-MR para Temperatura del Refrigerante para Pala Improductiva.	108
Gráfico 4.3-25: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.....	112
Gráfico 4.3-26: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.....	113
Gráfico 4.3-27: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.	114
Gráfico 4.3-28: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.....	114
Gráfico 4.3-29: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.	115
Gráfico 4.3-30: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.....	116
Gráfico 4.3-31: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.....	117
Gráfico 4.3-32: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.....	117
Gráfico 4.3-33: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.	119
Gráfico 4.3-34: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.....	119
Gráfico 4.3-35: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.	120
Gráfico 4.3-36: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.....	121
Gráfico 4.3-37: Curva de viscosidad del aceite SAE 15W-40.....	124
Gráfico 7.9-1: Gráfica I-MR de Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.....	185

Gráfico 7.9-2: Gráfica I-MR de Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.	186
Gráfico 7.9-3: Gráfica I-MR de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.	186
Gráfico 7.9-4: Gráfica I-MR de Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.	187
Gráfico 7.9-5: Gráfica I-MR de Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.	187
Gráfico 7.9-6: Gráfica I-MR de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.	188

Índice de Fórmulas

Fórmula 3.10-1: Fórmulas para el cálculo de Límites de Control.	56
Fórmula 4.2-1: Ecuación del costo total de producción.	63
Fórmula 4.2-2: Cálculo del beneficio desde T0 hasta TTBO.	64
Fórmula 7.4-1: Fórmula para calcular la varianza.	149

Glosario

3G: Tercera Generación.

ATS: Sigla en inglés cuyo significado en español es Soluciones Técnicas Anglo.

BDG DISP: Disponibilidad Según el Budget (o la Disponibilidad Pronosticada).

BDG MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas Pronosticada en el Budget.

Budget: Planificación anual de la División en donde se pronostica producción, cantidad de equipos con fallas, entre otras.

CEP: Control Estadístico de Procesos.

CF: Costos Fijos.

CT: Costo Total.

CV: Costos Variables.

DISP: Disponibilidad.

Dispatch: Sistema de Administración de la Producción Minera.

DMP: Departamento de Mantenimiento Predictiva.

ECM: Módulo de Control Electrónico.

EDGE: Tasas de Datos Mejorados para la Evolución de GSM.

GPRS: Servicio General de Paquetes por Radio.

HH: Horas Hombre.

Horómetro: (Unidad de Medida en Horas): Muestra el tiempo que el motor lleva instalado y trabajando en la pala.

I-MR: Gráficos Individual- Rangos Móviles.

KDD: Descubriendo Conocimiento a través de las Bases de Datos.

KTPA: Kilo Toneladas por año.

LAN: Red de Área Local.

MTBF: Tiempo Medio Entre Fallas.

MTPA: Mega Toneladas por año.

OFDM: Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales.

OT: Órdenes de Trabajo.

RBM: Mantenimiento Basado Sobre la Confiabilidad.

S.A: Sociedad Anónima.

SAE: Sociedad de Ingenieros del Automóvil. Representan un nivel de viscosidad o resistencia a fluir, medidas a determinadas temperaturas.

SQL: Lenguaje de Pregunta Estructurado, para organización de base de datos.

SSR: Radio Antenas.

TBO: Tiempo Entre Reparaciones.

TPM: Mantenimiento Productivo Total.

TPP: Productividad Total de Planta.

VHMS: Sistema de Monitoreo de la Salud del Vehículo.

WEP: Privacidad Equivalente por Cable.

WPA: Acceso Protegido WiFi.

WPA2: Acceso Protegido WiFi 2

Resumen

El presente trabajo contiene información real y confiable, enfocado en el Monitoreo de Signos Vitales en Tiempo Real para la Mantenición Predictiva de Equipos de Mina, en la empresa minera Anglo American, División El Soldado. Con la finalidad de brindar un documento útil, se genera una propuesta de implementación de un sistema de captura de datos de signos vitales en tiempo real y de manera inalámbrica, de los principales equipos de la División El Soldado, para el análisis y la toma de decisiones de la Mantenición Predictiva.

Se analizó el monitoreo de condiciones. Al comparar los valores resultantes de esa medición con valores establecidos por estudios anteriores de la faena e información entregada por los fabricantes de los componentes estudiados, se concluyó si éstos se encontraban en buen estado o deteriorados.

Se efectuó un análisis sobre la factibilidad técnica de implementar la lectura, la transmisión y registro de signos vitales en los equipos. Además se identificó las interfaces necesarias para llevar los datos recopilados a un servidor que permita el fácil acceso y por consiguiente, un rápido análisis de datos. Posteriormente, se acoto el listado de los equipos que estarán en la plataforma de signos vitales en tiempo real.

Al evaluar, mediante un modelo matemático, los beneficios económicos que entrega la implementación del sistema de monitoreo de signos vitales en tiempo real a la empresa, se concluyó que existe una gran oportunidad para saber de manera confiable, el valor económico que gracias a una mantención predictiva, se puede dejar de perder.

Con la implementación de la presente propuesta de este nuevo sistema se obtendrán grandes beneficios económicos para Anglo American, además de mejorar de manera sustantiva el proceso de Mantenición Predictiva de los equipos mineros, calculando los límites de control necesarios para realizar un pronóstico certero de las posibles fallas que pueden ocurrir en el Motor Diesel QSK 60 de la Pala Komatsu PC 8000, componente que según cálculos efectuados en esta investigación, es el componente más crítico dentro de la Gerencia de Minas.

El Capítulo 2 muestra una descripción general de la organización, detallando las faenas que pertenecen a Anglo American Chile y especificando información relevante sobre la División El Soldado y el Departamento de Mantenición Predictiva de la Gerencia de Mina.

En el Capítulo 3 se describe el problema a solucionar por esta investigación, detallando la situación actual en la Mantenimiento Predictiva. Se muestran los objetivos que busca esta investigación y el resultado esperado de la misma.

El Capítulo 4 se centra en el Marco Teórico utilizado para dar solución a la problemática actual.

El Capítulo 5 muestra la metodología que se utilizó para resolver la problemática, en donde el estudio se subdividió en tres etapas esenciales que permitieron el correcto desarrollo del mismo.

Dentro del Capítulo 6 se comenzó con el proceso de resolución de la problemática, en donde se siguió paso a paso las tres etapas detalladas en el Capítulo 5.

El Capítulo 7 es el resultado final de la investigación, donde se concluye la misma y se proponen una serie de recomendaciones para la óptima implementación del sistema de monitoreo en tiempo real de los equipos mineros, mostrando el potencial de ahorro en términos económicos si se implementa de manera correcta.

Capítulo 1: Introducción al problema

1.1 Introducción.

En un mercado donde cada vez se necesita una mayor producción de cobre para satisfacer las necesidades de la sociedad actual, Anglo American contribuye con sus operaciones en Chile para lograr este objetivo.

ANGLO AMERICAN PLC es una empresa que se dedica a la producción y comercialización de diversos minerales a lo largo del mundo. Posee operaciones en 45 países, donde sus activos mineros tienen relación a la extracción de platino, diamantes, carbón, metales básicos y metales ferrosos.¹

Su Casa Matriz se encuentra ubicada en Londres, Inglaterra. Cuenta con más de 140.000 trabajadores en todo el mundo, proporcionando soluciones energéticas completas a la industria, los hogares y el transporte.

ANGLO AMERICAN, DIVISIÓN EL SOLDADO se encuentra ubicada en la Comuna de Nogales, en la 5ta Región de Valparaíso.

La División incluye una mina a rajo abierto y una subterránea; ésta última no se encuentra disponible para la extracción de mineral, ya que hoy no es rentable la extracción (el costo de la extracción de una libra de cobre es más cara que el precio de una libra de cobre). Estos yacimientos, según estimaciones de la misma empresa, podrán proveer concentrado de cobre hasta el año 2026.²

El Soldado se encuentra ubicada dentro de un paisaje privilegiado, con flora y fauna diversa. Dentro del terreno se encuentra una reserva natural de belloto del norte, árbol típico de la zona y que se encuentra en peligro de extinción.

Una de las grandes preocupaciones de la Superintendencia de Minería de la operación El Soldado de Anglo American es que no se cuenta con las interfaces necesarias que permitan descargar y desplegar la información de signos vitales en algunos de sus principales activos (camiones y palas de alto tonelaje) en tiempo real. No contar con esta información dificulta el proceso de mantenimiento predictivo de los equipos de mina, al no poder analizar el comportamiento de éstos a través del tiempo, ni prevenir fallas. Además, se transforma en una tarea difícil el realizar la gestión en los costos de mantenimiento de estos equipos, debido a que no se cuenta con la información necesaria sobre los problemas

¹ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl>

² Fuente: Gerencia General División El Soldado.

que pueda tener algún componente en un instante de tiempo. Actualmente solo 16 de los 54 equipos cuentan con las interfaces y el hardware necesario para procesar la información recopilada (camiones Komatsu 830 AC), pero ese procesamiento de información no es administrado por Anglo American, sino que por la empresa Komatsu, quienes envían reportes una vez al mes.

El resto de los equipos de mina incluyen distintas interfaces y sensores (dependiendo de la marca del equipo y de su año de fabricación) que permiten el monitoreo de datos, pero solo se puede acceder a ellos mediante conexión directa y a través de un cable de datos, lo que hace muy engorrosa y costosa (por las horas hombre HH que se necesitarían para hacer esta tarea) la obtención de los datos necesarios para el análisis.

La importancia que tiene esta investigación está dada en los problemas que se tienen actualmente y lo que podría ocurrir si no se toman las acciones pertinentes expuestas en la presente investigación. Se tiene la problemática actual de lo que está pasando en la faena, que son las frecuentes caídas del sistema, la falta de tecnología adecuada para la lectura de datos en algunos equipos, los periodos de latencia prolongados de flujo de información, entre otros. Esto genera la carencia de monitoreo en tiempo real de signos vitales en los equipos críticos de mina, que a su vez limita la información para el análisis y toma de decisiones respecto a la gestión de mantenimiento, por lo tanto esto podría provocar la falla inminente en los equipos, disminuyendo la producción e induciendo una indisponibilidad no programada. Toda esta reacción en cadena generan aumentos en los costos del departamento de mantenimiento, e inevitablemente las pérdidas productivas y por consecuencia pérdidas económicas.

En la presente investigación se generará una propuesta de implementación de un sistema de captura de datos de signos vitales en tiempo real y de manera inalámbrica de los principales equipos de operación minera de El Soldado, para el análisis y toma de decisiones de mantenimiento predictiva. Para esto se realizarán diferentes análisis de cuales métodos serían los mejores, se analizará la factibilidad técnica de implementar la lectura, la transmisión y registro de signos vitales en los equipos, se presentarán las posibilidades para la transmisión inalámbrica de datos, se analizarán las diferentes redes y se clasificarán las fallas mediante el efecto que producen sobre el sistema. En la metodología se recabará toda la información relacionada al proyecto de implementación del sistema de monitoreo de signos vitales, el levantamiento de información, la elección de parámetros más importantes, el transporte de datos, y la codificación y entrega de información. También se estudiará los

beneficios económicos del proyecto, donde se exponen los potenciales gastos o ahorros que obtendría la empresa. Finalmente se realizará un control estadístico de los parámetros seleccionados, para seleccionar los equipos en los cuales se centrara el estudio. Se analizan los límites de control de los parámetros seleccionados, donde se reflejara de manera más sencilla cuando un proceso está bajo control o fuera de este, facilitando la toma de decisiones del Departamento de Mantenimiento Predictiva.

1.2 Descripción del Problema.

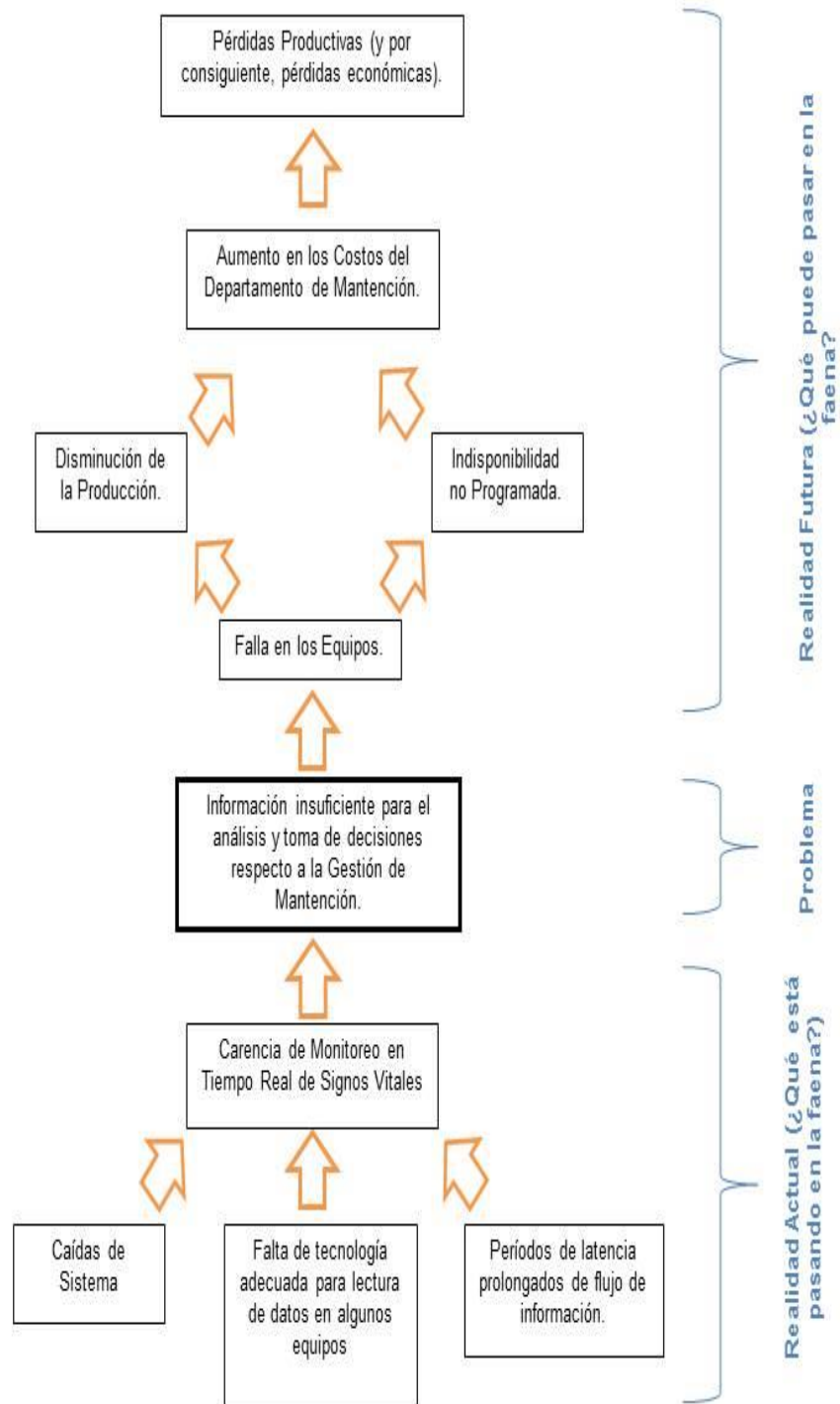
1.2.1 Situación Actual.

Una de las grandes preocupaciones de la Superintendencia de Mantenimiento Mina de la operación El Soldado de Anglo American es que no se cuenta con las interfaces necesarias que permitan descargar y desplegar la información de signos vitales en algunos de sus principales activos (camiones y palas de alto tonelaje) en tiempo real. El no contar con esta información dificulta el proceso de mantenimiento predictivo de los equipos de mina, al no poder conocer el comportamiento de éstos a través del tiempo, ni prevenir fallas. Además, se transforma en una tarea difícil el realizar la gestión en los costos de mantenimiento de estos equipos, debido a que no se cuenta con la información necesaria sobre los problemas que pueda tener algún componente en un determinado tiempo. Actualmente solo 16 de los 54 equipos cuentan con las interfaces y el hardware necesario para procesar la información recopilada (camiones Komatsu 830 AC), pero ese procesamiento de información no es administrado por Anglo American, sino que por la empresa Komatsu, que le envía reportes una vez al mes. El resto de los equipos de mina incluyen distintos hardwares (dependiendo de la marca del equipo y de su año de fabricación) que permiten el monitoreo de datos, pero solo se puede acceder a ellos mediante conexión directa y a través de un cable de datos, lo que hace muy engorrosa y costosa (por las horas hombre HH que se necesitan para hacer esta tarea) la obtención de los datos necesarios para el análisis. La Tabla 9.6-1 ubicada en Anexo 6 muestra en detalle el tipo de hardware de cada equipo de mina.

1.2.2 Árbol de Realidad Actual y Futura.

El siguiente esquema muestra de manera ascendente la situación actual; el problema que se genera y lo que puede ocurrir si no se toma las acciones pertinentes. Para leer de

forma correcta este esquema, se debe saber que cada flecha ascendente responde a la pregunta: ¿Qué puede producir?



Esquema 1.2.2-1: Árbol de realidad actual y futura

1.2.3 Planteamiento del Problema.

La Superintendencia de Minas en Anglo American División El Soldado ha detectado la necesidad de mejorar el proceso de descarga y despliegue de información de los signos vitales de sus equipos de mina. Actualmente sólo 16 de 54 equipos disponibles cuentan con las interfaces en pleno funcionamiento para realizar esta acción. Sin embargo dicho sistema cuenta con algunas desventajas, tales como:

- ✓ Fallas de comunicación (Se cae el sistema).
- ✓ Períodos de latencia muy prolongados en la entrega de información necesaria para la toma de decisiones.

El sistema actual solo permite el flujo de datos para equipos Komatsu, dejando de lado al resto de la maquinaria (Caterpillar, Le Tourneau, entre otros), las que no cuentan con un sistema de monitoreo de signos vitales en tiempo real y de manera inalámbrica.

Estos factores afectan la oportuna toma de decisiones relacionada con la gestión de la mantención, lo que puede provocar:

- ✓ Fallas en equipos.
- ✓ Disminución de Producción
- ✓ Maquinaria no disponible para realizar los trabajos.
- ✓ Aumento de los costos de la Superintendencia de Mantención (Horas Hombre (HH) necesarias para reparar un equipo, repuestos no presupuestados, entre otros).
- ✓ Pérdidas desde el punto de vista productivo (y por consiguiente, pérdidas económicas) significativas al tener indisponibles los equipos.

La siguiente figura muestra de mejor manera el flujo de información del sistema actual de monitoreo de signos vitales en equipos Komatsu ³.

³ Fuente: Elaboración Propia.



Figura 1.2-1: Sistema Actual de Monitoreo de Signos Vitales de Equipos Komatsu.

El Monitoreo de signos vitales no se realiza en tiempo real, lo que genera un retraso en la toma de decisiones referentes a mantención de equipos críticos de mina. Los datos son enviados mediante satélite a un servidor ubicado en Japón (controlado por Komatsu), la que luego son procesados por ATS Sudáfrica para posteriormente ser recepcionada en El Soldado.

1.3 **Objetivos:**

1.3.1 **Objetivo General:**

Generar una propuesta de implementación de un sistema de captura de datos de signos vitales en tiempo real y de manera inalámbrica de los principales equipos de operación minera de El Soldado, para el análisis y toma de decisiones de mantención predictiva.

1.3.2 **Objetivos Específicos:**

- Efectuar un análisis sobre la factibilidad técnica de implementar la lectura, la transmisión y registro de signos vitales en los equipos.
- Identificar las interfaces necesarias para llevar los datos recopilados a un servidor que permita el fácil acceso y por consiguiente, un rápido análisis de datos.
- Categorizar posibilidades para la transmisión inalámbrica de los datos (redes WIFI, 3G, GPRS, entre otras).
- Acotar listado de los equipos que estarán en la plataforma de signos vitales en tiempo real.
- Evaluar, mediante un modelo matemático, los beneficios económicos que entrega la implementación del sistema de monitoreo de signos vitales en tiempo real a la empresa.
- Realizar un control estadístico de los datos entregados por los equipos seleccionados para el análisis de fallas y el mejoramiento de la gestión de mantención.

1.4 Resultado Esperado.

Una propuesta que permita la lectura, la transmisión y el registro de los signos vitales en tiempo real de los equipos de la mina, que cuenten con el hardware necesario para el acceso a éstos, de tal manera de disminuir falsas alarmas, analizar fallas potenciales y mejorar la gestión del proceso de mantenimiento en la División.

La siguiente figura muestra en forma gráfica el resultado esperado⁴.

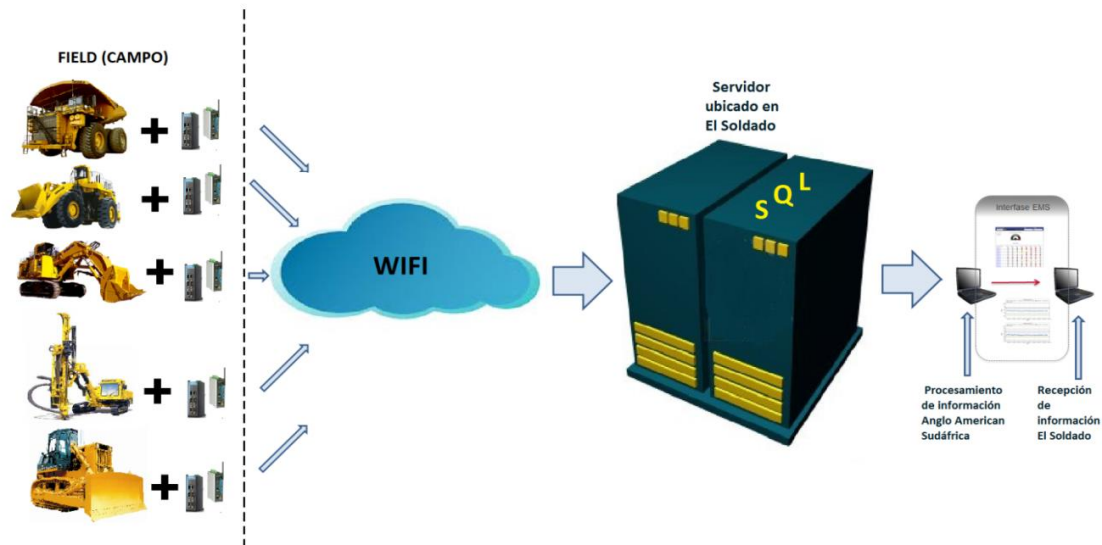


Figura 1.4-1: Nuevo sistema de lectura, transporte y registro de signos vitales.

El resultado esperado es que todos los equipos que cuenten con la factibilidad técnica de implementar un sistema de monitoreo de signos vitales en tiempo real sean incluidos en el proceso de recopilación y análisis de datos que éstos entregan. Esos datos deben ser transportados de manera inalámbrica, debido al constante movimiento de los equipos dentro de la faena y recopilados en un servidor central. Estos datos, según los requerimientos de los encargados del procesamiento (Anglo Technical Solutions, ATS Sudáfrica) deben ordenarse en formato SQL para un análisis más rápido en relación al que existe actualmente. Luego del proceso de recopilación de información en formato SQL, ATS será el encargado de procesar los datos para convertirlos en información para la toma de decisiones del Departamento de Mantenimiento Mina en la División El Soldado.

⁴ Fuente: Elaboración Propia.

1.5 **Metodología.**

El estudio se subdivide en tres etapas esenciales que permitieron el correcto desarrollo del mismo, las cuales son:

a) Implementación de Sistema de Monitoreo de Signos Vitales.

En esta primera etapa, se recabó toda la información relacionada al proyecto de implementación del Sistema de Monitoreo de Signos Vitales. En orden cronológico, se desarrolló de la siguiente forma:

1. Levantamiento de Información:

- ✓ Identificación de sistemas de cada equipo: Toda la maquinaria presente en faena, dependiendo de su fabricante, cuenta con distintos sistemas que permiten extraer datos de sus distintos componentes. Existen algunos que solo permiten extraer datos del Motor, otros de Motor y Transmisión, etc. En esta etapa se realizó una inspección en terreno y a través de manuales del fabricante para distinguir el sistema que utiliza cada equipo.
- ✓ Identificación de parámetros de lectura: Al tener la información relacionada al punto anterior, fue posible distinguir cuáles son los parámetros que se puede leer de cada componente, como por ejemplo: Presiones, Temperaturas, Voltajes, Velocidades, entre otros.

2. Elección de Parámetros más importantes:

- ✓ Consulta con especialistas para la elección de los parámetros más importantes: En esta etapa, se generó un grupo de trabajo multidisciplinario, compuesto por operarios de maquinarias, operarios de Dispatch, encargados de mantención de cada equipo y responsables del proyecto, para identificar, según la lista de parámetros entregados en la etapa anterior, cuáles son los parámetros que tienen mayor potencial de generar información para la toma de decisiones de la mantención predictiva.

3. Transporte de datos:

- ✓ Elección del mejor mecanismo para el transporte de datos desde el equipo de campo hacia el servidor que almacenará la información: En esta etapa, se identificó la mejor alternativa para el transporte de datos. Se realizó una comparación, viendo ventajas y desventajas, de los distintos tipos de redes que nos ofrece la tecnología actual y se tomó la decisión que más se acomode a la realidad de la División.

4. Codificación y entrega de información:

- ✓ Elección de lenguaje para almacenamiento de base de datos: Quienes procesan la información, necesitan que todos los datos almacenados en el servidor se encuentren en un lenguaje estándar que permita su análisis de la manera más rápida posible, por lo tanto en esta etapa, se buscó la mejor alternativa en este caso, preguntando directamente a los responsables del procesamiento de los datos (Anglo Technicals Solutions, ATS, Sudáfrica).

b) Beneficios económicos del proyecto (Potencial de ahorro para la empresa).

Esta etapa es una de las más importantes del estudio, ya que para que el proyecto sea aceptado se debe demostrar que efectivamente tiene el potencial de generar un ahorro significativo para la empresa. Por lo tanto, mediante un modelo matemático basado en la ecuación del costo total de producción, se demostró cuál es el beneficio que entrega el proyecto en términos económicos.

c) CEP de los Parámetros Seleccionados.

- ✓ Análisis de criticidad para elección de equipos más críticos de la faena
- ✓ Diagrama Pareto para Identificar el 20% de las fallas que implican el 80% de la indisponibilidad.
- ✓ Recopilación de datos para el CEP en un tiempo dado en donde se obtuvo límites de control que permitieron el análisis en tiempo real de los signos vitales del equipo seleccionado, generando una propuesta para disminuir al mínimo posible las falsas alarmas de fallas, que generan pérdidas económicas.

Capítulo 2: Descripción de la Organización.

2.1 Anglo American en el Mundo.

El Grupo Anglo American es uno de los líderes mundiales en minería y recursos naturales. En todas y cada una de sus operaciones, la empresa busca compatibilizar la rentabilidad de sus accionistas con el bienestar de sus trabajadores, el desarrollo social de las comunidades vecinas y la protección del medio ambiente.

Su casa matriz está ubicada en Londres (Reino Unido) y cuenta con más de 140 mil trabajadores, quienes se desempeñan en las diferentes operaciones que la compañía posee en 45 países alrededor del mundo⁵.



Figura 2.1-1: Faenas del Grupo Anglo alrededor del mundo.

2.1.1 Visión Anglo American:

“Nuestra visión es lograr el “Cero Daño” mediante una gestión efectiva de la seguridad en todas las operaciones que administramos. Creemos que las personas son nuestro principal activo y no aceptamos que sufran accidentes o lesiones mientras trabajan para nosotros. Todos los trabajadores deben volver a casa sanos y salvos al final de la jornada.”⁶

⁵ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl>

⁶ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl>

2.2 Anglo American en Chile.

Anglo American comenzó sus operaciones en Chile en 1980, adquiriendo el 40% de Empresa Minera de Mantos Blancos S.A., que explotaba el yacimiento del mismo nombre en la II Región. En 1984 se convirtió en el socio mayoritario de esta empresa.

Entre los años 1988 y 1992 se hizo efectiva la opción de compra por el yacimiento de Manto Verde, ubicado en la III Región, el cual pasó a formar parte de Empresa Minera de Mantos Blancos S.A.

En el año 1996, Anglo American adquirió 44% de la Compañía Minera Doña Inés de Collahuasi, cuyo yacimiento se encuentra en la I Región.



Figura 2.2-1: Faenas Anglo American Chile

En el año 2000 aumentó a 99,97% su participación en la propiedad de Empresa Minera de Mantos Blancos S.A., hoy Anglo American Norte S.A.

En el año 2002, adquirió la Compañía Minera Disputada de Las Condes, hoy Anglo American Sur S.A. integrando a sus operaciones las divisiones El Soldado, Chagres y Los Bronces.

A partir de 2004, la empresa ha puesto en práctica importantes proyectos tales como el Desarrollo Los Bronces, la optimización de Chagres y el rajo extendido de El Soldado.

En el año 2007 se aprobó e inició la construcción del Proyecto Desarrollo Los Bronces el cual contempla una inversión de entre US\$2.300 y US\$2.400 millones y tiene como objetivo construir nuevas instalaciones de molienda, de transporte de mineral y de concentración para aumentar la capacidad de producción de la División a un promedio de 400.000 toneladas de cobre fino por año.

En 2009 se anuncia el descubrimiento de dos importantes yacimientos de cobre superior a 1%: San Enrique Monolito y Los Sulfatos. Ubicados cerca de Los Bronces, en conjunto poseen recursos inferidos que alcanzan a 2.100 millones de toneladas de mineral, lo que permitirá aumentar los recursos minerales de cobre de la compañía en un 50%.⁷

⁷ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl/>

Las faenas de Anglo American se basan principalmente sobre un solo principio que abarca muchos ámbitos: “Producir con Seguridad”.⁸

Para cumplir con este principio existe una serie de normas llamadas “Las 10 Reglas de Oro”, las que deben estar arraigadas en cada trabajador que opere en la División:

- ✓ **Aspectos Básicos de Seguridad:** No realice una tarea a menos que esté entrenado, tenga los recursos y esté autorizado para hacerla.
- ✓ **Operación de Minas, Canteras y Acopios:** No ingrese a áreas restringidas a menos que tenga permiso. No ingrese a zonas no fortificadas. Maneje los explosivos y tronaduras de acuerdo a procedimiento.
- ✓ **Espacios Confinados:** Nunca Ingrese a un espacio confinado sin seguir el procedimiento para espacios confinados de su faena.
- ✓ **Trabajo en Altura:** Siempre use equipo de protección contra caídas al trabajar en altura.
- ✓ **Bloqueo de Equipos y Energía:** Asegúrese que todas las fuentes de energía hayan sido aisladas. Bloquee, señalice y pruebe.
- ✓ **Vehículos de Transporte:** siempre siga las reglas de tránsito de su faena.
- ✓ **Levante y Manejo de Carga:** Asegúrese que el equipo de levante es capaz de levantar la carga. Nunca permita que alguien esté bajo la zona de caída.
- ✓ **Embalse de Agua o Líquidos:** Siempre utilice chaleco salvavidas y nunca trabaje solo dentro o cerca de un embalse.
- ✓ **Productos Químicos y Sustancias Peligrosas:** Asegúrese que sabe cómo manejar, almacenar y desechar cualquier producto químico o sustancia peligrosa.
- ✓ **Metales Calientes:** Solo ingrese o trabaje en áreas donde hay metal/escoria caliente si tiene los permisos necesarios.

⁸ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl/>

2.2.1 Operaciones Anglo American Chile:⁹



CHAGRES VALPARAÍSO

PRODUCCIÓN: 175Kt ánodos
500Kt Ácido
Sulfúrico
EMPLEADOS: 450



EL SOLDADO VALPARAÍSO

PRODUCCIÓN: 60Kt cobre fino
EMPLEADOS: 1400



LOS BRONCES METROPOLITANA

PRODUCCIÓN: 225 Kt cobre fino
2500 t molibdeno
EMPLEADOS: 1700

Figura 2.2-2: Faenas Anglo American Sur en Chile.



COLLAHUASI (44%) TARAPACÁ

PRODUCCIÓN: 195Kt cobre fino.
1.500t molibdeno.
EMPLEADOS: 2500 (100%)



MANTOS BLANCOS ANTOFAGASTA

PRODUCCIÓN: 90Kt cobre fino.
EMPLEADOS: 1000



MANTOVERDE ATACAMA

PRODUCCIÓN: 60 Kt cobre fino.
EMPLEADOS: 700

Figura 2.2-3: Faenas Anglo American Norte en Chile.

⁹ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl/>

2.3 Anglo American Chile, División El Soldado.¹⁰

Se encuentra ubicada en la Quinta Región, en la comuna de Nogales, a 132 kilómetros de Santiago y a 600 metros sobre el nivel del mar.

Comprende una mina a rajo abierto y otra subterránea (actualmente no se encuentra en funcionamiento), plantas de Chancado e instalaciones para el tratamiento de minerales oxidados y sulfurados.

En 2008 produjo 49.791 toneladas de cobre fino, entre cátodos de alta pureza (provenientes de la planta de óxidos) y cobre contenido en concentrado (que se extrae de la planta de sulfuros).

La División El Soldado tiene una dotación aproximada de 1.400 trabajadores, entre personal propio y contratistas de operación y proyectos.



Figura 2.3-1: Ubicación División El Soldado.

¹⁰ Fuente: <http://www.angloamerican-chile.cl/>

2.3.1 Producción Anual de la División El Soldado:¹¹

La siguiente tabla muestra en detalle la producción por faenas y sus comparativas en relación a los períodos anteriores

	3°Trimestre 2013	2°Trimestre 2013	1°Trimestre 2013	4°Trimestre 2012	3°Trimestre 2012	3°Trimestre 2013 vs. 3°Trimestre 2012
Cobre (tons)						
Collahuasi (100%)	144,700	85,800	66,900	73,800	62,900	130%
Collahuasi (44%) ⁽¹⁾	63,600	37,700	29,400	32,500	27,700	130%
Los Bronces ⁽²⁾	106,400	101,700	98,300	95,100	87,200	22%
El Soldado ⁽²⁾	9,400	13,900	15,600	15,200	12,500	(25)%
MantosBlancos	13,500	15,200	12,400	13,900	14,100	(4)%
Mantoverde	14,100	14,400	14,700	16,200	15,800	(11)%
Producción total Cobre	207,300	182,900	170,400	172,900	157,300	32%

Tabla 2.3-1: Producción de Cobre fino en toneladas por trimestre.

(1) Anglo American posee el 44% de la propiedad de Collahuasi.

(2) La producción reportada es el 100%, aunque Anglo American posee el 50,1% de Los Bronces y El Soldado.

Durante el tercer trimestre del año 2013, Anglo American Chile alcanzó una producción record de 207.300 toneladas de cobre fino, lo que representó un incremento de 32% frente al mismo periodo del año pasado, impulsado principalmente por una mejora en el desempeño operacional y en las leyes de mineral de Los Bronces y Collahuasi. Lamentablemente, en el caso específico del El Soldado, ésta cayó en un 25% en comparación al mismo período del año anterior.

¹¹ Fuente: Gerencia General Anglo American Chile.

2.3.2 Diagrama del Proceso de Obtención de Concentrado de Cobre en la División El Soldado:¹²

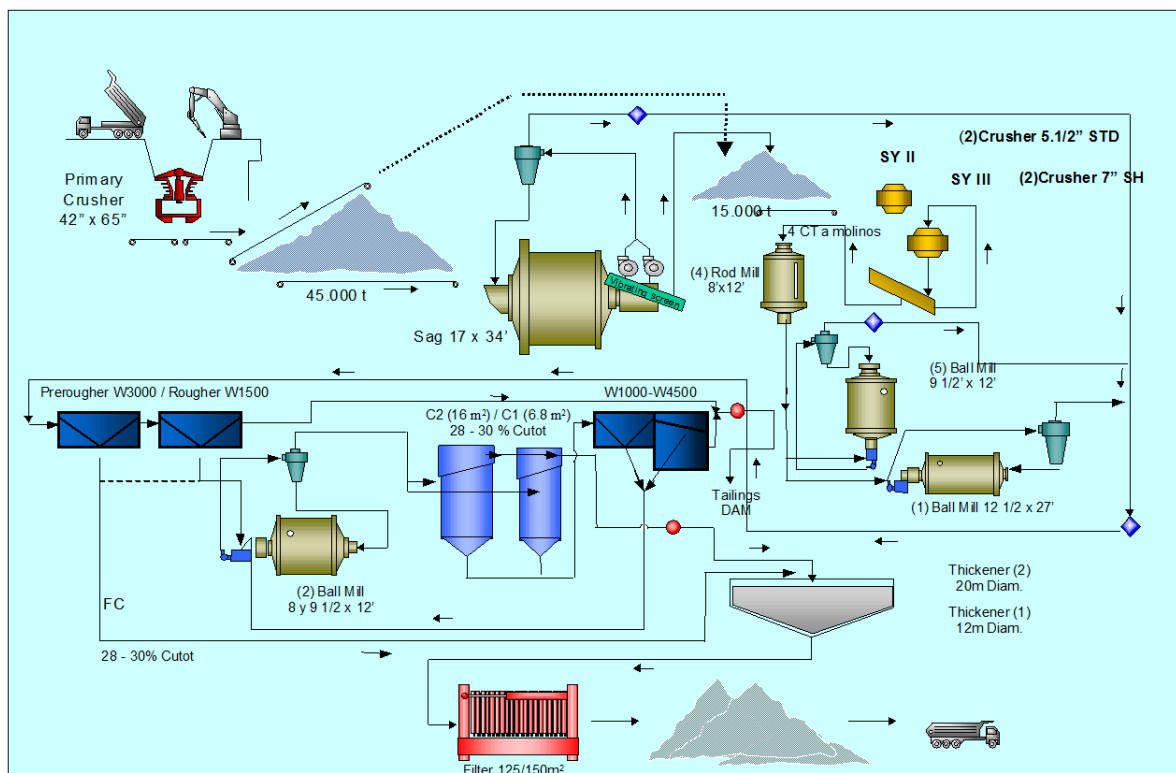


Figura 2.3-2: Proceso de Obtención de Concentrado de Cobre en la División El Soldado.

2.3.2.1 Configuración Planta de Sulfuros¹³:

El yacimiento contiene mineral sulfurado con una ley aproximada de 0.8%, el cual es procesado en una Planta Concentradora.

El Concentrador de Sulfuros tiene una capacidad de 8,0 Mega Toneladas por año (MTPA) para tratar el mineral sulfurado, proveniente del rajo. La producción de Concentrado es de 200 a 220 Kilo Toneladas por Año (KTPA) aproximadamente, con una ley de 26 a 30 % Cu, el cual es enviado principalmente a la Fundición Chagres. Para obtener información detallada de cada sub proceso de obtención de mineral en la División El Soldado.

¹² Fuente: Gerencia de Planta, División El Soldado, Enero de 2013.

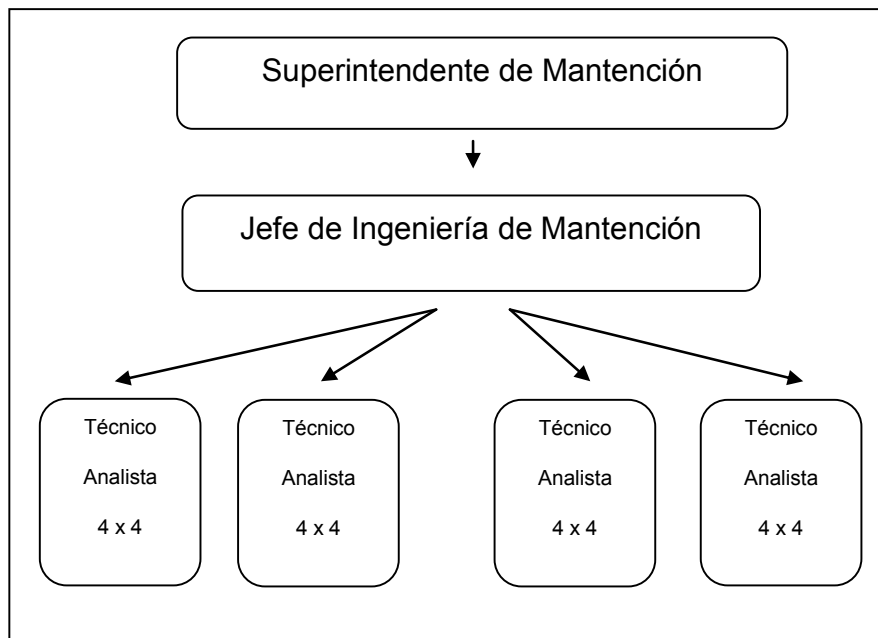
¹³ Fuente: Anglo American Chile, Regularización de Operación de la Planta El Soldado, Descripción Planta, Enero de 2013.

2.4 Departamento Mantenición Predictiva de la División El Soldado.

El Departamento de Mantenición Predictiva (desde ahora DMP) es el encargado de monitorear y evaluar las condiciones de componentes de los equipos en la faena, para maximizar su vida útil, además de evitar daños catastróficos mediante el uso de técnicas predictivas.

2.4.1 Organigrama:

El DMP es liderado por el Jefe de Ingeniería de Mantenición quién cuenta con el apoyo de cuatro técnicos predictivos especialistas quienes trabajan en turnos de 4 días de trabajo, por 4 días de descanso (popularmente conocido en el rubro minero como turnos 4 x 4) dentro del Laboratorio Predictivo. Ellos son responsables de dar cumplimiento a las pautas de mantenimiento periódicas y de dar aviso por medio de un informe de cualquier irregularidad que se presente producto de las mediciones, generando el respectivo plan de acción y cerciorándose del cumplimiento de éstos. Además deben velar por el correcto funcionamiento de los equipos de laboratorio manteniendo un adecuado estado de las instalaciones, incluyendo el orden y aseo del lugar.



Esquema 2.4.1-1: Organigrama del Departamento de Mantenición Predictiva.¹⁴

¹⁴ Fuente: Departamento de Mantenición Predictiva, División El Soldado.

Capítulo 3: Marco Teórico.

A continuación, se muestra una serie de conceptos importantes para el entendimiento del trabajo de título y que son de vital importancia para el proceso de mantención dentro de la División El Soldado.

3.1 Monitoreo de Condiciones.

Es la medición de parámetros físicos de un componente. Al comparar los valores resultantes de esa medición con valores establecidos por estudios anteriores de la faena e información entregada por los fabricantes de los componentes estudiados, se concluye si éstos se encuentran en buen estado o deteriorados. Realizar esta tarea permite evitar fallos catastróficos, diagnosticar problemas específicos y pronosticar la vida útil de los componentes.

3.2 Teoría de Mantención.

Abarca conceptos de ingeniería para mejorar y optimizar la gestión del mantenimiento en los equipos, mediante análisis estadístico del comportamiento de falla en equipos y el cálculo de indicadores.

3.3 Clasificación de las Fallas.

La definición apropiada de falla es: *“El término de una habilidad de un sistema o componente para realizar cierta función. Se dice entonces, que una entidad falla cuando no es capaz de realizar la función que se le asignó¹⁵”*. Según Bobadilla, existen dos formas de clasificar las fallas. La primera de ellas es clasificando las fallas en dos tipos: Fallas graduales y fallas repentinas. Las graduales, ocurren cuando la entidad experimenta pequeños cambios o deterioro en sus especificaciones de diseño en el transcurso del tiempo. En estos casos es posible medir su avance y establecer medidas para prevenirlas, y las fallas repentinas, ocurren de improviso, siendo imposible establecer alguna acción preventiva sobre ellas.

¹⁵ Fuente: Memoria de Título: “Desarrollo de una Aplicación de Mantenimiento Predictivo basado sobre análisis de aceite para equipo minero”, Luis Rene Bobadilla Perez, Universidad de Santiago de Chile, año 2004.

La segunda forma de clasificar las fallas es mediante el efecto que producen sobre un sistema, las que se mencionan a continuación:

- Falla Menor: Cualquier falla que produce degradación de la eficiencia de operación del sistema, produciendo daño menor al sistema o su entorno y ningún daño a su vida útil.
- Falla Significativa: Cualquier falla que degrada el rendimiento del sistema con daño apreciable al sistema o a su vida útil.
- Falla Crítica: Toda falla que causa la pérdida de las funciones primarias del sistema, resultando daño significativo al sistema, a su entorno y sin daño a vidas humanas.
- Falla Catastrófica: Toda falla que causa la pérdida de las funciones primarias del sistema, resultando daño significativo al sistema, a su entorno y daño a vidas humanas.

3.3.1 Causas y Modo de Fallas de los Componentes:

Las consecuencias de una falla pueden ir desde pérdida de producción, pasando por las horas hombre improductivas de operaciones, hasta la degradación y rotura de las propias máquinas.

Se considera que un componente falló:

- Cuando el componente queda completamente inservible.
- Cuando a pesar de que el componente funciona no cumple su función de manera óptima.
- Cuando su funcionamiento es poco confiable debido a las fallas y presenta riesgos

3.3.2 Causas de las Fallas¹⁶:

- ✓ Mal diseño, mala selección del material.
- ✓ Imperfecciones del material, del proceso y/o de su fabricación.
- ✓ Errores en el servicio y en el montaje.
- ✓ Errores en el control de calidad, mantenimiento y reparación.
- ✓ Factores ambientales.
- ✓ Sobrecargas en el equipo.
- ✓ Mala operación del personal.

¹⁶ Fuente: Israel Supanta y Juan Muñoz, Analistas de Laboratorio Predictivo División El Soldado.

Generalmente una falla es el resultado de uno o más de los anteriores factores.

3.3.3 Teoría de Fallas:

La curva de la bañera es una gráfica ampliamente utilizada. Ésta representa las fallas durante el periodo de vida útil de un sistema o un equipo. El siguiente esquema muestra, a modo de ejemplo, el comportamiento de fallas, expresada en una Curva de la Bañera¹⁷.

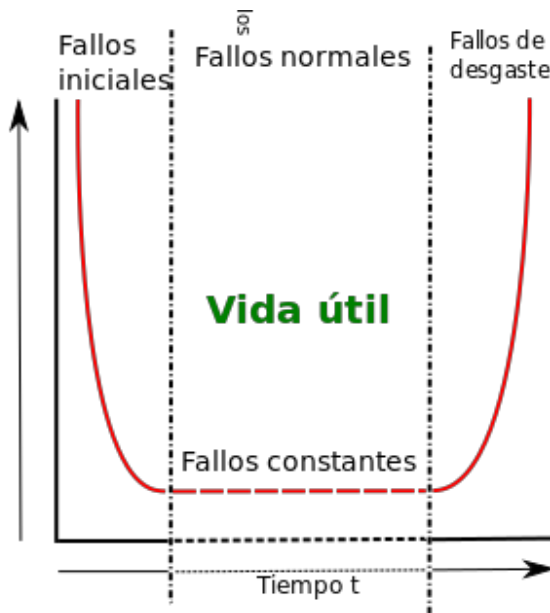


Figura 3.3-1: Ejemplo de una curva de la bañera para fallas en un componente.

Se llama de esta manera puesto que tiene dicha forma (bañera cortada a lo ancho). En ella normalmente se observa o describe tres tipos de comportamientos o también llamadas etapas:

- En la primera etapa se encuentra las fallas conocidas como “Fallas Tempranas o Iniciales”. Esta etapa se caracteriza por tener un elevado porcentaje de fallas que disminuyen rápidamente con el tiempo. Estas fallas pueden deberse a diferentes razones como equipos defectuosos, o mal instalados, la no realización de las pruebas

¹⁷ Fuente:

www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cuantitativos/cuant_232.htm

de entrega, errores en el diseño del equipo, o también por el desconocimiento del procedimiento adecuado de utilización de los mismos.

- En la segunda etapa se encuentra las “Fallas Normales”, éstas se caracterizan por una tasa de fallas menores y constantes, donde éstas no se relacionan directamente con el equipo, sino por causas externas al azar, tales como accidentes, mala operación, condiciones inadecuadas, entre otros.
- Por último, se encuentra las “Fallas por Desgaste”, en esta la tasa de errores posee un porcentaje que va en aumento. Las fallas se producen por desgaste natural del equipo debido al uso.

En resumen, en la vida temprana de un equipo en la curva de la bañera, este posee un porcentaje de fallas alto, pero disminuye rápidamente, pues se identifican y se reparan o se cambian los equipos defectuosos o con mal diseño, logrando de esta manera que todas las fuentes tempranas de fallas se superen. En la mitad de la vida del equipo, generalmente, una vez que alcance su eficiencia máxima, el porcentaje de fallas es bajo y constante. En la última etapa de la vida del equipo, se produce un aumento en el porcentaje de fallas, ya sea por el periodo de vida útil o por el desgaste del mismo.

3.4 Disponibilidad de un Equipo.

El objetivo del Departamento de Mantenimiento Predictiva es lograr maximizar la disponibilidad de sus equipos. Comúnmente se dice que los resultados en cuanto a la disponibilidad de un equipo deberán ser 85% o más, para suponer razonablemente que el equipo está siendo operado de una manera efectiva y eficiente.

Ahora bien, para poder lograr la disponibilidad total de los equipos, el Departamento de Mantenimiento Predictiva trabaja de forma tal que se eliminen las “seis grandes pérdidas” que representan los obstáculos para la disponibilidad de los mismos¹⁸:

1. Pérdidas por Fallas de equipos.
2. Pérdidas por cambio de piezas y de ajuste.
3. Pérdidas debido a paros menores.
4. Pérdidas por Reducción de Velocidad.
5. Pérdidas por Defectos y por re trabajos.

¹⁸ Fuente: Israel Supanta y Juan Muñoz, Analistas de Laboratorio Predictivo División El Soldado.

6. Perdidas por Reducción de Rendimiento.

El encargado de velar por la disponibilidad de los equipos es el Departamento de Mantenimiento Mina. A su vez, cuando el equipo se encuentre disponible, los encargados de gestionar su correcta logística para maximizar la producción de la faena, es la Sala de Dispatch, cuyo funcionamiento se detalla a continuación:

3.5 Sistema de Gestión de Flota en Sala de Dispatch.

Dispatch: Sistema de Administración de la producción minera. Se basa en:

- **Eficiencia y Optimización:** La industria minera requiere aumentar su producción, ocupando los menores recursos posibles. Para ello, Dispatch entrega herramientas que permiten dicho objetivo. Es de vital importancia que toda la flota de equipos de mina (camiones, palas y cargadores) se encuentren disponibles, logrando así optimizar de mejor manera la flota para cubrir requerimientos productivos.

El Sistema Dispatch tiene como tarea principal lograr la eficiencia de la producción, tomando decisiones como:

- Tiempos de traslado de los equipos
- Velocidades de equipos de carguío (Palas y cargadores).
- Velocidades de equipos de transporte (camiones).
- Prioridades de los equipos de carguío (Respondiendo a la pregunta: ¿Cuál equipo de carguío tiene más material en stock listo para ser transportado? De esa manera, envía mayor cantidad de camiones para el transporte de material).

El hardware que ocupa actualmente Dispatch para transportar la información desde y hacia los equipos de mina es el Hardware Masterlink 11.

Masterlink 11 está compuesto por 4 subsistemas:

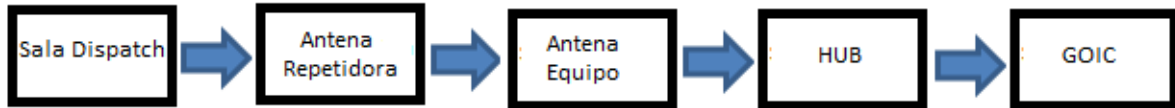
- ✓ **Computador Central:** Encargado de ejecutar el software Dispatch y centraliza todas las transacciones del sistema, surtiendo al despachador de herramientas gráficas de control sobre la operación de la mina. El computador central se conecta a la red local, registrando la base de datos del sistema para luego ser extraídos y procesados.

Existe además un computador adicional de similares características, siendo el responsable de respaldar la información en caso de falla del computador central.

- ✓ **Red de Comunicación:** Dispatch funciona con red de comunicación entregada por Radio Frecuencia, la que consta de 10 equipos responsables de la transmisión de datos:
 - 7 Antenas WAP Móviles: Ubicadas dependiendo de la posición de los equipos de mina.
 - 3 Antenas Fijas: Una ubicada en Portezuelo, otra en Brocal y otra en las cercanías del Chancador Primario.
- ✓ **GPS:** Antenas ubicadas en equipos de mina envían información de ubicación a antena receptora ubicada en sala Dispatch, que ocupa dicha información a modo de control de flota.
- ✓ **Sistema Computarizado de Campo:** Corresponde al Hardware Masterlink Instalado en los vehículos de Operación Mina, entre los que se encuentra:
 - *HUB:* Realiza todas las funciones correspondientes a las aplicaciones de los vehículos mineros. Posee características similares a la de un computador tradicional. Posee una puerta serial para adquirir datos de signos vitales, en el caso que el vehículo disponga de una interfaz. El HUB no posee un disco duro, por lo tanto la información recabada es enviada directamente a la red que se encarga del traslado de información, para ser registrada en el computador central.
 - *Consola Gráfica GOIC:* Interfaz gráfica entre el operador del vehículo y el proceso productivo. Posee un LCD touch en donde se despliegan menús y mensajes enviados por la central Dispatch. El GOIC se conecta al HUB a través de un bus CAN.
 - *Radíos de Transmisión de Espectro Diverso SSR (Radio Antenas):* Montadas en ambas esquinas delanteras de los camiones, son las responsables de asegurar la comunicación del equipo cargador con la antena repetidora.

3.5.1 Flujo de Información entre Sala Dispatch y Operador de Equipo de Transporte a través de Radio Frecuencia:

Desde Dispatch a Operador:



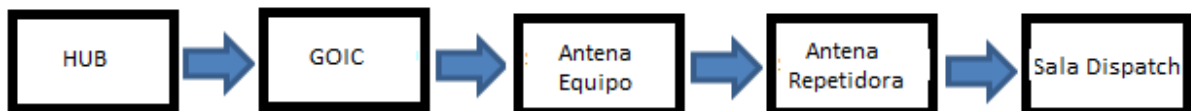
Esquema 3.5.1-1: Flujo de información de Dispatch a Operador.

Desde Operador a Sala Dispatch:



Esquema 3.5.1-2: Flujo de Información de Operador a Sala Dispatch.

Flujo de Información Automático¹⁹:



Esquema 3.5.1-3: Flujo de Información Automático.

¹⁹Ocurre cuando se realizan asignaciones (Se le señala al equipo dónde debe ir), reasignaciones (Se cambia la asignación anterior) o Cambios de Status. Existen 4 razones para el cambios de status: 1) Operativo, 2) Demora, 3) Reserva y 4) No Disponible. Este cambio de Status puede realizarlo el operador, el despachador o el sistema automáticamente.

3.6 Mantención en las Empresas.

En el mundo actual, una empresa se visualiza como un conjunto de actividades interrelacionadas entre sí, que le dan vida para que se conserve en el tiempo, entre todas estas, existe una no menor que se denomina mantención y se define como “*conservar y valorizar los bienes que constituyen el activo físico de la organización*”²⁰ encargándose de su administración con el fin que se encuentren disponibles en el momento requerido, al menor costo posible, en condiciones óptimas de funcionamiento para garantizar la producción en base a buenas prácticas, calidad y seguridad. Estos planteamientos hacen que la mantención sea muy importante en la gestión de operaciones pues requiere administrar recursos escasos y tener conocimientos de las distintas herramientas disponibles que ayuden para que la toma de decisiones sea adecuada a la realidad de la empresa.

3.6.1 La Gestión del Mantenimiento:

La alta confiabilidad y disponibilidad que requiere la empresa moderna ha integrado y balanceado las estrategias del mantenimiento con técnicas modernas de administración, gestión y control; por ejemplo:

- RBM: Mantenimiento Basado sobre la Confiabilidad.
- TPM: Mantenimiento Productivo Total.
- TPP: Productividad Total de Planta.
- Diagrama de Pareto.
- Benchmarking.

3.6.2 Estrategias de Mantenimiento:

Existen diferentes formas de clasificar las estrategias de mantenimiento. Una de ellas es la que se indica a continuación:

- **Mantenimiento Reactivo:** En esta estrategia se permite a la maquina funcionar hasta la falla. En ese instante se realiza la reparación o reemplazo de ella.

²⁰ Fuente: Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento, Capítulo 5, Autores: Adolfo Arata y Luciano Furlanetto, Red Internacional del Libro, año 2005.

- **Mantenimiento Preventivo o Basado sobre Tiempo:** En esta estrategia se interviene la maquina periódicamente para inspeccionar y reemplazar componentes, aun cuando la maquina esté operando satisfactoriamente.
- **Mantenimiento Predictivo o Basado sobre Condición:** En esta estrategia de mantenimiento se evalúa la condición mecánica de la máquina y su evolución, mientras ella está funcionando, a través de diversos síntomas que ella emite al exterior. En base a esto se programan las necesidades de mantenimiento cuando se detecta un problema en ella.

En resumen, los tipos de mantención se visualizan en la Tabla 3.6-1.

Tipos de mantenimiento	Producción
Mantenimiento correctivo	Se detiene
Mantenimiento preventivo	
Mantenimiento predictivo	Continúa

Tabla 3.6-1: Comparación de las Estrategias para el Mantenimiento²¹.

En este estudio, se trabajó con el Mantenimiento Predictivo, que es la estrategia de mantenimiento que mejores resultados le ha entregado a Anglo American y a las distintas empresas mineras a lo largo del mundo.

A continuación, se pasa a detallar información de vital importancia que permite ayudar a escoger esta estrategia.

²¹ Fuente: Elaboración Propia.

3.6.3 Mantenimiento Predictivo²²:

Objetivo: Determinar en cualquier instante la condición de funcionamiento de la máquina.

El mantenimiento predictivo puede realizarse de 3 maneras, complementadas entre sí o de manera individual, dependiendo de los recursos de la empresa:

- Variables dinámicas: Vibraciones, Ruido, Ondas de diferentes frecuencias (ultrasonido, emisiones acústicas, ondas de choque, SEE).
- Residuos de Contaminación y desgaste: Análisis espectrométrico del aceite, ferrografía.
- Desempeño de los componentes: Rendimiento (en unidades por hora, en relación al ideal entregado por el fabricante), Temperaturas (en °C o F según corresponda), Presiones (en PSI o kPa según corresponda), entre otros.

3.6.4 Metas del Mantenimiento Predictivo:

- Vigilancia de máquinas: detectar la presencia de un problema y establecer cuan mala es la condición de la máquina.
- Protección de máquinas: Pretende evitar una falla catastrófica. Está asociada a la parada automática de la máquina.
- Diagnóstico de fallas: Identificar cual es el problema específico que afecta a la máquina.
- Pronóstico de vida: Estimar cuánto tiempo más puede trabajar la máquina sin riesgo de falla catastrófica, una vez diagnosticado un problema en ella.

3.6.5 Mantenimiento Predictivo o Centrado en la Condición de un Equipo:

Es el mantenimiento que pone en evidencia el estado de degradación de un equipo mediante inspecciones preestablecidas que revisan una serie de parámetros para verificar su estado. Es similar al mantenimiento preventivo, pero se basa en el conocimiento de la condición operativa a través de la medición de vibración, ruido, temperatura, parámetros de corrosión; lo que permite programar la intervención justo antes que la falla llegue a producirse, eliminando así la incertidumbre.

²²Fuente: Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias, Pedro Saavedra González, Universidad de Concepción.

El mantenimiento basado sobre la condición de un equipo abarca un conjunto de técnicas de inspección, análisis y diagnóstico, organización y planificación de intervenciones que no afectan la disponibilidad del equipo, y tienen como fin ajustar al máximo el período de buen funcionamiento antes de una intervención preventiva o correctiva planificada. En general, su propósito es prever fallas en su estado inicial y corregirlas para mantener la instalación en completa operación a los niveles y eficiencia óptimos.

3.6.6 Fundamentos de Mantenimiento Predictiva:

Este tipo de mantenimiento tiene como principio, la acción de inspeccionar y evaluar la integridad de los equipos de una planta periódicamente, con el objeto de prevenir fallas y asegurar su disponibilidad, colaborando así con la disminución de los costos asociados a las pérdidas de producción por fallas inesperadas de equipos.

Los puntos a considerar para diseñar un plan de mantenimiento predictivo consisten en determinar cuáles son los equipos críticos de un sistema, investigar cuáles son los mecanismos de deterioro comunes, el tipo de inspección y el período óptimo a inspeccionar antes que se produzca una falla. Las razones principales para realizar un plan de mantención predictiva o inspección en una refinería se indican a continuación:

- Existen muchas condiciones de riesgo debido al manejo de sustancias y fluidos inflamables, tóxicos, explosivos y corrosivos operando a altas presiones y temperaturas, por lo que ante cualquier falla tiene la probabilidad de afectar a personas, ambiente o infraestructura.
- La mayoría de los equipos son cadenas continuas de procesos, por lo que la falla de un único equipo obliga generalmente a la detención total o parcial de la refinería, impactando directamente los costos que provocan estas detenciones inesperadas.

3.6.7 Técnicas Utilizadas en la Mantención Predictiva²³:

Las técnicas utilizadas en el Laboratorio Predictivo Mina son:

1. Termografía.
2. Análisis de Ultrasonido.
3. Análisis de Aceites.

²³Fuente: Política de Mantenimiento, Anglo American Chile, actualización Diciembre de 2012

4. Sistema de Monitoreo en Línea.
5. Pruebas Instrumentales en Motores Diesel.

3.6.8 Ventajas del Mantenimiento Predictivo²⁴:

A modo de resumen, se presenta las ventajas del Mantenimiento Predictivo en una organización.

- Reduce los tiempos de detención de un equipo en comparación a las otras estrategias de mantenimiento.
- Permite seguir la evolución de un defecto en el tiempo.
- Optimización de los recursos humanos del personal de mantenimiento.
- La verificación del estado de la maquinaria, tanto realizada de forma periódica como de forma accidental, permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico.
- Conocer con exactitud el tiempo límite de actuación que no implique el desarrollo de un fallo imprevisto.
- Toma de decisiones sobre la parada de una línea de máquinas en momentos críticos.
- Permitir el conocimiento del historial de actuaciones, para ser utilizada por el mantenimiento correctivo.
- Facilita el análisis de las averías.
- Permite el análisis estadístico de los sistemas.

3.7 Signos Vitales de un Componente.

Los signos vitales corresponden a los distintos parámetros que se pueden medir cuantitativamente a cada uno de los componentes que forman el equipo minero. Tal como lo realiza un médico que diagnostica una enfermedad basándose en ciertos exámenes que realiza a su paciente, el analista encargado del procesamiento de la información entregada por el componente, puede, mediante esta información, concluir qué está pasando en el mismo; si tiene un problema o no.

Ejemplos de signos vitales: Los signos vitales más importantes dentro de un componente se basan en magnitudes conocidas: **Presión y Temperatura.**

²⁴ Fuente: Israel Supanta y Juan Muñoz, Analistas de Laboratorio Predictivo División El Soldado.

Gracias a las variaciones de Presión y Temperatura en un componente, el analista puede inferir que algo pasa en el mismo. Por ejemplo, una alta temperatura del motor puede significar un sobre trabajo del mismo, que puede ocasionar una falla. Lo mismo ocurre con la presión; con una baja presión de aceite se puede deducir que existe una fuga, que podría causar la destrucción del componente en evaluación.

3.7.1 Importancia del Monitoreo de Signos Vitales:

La importancia del monitoreo de signos vitales tiene relación a la información que éstos puedan entregar para el análisis y el posterior mantenimiento predictivo. Gracias a esta información, el analista puede enviar informes a los encargados de la mantención y así generar las órdenes de trabajo (OT) respectivas que permitirán importantes ahorros en términos económicos, debido a la identificación oportuna de una posible falla, que de haberse producido, habría generado pérdidas importantes a la compañía.

3.8 Procesamiento de Información Entregada por el Sistema: Data Mining.

Data Mining concentra un conjunto de técnicas y algoritmos para el análisis de datos, que permiten la extracción de patrones y relaciones en conjuntos de datos, con la ayuda de un Sistema de Información. El conocimiento final que genera el Data Mining es de gran utilidad para quienes toman decisiones de alto nivel. En una importante variedad de campos como el científico y el comercio se han producido cambios fundamentales en cuanto a las tecnologías utilizadas y desarrolladas, esto ha traído consigo un incremento de la cantidad de información que es necesario almacenar.

Muchas compañías ya colectan y refinan cantidades masivas de datos. Las técnicas de Data Mining pueden ser implementadas rápidamente en plataformas ya existentes de software y hardware para acrecentar el valor de las fuentes de información existentes y pueden ser integradas con nuevos productos y sistemas pues son traídas en línea (on-line). Una vez que las herramientas de Data Mining son implementadas en computadoras cliente servidor de alto desempeño o de procesamiento paralelo, pueden analizar bases de datos masivas para brindar información necesaria para la toma de decisiones, presentando los resultados en formas de tablas, con gráficos, reportes, texto, entre otros.

Se ha hecho necesario desarrollar las herramientas que permitan hacer sentido de los datos que se almacenan. La metodología más popular que da cuenta de lo anterior es el proceso KDD también conocido como “Descubriendo Conocimiento a través de las Bases de

Datos (Knowledge Discovery in Databases, desde ahora KDD). KDD define como *“el proceso de extracción de información de los datos, información que está presente implícitamente en éstos, previamente desconocida y potencialmente útil para el usuario²⁵”*. KDD es un proceso interactivo e iterativo. Al ser un proceso iterativo es posible regresar sobre algunas etapas, para ajustar parámetros o chequear supuestos.

El KDD cuenta con una serie de diferentes etapas:

- a) **Selección:** Consiste en seleccionar el conjunto de datos a los cuales se le aplicará el proceso KDD, este consiste en seleccionar un subconjunto de variables y/o una muestra de datos.
- b) **Pre-Procesamiento:** Etapa en la que se realiza la limpieza de datos, se verifica que los datos se encuentren en los rangos correctos, criterios para enfrentar las anomalías en los datos, etc.
- c) **Transformación:** En esta etapa se crean nuevas variables, lo más típico es dejar en un lenguaje que sea comprensible para las herramientas de Data Mining que se utilizarán en la siguiente etapa del proceso, además de la creación de nuevas variables que aporten a los modelos que se construirán.
- d) **Data Mining:** Etapa del proceso que desarrolla los modelos que resuelven el problema, encontrando los patrones buscados, pero que no permite una interpretación de los mismos. Existe una variedad de técnicas que se utilizan en la actualidad para encontrar patrones en los datos, tales como, Redes Neuronales, Árboles de decisión, reglas de asociación, k-medias entre otras.
- e) **Interpretación y Evaluación:** La última etapa del proceso llamada interpretación busca dar sentido a los patrones encontrados por el Data Mining, dando orientaciones con respecto a los mismos y mejoras en los modelos dada la evaluación.

²⁵ Fuente: Adaptive web site: A knowledge extraction from web data approach, capítulo3: "Knowledge discovery from web data", autores: J.D. Velásquez y V. Palade, editorial Springer-Verlang.

En la siguiente figura se aprecia el proceso KDD:

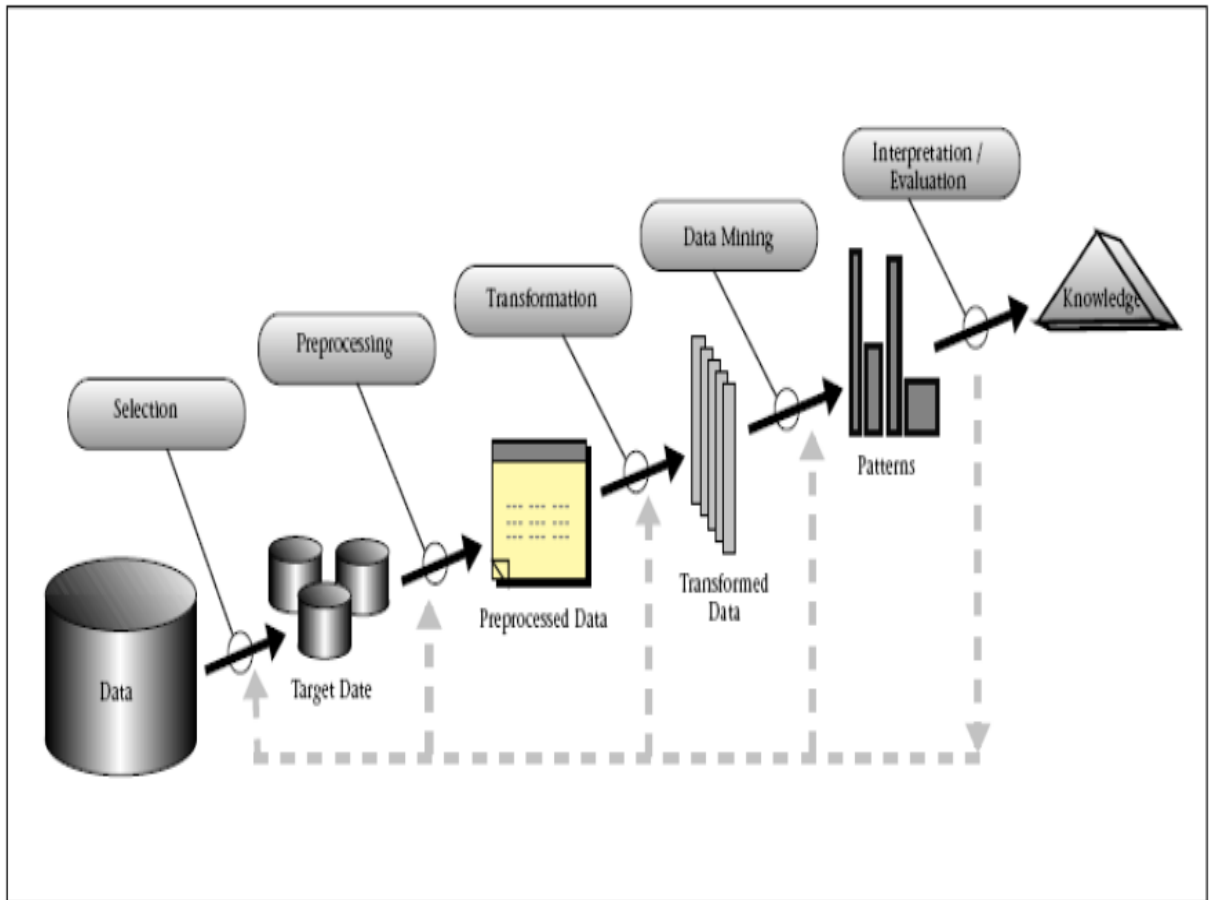


Figura 3.8-1: Proceso de KDD para la transformación de datos a información para la toma de decisiones.²⁶

²⁶ Fuente: Elaboración Propia.

3.9 Redes Inalámbricas para Traslado de Datos²⁷

Para poder extraer la información desde los equipos que se encuentran en faena, hasta un servidor que guarde esta información, es necesario trasladarla de manera inalámbrica, debido al constante movimiento de los equipos encargados de la producción. Para realizar esta tarea, existen cuatro tecnologías disponibles actualmente: WIFI, 3G, GPRS y EDGE. En Anexos 2 se detalla las ventajas y desventajas de cada una de ellas.

3.10 Control Estadístico de Procesos.

El Control Estadístico de Procesos (desde ahora CEP) es un método general prescriptivo y descriptivo, no analítico. Al controlar estadísticamente los procesos no se trata de moldear la distribución de datos reunidos en un proceso dado. Lo que se trata es de controlar el proceso con ayuda de reglas de decisión que localicen discrepancias apreciables entre los datos observados y las normas del proceso que se controla.

Se dice que un proceso está bajo control estadístico cuando sólo se producen variaciones debidas a causas comunes. En otras palabras el objetivo y razón de ser del Control Estadístico de Procesos es ayudar a identificar las causas especiales que producen variaciones en el proceso y suministrar información para tomar decisiones.

3.10.1 Aplicaciones del CEP:

Se aplica a todo: a las cosas, a las personas y a los actos. Determina y analiza rápidamente las causas que pueden originar desviaciones para que no vuelvan a presentarse en el futuro.

Existen cuatro factores que deben ser considerados al aplicar el proceso de control: cantidad, tiempo, costo y calidad.

Su aplicación incide directamente en la racionalización de la administración y consecuentemente, en el logro de la productividad de todos los recursos de la empresa.

²⁷ Fuente: Alta Velocidad y Calidad de servicios en redes IP, Autor: Jesús García Tomás, José Luis Raya Cabrera y Víctor Rodrigo Raya, año 2003.

3.10.2 Ventajas del CEP:

- ✓ Localiza los sectores responsables de la administración, desde el momento en que se establecen medidas correctivas.
- ✓ Proporciona información acerca de la situación de la ejecución de los planes, sirviendo como fundamento al reiniciarse el proceso de la planeación.
- ✓ Reduce costos y ahorra tiempo al evitar errores.
- ✓ Determinar las causas asignables a este comportamiento y atacarlas y de esta manera mantener el proceso en control.

3.10.3 Desventajas del CEP:

- ✓ Si no se utilizan o interpretan adecuadamente los gráficos de control o se toman datos erróneos se puede tener una gran ineficiencia en el control estadístico de proceso.
- ✓ Si se toma un muestreo del proceso existe un cierto porcentaje de error y de confiabilidad en todos esos elementos de muestra.

Uno de los objetivos del CEP es detectar rápidamente la presencia de causas especiales a fin de poder investigar y tomar las acciones correctivas. Los gráficos de control son una técnica de control de procesos en línea, que se utiliza ampliamente con este propósito. Al vigilar continuamente el funcionamiento del proceso y realizando las mantenciones predictivas, se reduce la cantidad de fallas.

Al momento de controlar los gráficos, se pueden observar dos tipos de variaciones; éstas son:

1. Causas no asignables o naturales.
 2. Causas asignables.
- ✓ **Causas no asignables o naturales:** Causas cuyos efectos individuales son pequeños y difíciles de eliminar, producen una variabilidad estable y predecible, el ejemplo más común es el relacionado con las personas, ya que puede variar según estado físico, experiencia, motivación, etc.

- ✓ **Causas asignables:** Causas que actúan en determinados momentos produciendo gran variabilidad, sus efectos son predecibles y definidos. Sus efectos son eliminados cuando se elimina la causa, un ejemplo es la falla relacionada con la materia prima.

3.10.4 Gráficos de Control²⁸.

La herramienta más utilizada dentro del CEP son los gráficos de control.

Existen dos tipos de gráficos de control:

1. Gráficos de control por variables.
2. Gráficos de control por atributos.

- ✓ **Gráficos de Control por Variables:**

La característica de calidad es posible de ser medida y expresada numéricamente.

En este caso conviene describir la característica de calidad mediante una medida de tendencia central y una de variabilidad.

- ✓ **Gráficos de Control por Atributos:**

Muchas características de calidad no se miden en una escala cuantitativa.

En estos casos cada unidad del producto puede ser clasificada como conforme o disconforme según posea o no cierto atributo.

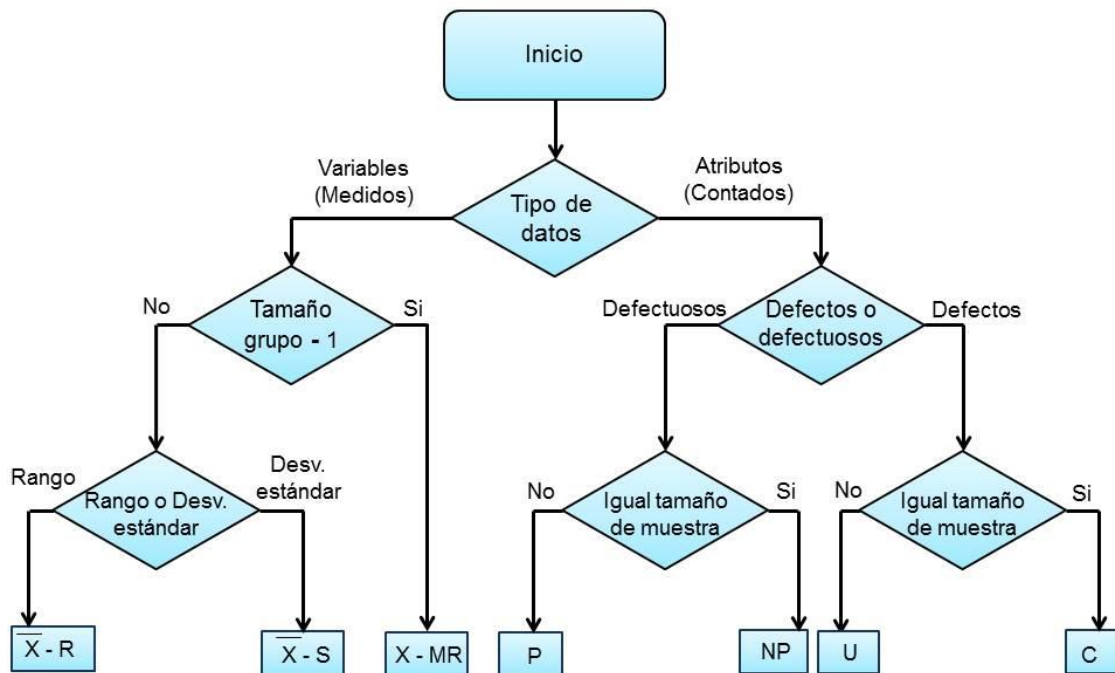
También se puede contar el número de disconformidades que aparecen en una unidad de producto.

Si el proceso de producción está en control estadístico. Sea X una variable aleatoria que indica si un artículo producido es o no defectuoso.

$$X = \begin{cases} 1 & \text{si el artículo es defectuoso} \\ 0 & \text{si el artículo no es defectuoso} \end{cases}$$

²⁸ Fuente: Carmen Ortiz Z; Luis Seccatore G. Asignatura Gestión de la Calidad, Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Valparaíso.

A continuación, se muestra mediante un esquema, los distintos tipos de muestreo, detallando las características que deben tener los datos su selección.



Esquema 3.10.4-1: Elección de Gráfica de Control según tipo de datos.²⁹

3.10.5 Control Estadístico para el Estudio:

En este caso se debe construir gráficos de control por variable, y como las muestras son unitarias, el método que se utilizó es el de Gráficos Individual- Rangos Móviles, más conocido como I-MR³⁰.

²⁹ Fuente: Carmen Ortiz Z; Luis Seccatore G. Asignatura Gestión de la Calidad, Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Valparaíso.

³⁰ Fuente: [http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Control%20estadistico%20de%20procesos%20\(9015\).pdf](http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Control%20estadistico%20de%20procesos%20(9015).pdf)

Los gráficos I-MR individuales, ayudan a comprender los datos variables cuando el tamaño del subgrupo es uno.³¹

3.10.6 Cálculo de Límites de Control:

$$\text{Límite Superior}_x = \bar{x} + 3 * \sigma$$

$$\text{Límite Central}_x = \bar{x}$$

$$\text{Límite Inferior}_x = \bar{x} - 3 * \sigma$$

Fórmula 3.10-1: Fórmulas para el cálculo de Límites de Control.³²

En donde:

X = Una medición individual

\bar{X} = El promedio de una medición individual

mR = Diferencia absoluta entre mediciones

\overline{mR} = El promedio de los rangos móviles

$d2$ = Constante predefinida usada en técnicas de gráficos de control

Los límites de control deben ser calculados con base en la variación de causa común para maximizar la probabilidad de detectar causas asignables.

Estas causas asignables se pueden omitir del cálculo de los límites de control y del promedio, cuando:

- ✓ Se pueda identificar la causa.
- ✓ No es probable que ocurran otra vez.

Los límites de control se deben recalcular, cuando:

- ✓ Se sabe que hubo un cambio en el proceso.
- ✓ Confía en que el proceso se mantendrá modificado.

³¹ Fuente: http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/SPC_3.pdf

³² Fuente: Control Estadístico de Procesos, autor: Arturo Ruiz-Falcó Rojas, Madrid, 2006.

- ✓ Tiene suficientes datos para ver un cambio. Definir los nuevos límites como temporales hasta que se obtenga al menos 24 datos nuevos.

3.11 Análisis de Aceite de Motor para el Mantenimiento Predictivo.

3.11.1 Aceite de Motor³³:

Se utiliza para lubricar los motores de combustión interna. Su propósito principal es lubricar las partes móviles reduciendo la fricción. Además de lubricar, el aceite también limpia, inhibe la corrosión y reduce la temperatura del motor, transmitiendo el calor lejos de las partes móviles para disiparlo. Estos aceites, que consisten principalmente en hidrocarburos y compuestos orgánicos de carbono e hidrógeno, son aditivados con diferentes compuestos químicos para mejorar sus cualidades. La tecnología actual, no obstante, los está dejando obsoletos y están siendo desplazados progresivamente por los aceites sintéticos formulados enteramente en laboratorio y con prestaciones muy superiores a los derivados del petróleo.

³³ Fuente: http://constructionmanuals.tpub.com/14264/css/14264_242.htm

Capítulo 4: Aplicación.

4.1 Sistema de Monitoreo de Signos Vitales en Equipos de Mina.

Para comenzar el estudio, se realizó una elección de los signos vitales (desde ahora Parámetros) que entrega cada equipo.

4.1.1 Parámetros Escogidos:

Luego del levantamiento de la información en relación a todos los parámetros que entregan los distintos equipos, se decidió, junto a los especialistas encargados de la mantención de cada equipo y a los analistas del laboratorio predictivo, centrarse solamente en los parámetros que se consideran más importantes para la toma de decisiones de mantención de tal manera de simplificar el análisis. Estos parámetros serán incluidos en el nuevo Sistema de Monitoreo de Signos Vitales. Los parámetros escogidos se muestran en la Tabla 7.7-1 del Anexo 7.

4.1.2 Elección de Red Inalámbrica Para Transporte de Datos:

En el siguiente cuadro comparativo se muestran los tres parámetros más importantes para la selección de la mejor opción: Velocidad de la entrega de información, Cobertura y Seguridad de la Información³⁴:

Red	Velocidad	Cobertura	Seguridad
3G	Suele llegar a velocidades máximas de entre 0.2 y 0.4 Mbps.	Su cobertura es limitada dependiendo de la localización.	Tiene problemas de seguridad ya que puede ser rastreado el aparato.
WIFI	La velocidad depende del protocolo utilizado, el protocolo 802.11ac permite velocidades de al menos 1.000 Mbps en la banda de los 5 gigahertz.	El alcance de cobertura es ampliamente superior a otras versiones.	El mayor riesgo es que accediendo al WIFI se puede monitorizar y registrar toda la información que se transmite a través de él.
GPRS	Muy baja velocidad, en comparación con el resto, 0.05 Mbps reales de media aprox.	Es limitada y depende de la ubicación, si se encuentra en movimiento, etc.	Se puede producir saturación de los canales, por lo que la información se puede filtrar o robar.
EDGE	La velocidad media real que ofrece es del orden de 0.1 Mbps aprox.	Es limitada y depende de la ubicación.	Se puede producir saturación de los canales, por lo que la información se puede filtrar o robar.

Tabla 4.1-1: Comparación de redes inalámbricas disponibles para el traslado de datos.

³⁴ Fuente: Elaboración Propia.

Elección de tipo de Red Inalámbrica a utilizar:

Con el fin de seleccionar el tipo de red que utilizaremos, realizamos un cuadro con los cuatro tipos de redes expuestas; red 3G, red WiFi, red GPRS, red EDGE y con las características más importantes que creemos que necesarias para poder realizar el estudio. Para esto utilizaremos una tabla de puntajes del 1 al 5 para evaluar cada característica³⁵.

Evaluación	Puntuación
Muy bajo	1
Bajo	2
Medio	3
Alto	4
Muy alto	5

Afirmaciones	Tipo de Red	3G	WIFI	GPRS	EDGE
Alto alcance de cobertura en espacios abiertos.		2	5	2	2
Logra alcanzar altas velocidades.		3	5	1	2
Ofrece sistemas de seguridad para la información.		3	4	3	3
Tipo de tecnología ofrece bajos costos.		1	4	2	2
Es posible encontrar los aparatos necesarios fácilmente.		3	5	3	3
Total		12	23	11	12
			✓		

Tabla 4.1-2: Elección de red inalámbrica más adecuada para la realidad de la faena.

³⁵ Fuente: Elaboración Propia.

Se concluye de la tabla anterior, que el tipo de Red más adecuada para la realización del estudio es la red WIFI, ya que obtiene una mayor ponderación en el análisis de los factores más importantes que, según nuestro criterio, pueden resolver la problemática actual.

Red Seleccionada: WIFI:

Se sabe que existen distintos tipos de protocolos y estándares de WIFI, que van variando de acorde al tiempo, van evolucionando y adaptándose a los requerimientos del mercado. Por lo tanto, se tiene variedad de opciones al momento de seleccionar los tipos de WIFI y Router a utilizar, dependiendo de las necesidades de la División.

Los distintos estándares WIFI: En Anexo 3 se detalla las especificaciones de cada estándar existente en el mercado.

Cuadro comparativo de estándares de redes WIFI³⁶:

Estándar	Frecuencia (GHz)	Velocidad (Mbit/s)	Rango (m)
WiFi a (802.11a)	5	54	10
WiFi B (802.11b)	2,4	11	100
WiFi G (802.11b)	2,4	54	75
WiFiac (802.11ac)	5	1300	200

Tabla 4.1-3: Comparación de estándares de redes WIFI.

Estándar Seleccionado: 802.11ac.

El estándar 802.11ac es el seleccionado por su mayor velocidad, cobertura y ancho de banda, debido a la necesidad de sus características para poder trasladar la información de forma segura y rápida.

^{36 36} Fuente: Elaboración Propia.

Entre los modelos de routers disponibles en el mercado, destacan los modelos D-Link DIR-865L, con conectividad WIFI 802.11a/b/g/n/ac. Un producto similar es el router Buffalo WZR-D1800H, y el rey de la colmena CISCO Linksys EA6500. Todos compatibles con el estándar 802.11a/b/g/n/ac.

A pesar de ser un estándar nuevo, cuenta con la misma seguridad de sus antecesores, ya que es compatible con WPS y con los protocolos de seguridad WEP, WPA, WPA2 tradicionales.

4.2 Beneficios Económicos que entrega la implementación del Sistema de Monitoreo de Signos Vitales en Tiempo Real.

La Detección oportuna de problemas en los componentes, con potencialidad de ocasionar una falla en los mismos, puede generar grandes beneficios económicos para la empresa, ya sea en términos de ahorro, identificando el problema antes de que se cumpla el TBO o en ganancia al identificar problemas que permitan extender el TBO del componente.

En este capítulo, la sigla “TBO” juega un rol fundamental. TBO es la sigla para “Time Between Overhauls”, que en español se traduce como “Tiempo entre Reparaciones”. Es un indicador que nos permite conocer cuál es **la vida útil del componente**, desde un instante inicial, en que el componente es instalado en el equipo, hasta que éste es extraído para ser enviado a reparación o dado de baja, según corresponda.

El indicador TBO es entregado a Planificación por el fabricante del componente, quienes lo obtienen a través de la experiencia en distintas faenas y a estudios propios. Pero ese valor puede corresponder o no a la realidad de El Soldado. Por lo tanto, para conocer cuál es el TBO que más se aproxima a la realidad de El Soldado, se hace un estudio a través del tiempo, en donde este indicador se transforma en un número dinámico que puede cambiar dependiendo de resultados anteriores. Quienes manejan la información y realizan el estudio, son los analistas del Laboratorio Predictivo, a través de datos entregados por el Centro de Despacho (Dispatch) y por datos propios extraídos en faena.

Como política del Departamento de Mantenimiento, Anglo American División El Soldado señala que toda reparación de un componente debe costar a lo más, el 70% de su valor inicial. Si la reparación sobrepasa ese valor, éste se da de baja.

4.2.1 Criticidad de Equipos de Mina:

En la división se trabaja con sobre stock de equipos, esto quiere decir que cuando un equipo es sacado del campo de trabajo para una mantención o por una falla, existe uno o más equipos que podrán realizar el trabajo, de tal manera de asegurar la continuidad del proceso productivo. En el caso de la Pala PC 8000, si ésta se encuentra indisponible por una falla o por mantención, las Palas PC 5500 y los Cargadores Le Tourneau L1850 o Caterpillar 994 pueden efectuar la tarea de cargar con mineral los camiones. Esta tarea de logística es realizada por el Sistema de Control de Flota que es manejado en la Sala Dispatch. Como dato, la producción en la División solo se detiene por temas netamente ambientales (exceso de polución, neblina, entre otros) o por una emergencia (Rodados de material, terremotos). El ideal es que la producción no se detenga en ningún momento.

4.2.2 Cálculo del Beneficio de una Detección Oportuna de Fallas:

Para confeccionar un modelo matemático que permita calcular el beneficio de la detección oportuna de fallas, nos basamos sobre la fórmula matemática del costo total de producción. El costo total de producción es el valor del conjunto de bienes y esfuerzos en que se incurre para obtener un producto terminado en las condiciones necesarias para ser entregado al cliente. En este caso específico de la mantención predictiva, el producto terminado es el equipo luego de su respectiva mantención sin haber ocurrido la falla. Por otro lado, el cliente es el Departamento de Operaciones (cliente interno), quien recibe el equipo y vuelve a hacer uso de ella en la faena.

La ecuación del costo total de producción es la siguiente:

$$CT = CF + CV$$

Fórmula 4.2-1: Ecuación del costo total de producción.

En donde CT es el Costo Total, CF corresponde a los Costos Fijos de la Mantención y CV a los Costos Variables de la Mantención³⁷.

³⁷ Fuente: El Arte de Mantener, autor: Rodrigo Pascual, Centro de Minería, Pontificia Universidad Católica de Chile, 2009.

4.2.2.1 Modelo Matemático para el Cálculo de Beneficio desde T_0 hasta T_{TBO} :

Para cuantificar y reflejar el beneficio que se obtiene a partir de una detección oportuna de una falla en un componente, desde el instante T_0 en que se instala el componente (nuevo o reparado, según corresponda) hasta el instante T_{TBO} , en donde el componente pierde su valor monetario producto de la depreciación, se propone la siguiente ecuación y metodología:

$$B = \left[0,7 \cdot \left(1 - \frac{H_R}{H_{TBO}} \right) \cdot C_I + Hr_{est} \cdot (C_{Eq/Hr} + 2 \cdot HH) \right] \cdot P$$

Fórmula 4.2-2: Cálculo del beneficio desde T_0 hasta T_{TBO} .

Dónde:

B : Beneficio que entrega el Laboratorio Predictivo al identificar un problema en un componente, con potencialidad de generar una falla en el mismo.

H_R : Horas reales de uso del componente en evaluación.

H_{TBO} : Horas de TBO (Time Between Overhauls o Tiempo Entre Reparaciones) del componente en evaluación.

C_I : Costo del componente en evaluación. (Costo al momento de la instalación, el que puede ser del componente nuevo o reparado)

Hr_{est} : Estimación de horas que tomará la intervención en el equipo.

$C_{Eq/Hr}$: Indicador del costo por hora del componente que está en evaluación, calculado como el cociente entre su valor económico inicial y el TBO del componente.

$2 \cdot HH$: Costo del indicador “hora hombre” promedio de mantención mina, necesitando, en promedio, dos mantenedores para realizar el trabajo.

P : Grado de Criticidad de la falla, si esta se hubiese producido.

4.2.2.2 Explicación detallada del modelo matemático para Cálculo del Beneficio de Detección Oportuna de Fallas:

- $0,7 \cdot \left(1 - \frac{H_R}{H_{TBO}}\right) \cdot C_I$: Se cuantifica el valor que se deja de perder al identificar el problema en el componente.

La Constante “0,7” se calcula como uno menos el valor promedio de tiempo de respuesta para la mantención en la faena, es decir, desde que el Laboratorio Predictivo envía su informe en que se identificó un problema en el componente, con potencialidad de falla, hasta que éste es solucionado por los mantenedores. Ese valor, en promedio, corresponde al 30% del total de vida económica actual del componente en evaluación. Por lo tanto, la constante “0,7” ó 70%, corresponde a la diferencia entre el 100% de la vida económica restante del componente, menos el 30% que se ocupó para generar los planes de acción que lograron solucionar el problema que pudo causar una falla en el componente en evaluación.

La siguiente figura muestra esquemáticamente esta situación

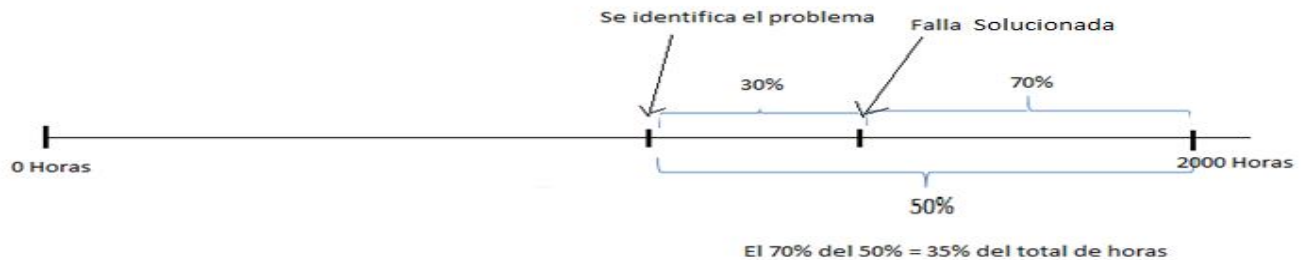


Figura 4.2-1: Demora en realización de Órdenes de Trabajo (OT).

El tiempo desde que se identifica el problema, se realiza la Orden de Trabajo y se efectúa el mismo, es del 30% de la vida económica restante del equipo.

A continuación se realizará, a modo de ejemplo el cálculo con datos no reales para demostrar la situación y mostrar las conclusiones que se pueden extraer.

- Si se tienen los siguientes datos:

- ✓ TBO: 2000 hrs
- ✓ Identificación del Problema: a las 1500 hrs de operación del componente.

Por lo tanto $(2000 - 1500) = 500$ horas, que corresponde a la vida económica restante del equipo. El 30% de 500 horas corresponde a 150 horas. Por lo tanto existe una demora de 150 horas en generar la respectiva OT y realizar el trabajo que permite solucionar el problema (Considerando un escenario pesimista para efectos de generar un valor lo más real posible).

Si el equipo cuyo TBO son 2000 horas y se identifica la falla a las 1000 horas, la formula sería la siguiente:

$$0,7 \cdot \left(1 - \frac{1000}{2000}\right)$$

Habría que multiplicar esta ecuación por un C_I , que es el costo del componente al momento de la instalación (Instante T_0). Suponiendo que el C_I para el componente en evaluación es de US \$500.000, entonces:

$$0,7 \cdot \left(1 - \frac{1000}{2000}\right) \cdot 500.000 = \text{US } \$175.000$$

Por lo tanto, gracias a que se identificó un problema que pudo causar una falla en el componente y se pudo realizar un plan de acción para corregirla, la compañía dejó de perder US\$ 175.000.

- $Hr_{est} \cdot \left(C_{Eq/Hr} + HH \cdot 2\right)$: Se cuantifica el **Costo de una Detención Imprevista (Costo de Falla)**.

Hr_{est} : El laboratorio predictivo realiza una estimación de cuántas horas estará detenido el equipo.

$C_{Eq/Hr}$: Indicador del costo de una hora de funcionamiento del equipo (Cociente entre el Precio del equipo (US\$) y el TBO del equipo (Horas))

HH · 2: Costo del valor de horas hombre (HH) promedio en mantención mina, multiplicado por la cantidad promedio de mantenedores que se necesita para realizar un trabajo de este tipo (dos personas en promedio, valor calculado por el Departamento de Mantención)

➤ **Constante P:**

La constante P es un indicador que se genera a través de la experiencia del Equipo de Laboratorio Predictivo, quienes han visto a lo largo de los años como se comportaría una falla, si esta se produjese.

A generar sus informes, los analistas, basándose en el estudio de variables que permitieron identificar el problema en el componente, aconsejan cual es el momento propicio para realizar la detención del equipo para inspeccionar, reparar o cambiar el componente con inconvenientes.

A partir de esa experiencia, se creó una tabla para tener un valor cuantitativo que permita conocer cuándo un problema puede generar una falla catastrófica y cuando no.

La siguiente tabla muestra el desglose de los valores que permitirán conocer de forma cuantitativa la probabilidad de que si ocurre una falla, ésta sea catastrófica³⁸.

Valor de Factor P	Consecuencia
0	Si se genera la falla, ésta no será catastrófica
0.2	Si se genera la falla, tiene un 20% de probabilidad de que sea catastrófica
0.4	Si se genera la falla, tiene un 40% de probabilidad de que sea catastrófica
0.6	Si se genera la falla, tiene un 60% de probabilidad de que sea catastrófica
0.8	Si se genera la falla, tiene un 80% de probabilidad de que sea catastrófica
1	Si se genera la falla, ésta será catastrófica (pérdida total del componente)

Tabla 4.2-1: Valores para conocer la probabilidad de falla catastrófica.

³⁸ Fuente: Elaboración Propia.

A modo de ejemplificar las distintas situaciones:

- Si $P = 1$, el Beneficio que entrega el Laboratorio Predictivo al identificar un problema es máximo, porque se consiguió identificar y reparar una falla que si se hubiera producido, habría generado la pérdida total del componente.
- Si $P = 0$, el Beneficio que entrega el Laboratorio Predictivo al identificar un problema es cero, porque el problema que se identificó no era capaz de generar ninguna falla catastrófica, por lo tanto el componente habría funcionado de la misma manera hasta cumplir su TBO.

Nota: No se consideran valores intermedios, solo los especificados en la tabla anterior.

Por lo tanto, como podemos apreciar, mientras más alto sea la probabilidad de que se genere una falla catastrófica, mayor será el beneficio que entrega el Laboratorio Predictivo a la Empresa.

$$B_{P=1} > B_{P=0.8} > B_{P=0.6} > \dots B_{P=0} = 0$$

4.2.3 Cálculo de Beneficio desde T_{TRO} en adelante:

Gracias a la acción del Laboratorio Predictivo y su constante análisis de información recabada desde el Monitoreo de Signos Vitales, de termografías, análisis de aceites, ultra sonido, entre otros, se puede conseguir superar la vida útil de algunos componentes, lo que produce un ahorro importante para la compañía. Pero la duda que surge es ¿Se puede cuantificar en dinero cuánto es ese beneficio?

Para poder calcular el beneficio que entrega la identificación oportuna de problemas con potencialidad de falla en los equipos desde que se cumple la vida útil del componente en adelante, se ideó, en una tabla de Microsoft Excel, un sistema que permite cuantificar en términos económicos cual es la “ganancia” que significa para la empresa el superar el TBO del componente.

En esta tabla, se incluyeron distintas condiciones a través de la aplicación Macros, las que se detallan a continuación³⁹:

```

Sub Rectangle1_Click()

    i = 2
    While Cells(i, 1) <> ""

        If Cells(i, 8) > Cells(i, 7) Then 'asegura que el actual es mayor al anterior
        If (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) < (Cells(i, 5) * Cells(i, 10)) Then 'Condicion para acumulado menor al 5%
        Cells(i, 9) = Cells(i, 9) + (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) 'guarda acumulado.
        Cells(i, 12) = 0 'no reporta beneficio
        End If

        If (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) >= (Cells(i, 5) * Cells(i, 10)) Then 'si entre el actual y el anterior existe una diferencia mayor
        n = ((Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) / Cells(i, 5)) / Cells(i, 10) 'calculo de numero de veces que se sobrepasa la meta.
        n = WorksheetFunction.RoundDown(n, 0) 'redondeo hacia abajo.
        Cells(i, 12) = Cells(i, 3) * Cells(i, 10) * n 'se reporta beneficio
        Cells(i, 9) = (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) - Cells(i, 5) * Cells(i, 10) * n 'guarda acumulado.
        End If

        If Cells(i, 9) >= Cells(i, 5) * Cells(i, 10) Then 'si el acumulado es mayor al 5%
        n = (Cells(i, 9) / Cells(i, 5)) / Cells(i, 10) 'calculo de numero de veces que el acumulado sobrepasa la meta.
        n = WorksheetFunction.RoundDown(n, 0) 'redondeo hacia abajo.

        Cells(i, 12) = Cells(i, 3) * Cells(i, 10) * n 'se reporta beneficio
        Cells(i, 9) = Cells(i, 9) - Cells(i, 5) * Cells(i, 10) * n 'se restan horas meta al acumulado (5%)
        End If

        Else
        Cells(i, 12) = 0 'si no se cumple que el actual es mayor que el anterior entonces el beneficio es 0.
        Cells(i, 9) = 0 ' no acumula por que está en TBO.
        End If

        If Cells(i, 8) <= Cells(i, 5) Then ' FUNCIÓN REDUNDANTE PARA ASEGURAR EL NO BENEFICIO BAJO TBO (CMB. COMPONENTE)
        Cells(i, 12) = 0 'si no se cumple que el actual es mayor que el anterior entonces el beneficio es 0.
        Cells(i, 9) = 0 ' no acumula por que está en TBO.
        End If

        i = i + 1
    Wend

End Sub

```

Figura 4.2-2: Ventana de Microsoft Visual Basic en donde se realizó la macro que permite el cálculo.

³⁹ Fuente: Elaboración Propia.

Condiciones:

- **IfCells(i, 8) >Cells(i, 7)** : Se asegura que el horómetro del mes actual es mayor que el horómetro del mes anterior
- **a) If (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) < (Cells(i, 5) * Cells(i, 10))**: Si la diferencia (Delta) entre el horómetro del mes actual y el horómetro del mes anterior es menor al porcentaje Meta de superacion del TBO ...
 - b) Cells(i, 12) = 0**: No se reporta beneficio...
 - c) Cells(i, 9) = Cells(i, 9) + (Cells(i, 8) - Cells(i, 7))**: Y se guarda acumulado para el próximo período.
- **a) If (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) >= (Cells(i, 5) * Cells(i, 10))**: Si entre el horómetro del mes actual y el horómetro del mes anterior existe una diferencia mayor al porcentaje Meta de superación del TBO.
 - b)n = ((Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) / Cells(i, 5)) / Cells(i, 10)** : Condición para calcular cuántas veces se supera la meta.
 - c)n = WorksheetFunction.RoundDown(n, 0)** : Condición para redondear hacia abajo las veces que se sobrepasa la meta.
 - d)Cells(i, 12) = Cells(i, 3) * Cells(i, 10) * n** : Si se sobrepasa el porcentaje meta, se reporta beneficio.
 - e)Cells(i, 9) = (Cells(i, 8) - Cells(i, 7)) - Cells(i, 5) * Cells(i, 10) * n**: Si las veces que se supera la meta no es exactamente un multiplo del valor del porcentaje, solo se considera el multiplo más cercano y el resto pasa a ser un acumulado para el próximo período.
- **a) IfCells(i, 9) >= Cells(i, 5) * Cells(i, 10)**: Si el acumulado es mayor que el porcentaje Meta de superación de TBO...
 - b) n = (Cells(i, 9) / Cells(i, 5)) / Cells(i, 10)**: Condición para calcular cuántas veces se supera la meta.

- c) $n = \text{WorksheetFunction.RoundDown}(n, 0)$: Condición para redondear hacia abajo las veces que se sobrepasa la meta.
- d) $\text{Cells}(i, 12) = \text{Cells}(i, 3) * \text{Cells}(i, 10) * n$:Si las veces que se supera la meta no es exactamente un múltiplo del valor del porcentaje, solo se considera el múltiplo más cercano...
- e) $\text{Cells}(i, 9) = \text{Cells}(i, 9) - \text{Cells}(i, 5) * \text{Cells}(i, 10) * n$: y el resto pasa a ser un acumulado para el próximo período.
- a) $\text{Cells}(i, 12) = 0$: Si no se cumple la condición que el horómetro del mes actual es mayor que el mes anterior, entonces inmediatamente se reporta un beneficio cero. Esto para diferenciar cuando se realiza un cambio de componente.
 - b) $\text{Cells}(i, 9) = 0$: Si ocurre la condición anterior, no se acumula, ya que se encuentra dentro de la vida útil del equipo. Si acumulara, sería un valor negativo.
 - c) $\text{IfCells}(i, 8) \leq \text{Cells}(i, 5)$: Función redundante para asegurar el beneficio igual a cero mientras el componente se encuentre dentro de la vida útil programada.

Mediante estas condiciones, se puede calcular de forma cuantitativa (en US\$) cuánto es el beneficio que otorga a la compañía la identificación prematura de un problema antes de que el equipo falle.

La siguiente tabla muestra, a modo de ejemplo, cómo funciona el sistema. (Para ver la tabla completa, ver Anexo 3)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L
1	EQUIPO	COMPONENTE	VALOR NUEVO U\$	VALOR REPARADO U\$	TBO 2013 hrs	Valor Equipo/Hr U\$	Horómetro Mes Anterior	Horómetro Mes Actual	Acumulado	% Meta	Calcular Beneficio
2	CAR185006	BOMBA ENGRASE	\$ 5.603.100	\$ 3.922.170	5000	\$ 1.121	5500	5620	110	5%	\$ 280.155
3	CAM83008	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13	21000	21200	0	5%	\$ 13.130
4	CAM83008	CONJUNTO MAZA - MUÑOY - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4	0	2500	0	5%	\$ 0
5	CAM83008	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 243.323	\$ 174.526	24000	\$ 10	23000	27500	900	5%	\$ 37.398
6	CAM83008	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12	2500	3620	0	5%	\$ 0
7	CAM83008	Motor de Traccion	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33	18000	20	0	5%	\$ 0
8	CAM83008	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3	12000	23000	0	5%	\$ 0
9	CAM83008	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4	22000	25000	300	5%	\$ 11.371
10	CAM83008	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5	11950	12350	0	5%	\$ 3.194

Figura 4.2-3: Extracto de Hoja de Microsoft Excel que permite el cálculo del beneficio después del TBO

Para mostrar un beneficio representativo desde el punto de vista monetario, esta tabla muestra los componentes cuyo precio de compra supera los US\$ 50.000. Se separa los beneficios por componente, identificando a cada equipo existente en faena. Se puede observar que, en este caso, el porcentaje Meta de superación del TBO es de un 5%. Este 5% es un valor que nace de la experiencia en faena de los analistas, quienes, según sus cálculos, estiman que un 5% es un valor aceptable y relativamente real para el correcto cumplimiento.

Si se sobrepasa el TBO del componente y se quiere calcular el beneficio entregado, se debe ingresar los datos del horómetro mensual del componente. Si este es superior a un porcentaje Meta elegido por los analistas de Laboratorio Predictivo, el beneficio se reporta; si no, se acumula para el próximo mes, y así sucesivamente hasta que se supere este porcentaje meta.

4.2.4 Observaciones Finales para el Cálculo del Beneficio de la Detección Oportuna de Fallas:

Si no se sobrepasa el TBO del componente, pero se identifica un problema con probabilidad de falla y esta se soluciona, el beneficio entregado se calculará con la Fórmula 6.2-1.

Por otro lado, si se sobrepasa el TBO del componente y se quiere calcular el beneficio entregado, se debe ocupar la tabla de Microsoft Excel acondicionada para este uso.

En términos matemáticos queda expresado en la siguiente función.

- Si la identificación del problema está dentro del intervalo comprendido entre $[0, TBO]$, entonces:

$$B = \left[0,7 \cdot \left(1 - \frac{H_R}{H_{TBO}} \right) \cdot C_I + Hr_{est} \cdot (C_{Eq/Hr} + 2 \cdot HH) \right] \cdot P$$

- Si la identificación del problema está dentro del intervalo comprendido entre $]TBO, \infty]$ y además el valor de este intervalo supera el porcentaje meta establecido por el Laboratorio Predictivo, entonces:

$$B = \left[\frac{H_R}{H_{TBO}} - 1 \right] \cdot C_1$$

4.3 CEP de los Parámetros Seleccionados.

El objetivo de este capítulo es ocupar la información con la que se cuenta actualmente en la División para realizar un control estadístico de los datos y así ver el comportamiento de los signos vitales que más información entregan para la predicción de fallas.

Para poder seleccionar qué equipo es los que puede generar un mayor beneficio al realizar el análisis, se realizó un estudio de la indisponibilidad de cada uno de ellos en un horizonte de nueve meses, comprendidos entre Enero y Septiembre de 2013.

En el siguiente cuadro comparativo, se muestra la indisponibilidad de cada equipo en el período señalado anteriormente⁴⁰.

Equipo	Tiempo Indisponible Flota (H:M:S)	Cantidad de Equipos por Flota	Tiempo Indisponible por Equipo (H:M:S)	Costo de Equipo (US\$)
Pala PC 8000	960:51:14	1	960:51:14	\$ 19.000.000
Pala PC 5500	3499:14:04	4	874:48:31	\$ 9.000.000
Camión 830 AC	6544:26:01	16	409:01:38	\$ 3.700.000
Camión 830 E	8001:53:00	14	571:33:47	\$ 3.500.000
Cargador 1850	4179:41:10	3	1393:13:43	\$ 4.500.000
Cargador 994	3678:27:31	3	1226:09:10	\$ 950.000

Tabla 4.3-1: Comparación de Indisponibilidad de los equipos versus Costo del Equipo.

Como se aprecia en el cuadro anterior, el cargador Le Tourneau y el Cargador Caterpillar 994 muestran la mayor indisponibilidad media por equipo medida en horas entre los equipos analizados. Pero por otro lado, el precio de compra de estos 2 equipos es superado por el precio de la Pala Komatsu PC 8000, lo que hace suponer que una falla de la misma puede ocasionar mayores pérdidas desde el punto de vista monetario a la empresa.

Por otro lado, los camiones Komatsu 830 AC y 830 E obtienen la menor indisponibilidad promedio, por lo que para efectos de analizar cuál será el equipo elegido para el control estadístico, fueron sacados de las opciones.

⁴⁰ Fuente: Elaboración Propia.

Para seguir estudiando el comportamiento de cada equipo, se determinó concentrarse solo en los Equipos de Carguío, tomando como parámetro final de decisión uno netamente relacionado al movimiento de mineral dentro de la faena: El Movimiento de Mineral por cada balde, medido en toneladas.

El siguiente cuadro muestra la comparación entre el movimiento de mineral por cada balde que se entrega al camión⁴¹.

Equipo	Capacidad del Balde (Toneladas)
Pala PC 8000	50
Pala PC 5500	42
Cargador 1850	18
Cargador 994	14

Tabla 4.3-2: Comparación de Capacidad entre los Equipos.

Como se observa en el cuadro anterior, la Pala Komatsu PC 8000 es quien mueve la mayor cantidad de material por cada balde que entrega a un camión para su transporte, por lo que podemos inferir que el tiempo que esta pala ocupa para llenar la tolva de un camión es inferior a los otros tres equipos. Si además sumamos a ello que la Pala PC 8000 tiene el precio de compra más alto, una posible falla catastrófica de la misma causa mayores pérdidas económicas a la empresa.

Por lo tanto, considerando todos los factores mencionados anteriormente, se ha decidido realizar un control estadístico a los signos vitales más importantes de la Pala Komatsu PC 8000.

4.3.1 Disponibilidad de Pala Komatsu PC 8000:

La medición de la disponibilidad total de la Pala PC 8000 se calcula en relación a la todas las fallas que causaron su detención y por lo tanto su indisponibilidad.

^{41 41} Fuente: Elaboración Propia.

Se sabe que: Disponibilidad = 100%- % de Indisponibilidad, por lo que su valor se muestra en porcentaje.

La siguiente gráfica muestra la disponibilidad de la Pala PC 8000 entre Enero de 2012 a Octubre de 2013 y una comparativa de la disponibilidad promedio del año 2012 y 2013⁴².

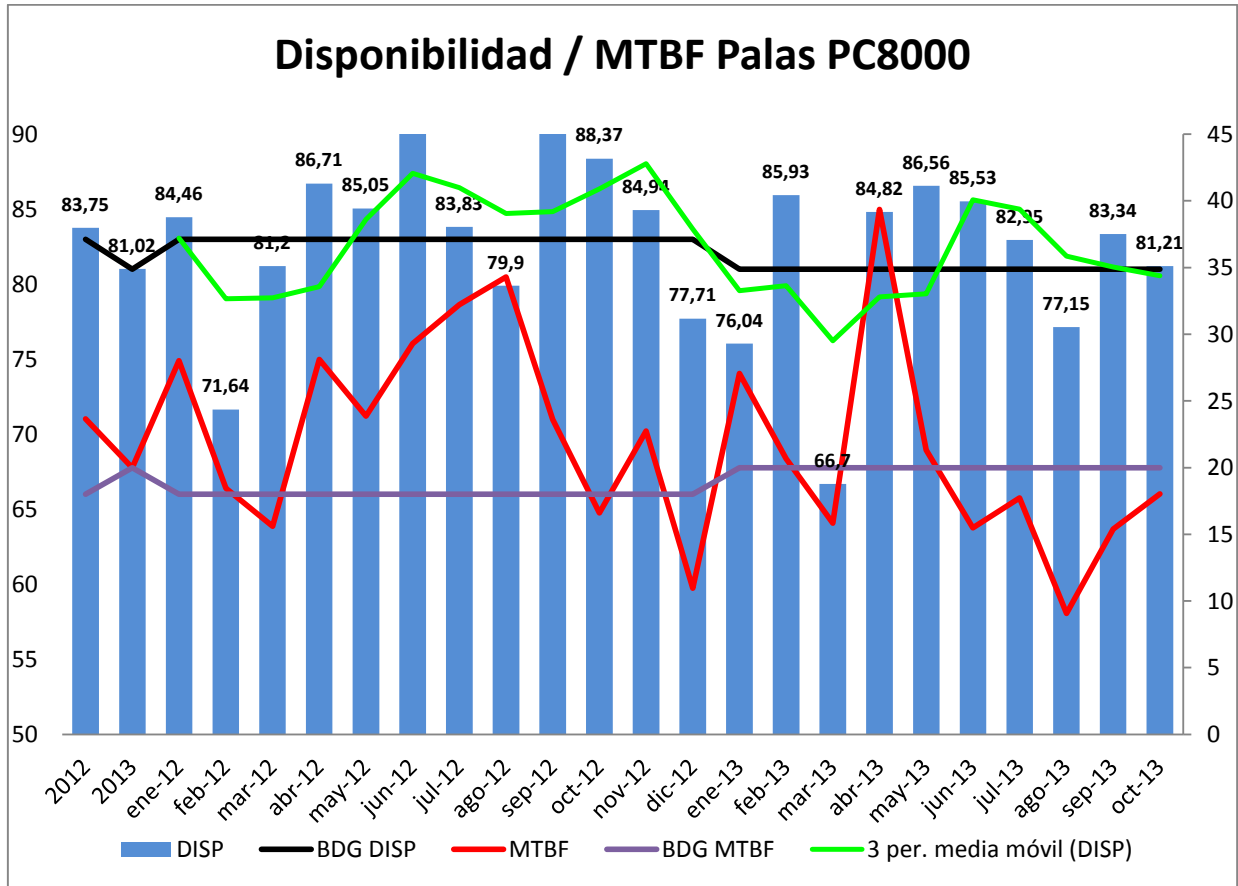


Gráfico 4.3-1: Disponibilidad de la Pala PC 8000.

⁴² Fuente: Departamento Mantenición Mina, División El Soldado.

DISP: Disponibilidad.

BDG DISP: Disponibilidad según el Budget (o la Disponibilidad Pronosticada).

MTBF: Tiempo medio entre fallas. Se consideran todas las fallas para medir los tiempos, independiente del componente.

BDG MTBF: Tiempo medio entre fallas pronosticada en el Budget.

3 per. MovAvg (Disp): Promedios en períodos de 3 meses para observar tendencias (Medias Móviles)

El gráfico 4.3-1 muestra una disminución de la disponibilidad de la Pala PC 8000 durante el año 2013 en comparación al 2012, lo que quiere decir que la indisponibilidad aumentó en relación al año anterior. Se puede apreciar también que para el trimestre final del año 2013 la disponibilidad comienza a disminuir. Por otro lado, el tiempo medio entre fallas pronosticado en el Budget tuvo que aumentar desde el 2012 al 2013, debido a los pésimos resultados en ese ítem en el año 2012, donde en nueve meses se superó lo pronosticado. Eso sí, el año 2013 se ve bastante mejor en el tiempo medio entre fallas, se podría decir que en promedio, se cumple con lo pronosticado según el Budget.

Al centrar el análisis en el tiempo medio entre fallas, se debió realizar un nuevo estudio a todas las fallas producidas en la Pala PC 8000 durante el año 2013, mostrando en detalle las horas que este equipo estuvo indisponible producto de las distintas fallas en sus componentes.

El siguiente cuadro muestra la indisponibilidad de la Pala PC 8000 dependiendo de cada falla producida en sus componentes, para el período comprendido entre Enero y Septiembre de 2013⁴³.

⁴³ ⁴³ Fuente: Elaboración Propia.

Tipo de Falla	Tiempo Indisponible 2013 (H:M:S)	Tiempo de Trabajo 2013 (H:M:S)	Acumulado
Mantenimiento Preventiva	391:26:49	6552:00:00	31,30%
Falla Motor Diesel	338:07:38	6552:00:00	58,33%
Falla Tolva y/o Balde	132:17:58	6552:00:00	68,90%
Accidentes Operación	112:14:22	6552:00:00	77,88%
Falla Sistema Hidráulico	107:18:53	6552:00:00	86,46%
Falla Sistema Estructural	40:06:51	6552:00:00	89,66%
Otros	31:08:19	6552:00:00	92,15%
Falla Sistema Eléctrico	25:26:36	6552:00:00	94,19%
Falla Sistema de Lubricación	20:20:04	6552:00:00	95,81%
Falla Sistema de Transmisión	15:19:08	6552:00:00	97,04%
Falla Neumáticos / Rodados	12:50:36	6552:00:00	98,07%
No Mantencion	12:23:28	6552:00:00	99,06%
Falla Sistema de Frenos	8:10:54	6552:00:00	99,71%
Falta Personal	1:32:04	6552:00:00	99,83%
Falta Repuesto	1:13:14	6552:00:00	99,93%
Lavado Equipo	0:27:28	6552:00:00	99,97%
Traslado Taller	0:24:37	6552:00:00	100,00%
Falla Motor Tracción	0:00:00	6552:00:00	100,00%
Falla Sistema de Aire	0:00:00	6552:00:00	100,00%
Falla Sistema de Dirección	0:00:00	6552:00:00	100,00%
Falla Sistema de Perforación	0:00:00	6552:00:00	100,00%
Total	1250:48:59	6552:00:00	

Tabla 4.3-3: Indisponibilidad de la pala PC 8000, Fuente: Departamento de Mantenimiento Mina, División El Soldado.

Con la información recopilada, se realizó un Diagrama de Pareto, que permitió identificar el 20% de las fallas que están causando el 80% de la indisponibilidad de la Pala PC 8000⁴⁴.

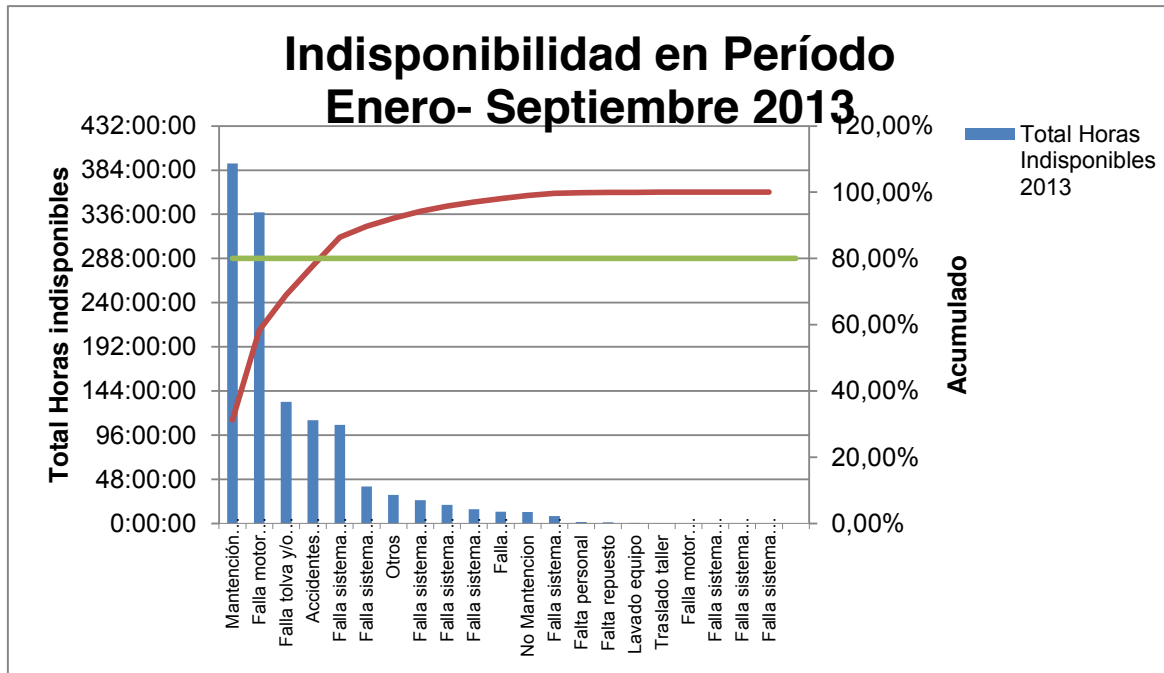


Gráfico 4.3-2: Indisponibilidad Pala PC 8000 entre Enero y Septiembre del 2013.

Como se puede apreciar en la Tabla 4.3-3, el ítem Mantenición Preventiva y el ítem Falla de Motor Diesel son los que generan la mayor cantidad de indisponibilidad de la Pala Komatsu PC 8000. En el caso de la Mantenición Preventiva, ésta se realiza, tal como su nombre lo indica, para prevenir posibles fallas futuras en distintos componentes del equipo. En cambio el segundo ítem es una falla propiamente tal, por lo tanto se ha tomado la decisión de trabajar únicamente con este ítem, investigando cuáles son los parámetros que nos permitirían prevenir una falla del motor diesel, de tal manera de generar correlaciones que permitan pronosticar de manera más certera una posible falla.

Los dos motores diesel instalados en la pala PC 8000 corresponden al modelo QSK 60 de la empresa Cummins.

^{44 44} Fuente: Elaboración Propia.

4.3.2 Motor Cummins QSK 60:

A continuación se muestran las características generales dadas por el fabricante para el motor Cummins QSK 60⁴⁵.

Especificaciones Generales	
Potencia	3000 hp
Peso del motor húmedo	7956 kg [17,540 lb]
Peso del motor seco	7535 kg [16,612 lb]
Sistema de Aceite Lubricante	
Mínima en rpm Nominales	310 kPa [45 psi]
Máxima en rpm Nominales	483 kPa [70 psi]
Mínima en rpm de Ralentí	172 kPa [25 psi]
Temperatura del Aceite Máxima	120°C [248°F]
Sistema de Enfriamiento	
Rango del Termostato de Modulación Estándar	85 a 97°C [185°F a 207°F]
Temperatura Máxima Permisible del Tanque	100°C [212°F]
Temperatura Mínima Recomendada del Tanque	71°C [160°F]

Tabla 4.3-4: Especificaciones generales del Motor Cummins QSK 60.

⁴⁵, Fuente: Empresa Cummins, División El Soldado.

4.3.3 Elección de Parámetros para el análisis de Fallas en Motor Diesel QSK

60:

Los parámetros disponibles para el análisis en el motor diesel QSK 60 se muestran en la siguiente tabla⁴⁶:

Equipo	Signo Vital
Pala 8000 (Motor Diesel)	Presión del Múltiple de Admisión
	Temperatura de Escape del Cilindro 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16
	Presión Diferencial del Filtro de Aceite
	Presión del Aceite del Motor
	Temperatura del Aceite del Motor
	Temperatura del Refrigerante del Motor
	Presión del Refrigerante
	Carga Porcentual
	Velocidad del Motor
	Presión del Riel de Combustible Medida
	Temperatura de Escape del Cilindro 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
	Temperatura de Escape del Cilindro
	Presión del Cáster del Motor
	Temperatura del Múltiple de Admisión
	Índice de Combustible Instantáneo

Tabla 4.3-5: Parámetros del Motor Cummins QSK 60.

Según la experiencia de los analistas del Laboratorio Predictivo, dentro de todos los parámetros mostrados en la Tabla 4.3-5, existen tres que entregan información vital para el análisis de fallas, ya que si superan los límites de control establecidos, pueden causar fallas catastróficas que terminarán en la pérdida del Motor Diesel. Estos tres parámetros son: Presión de Aceite de Motor, Temperatura de Aceite de Motor y Temperatura de Refrigerante de Motor.

⁴⁶ Fuente: Elaboración Propia.

Los analistas han observado que con los tres parámetros anteriores podemos obtener información importantísima que permitirían prevenir de forma efectiva una falla en el motor diesel QSK 60.

La empresa Cummins ha entregado información del segundo semestre de 2013 del comportamiento del motor diesel. Esta información se extrae al final de cada mes. Los datos se extraen cada 5 minutos, habiendo algunos instantes en que la información no se guarda producto de problemas en el hardware de extracción de datos.

La siguiente figura muestra a modo de ejemplo la información entregada por Cummins, cuyo formato fue editado para su análisis. Cabe destacar que los datos se distribuyeron en dos grupos; uno cuando la **“pala está en producción”**, osea que la carga porcentual del motor fluctúa entre 90% y 100% (puede ser mayor a 100% si el equipo está sobrecargado de mineral) y otro cuando la **“pala está improductiva”**, dónde la carga porcentual del motor va entre 0% y 89%. En este último grupo, el motor se encuentra en ralentí.

	A	B	C	D
1	Datos Pala en Producción (Carga Porcentual del Motor Diesel superior a 90%)			
2	Engine Time	Presión del Aceite del Motor (PSI)	Temperatura del Aceite del Motor (F)	Temperatura del Refrigerante del Motor (F)
3	10375:19:21	72,1	168,8	170,6
4	10375:19:21	72,1	168,8	170,6
5	10375:19:22	72,4	168,8	170,6
6	10375:19:22	72,4	168,8	170,6
7	10375:19:25	73,4	168,8	170,6
8	10375:19:25	73,4	168,8	170,6
9	10375:19:26	73,1	168,8	170,6
10	10375:19:26	73,1	168,8	170,6
11	10375:19:28	73,4	168,8	168,8
12	10375:19:28	73,4	168,8	168,8
13	10375:19:29	73,2	168,8	168,8
14	10375:19:29	73,2	168,8	168,8
15	10375:19:32	72,8	168,8	168,8

Figura 4.3-1: Extracto de Hoja de Cálculo Microsoft Excel que muestra los datos de la Pala en Producción.⁴⁷

⁴⁷ Fuente: Elaboración Propia.

	A	B	C	D	E
1	Datos Pala en Producción (Carga Porcentual del Motor Diesel entre 0% y 89%)				
2	Engine Time	Presión del Aceite del Motor (PSI)	Temperatura del Aceite del Motor (F)	Temperatura del Refrigerante del Motor (F)	
3	10375:19:23	72,1	168,8	170,6	
4	10375:19:24	73	168,8	170,6	
5	10375:19:27	72,4	168,8	168,8	
6	10375:19:30	73,2	168,8	168,8	
7	10375:19:31	73,4	168,8	168,8	
8	10375:19:33	72,4	168,8	168,8	
9	10375:19:35	72,5	168,8	168,8	
10	10375:19:36	71,4	168,8	168,8	
11	10375:19:37	72,1	168,8	168,8	
12	10375:19:38	72,4	168,8	168,8	
13	10375:19:40	71,9	170,6	168,8	
14	10375:19:41	71,9	170,6	168,8	
15	10375:19:42	71,8	170,6	168,8	

Figura 4.3-2: Extracto de Hoja de Cálculo Microsoft Excel que muestra los datos de la Pala Improductiva.⁴⁸

4.3.3.1 Detalle de los parámetros escogidos:

- **Carga Porcentual:** Muestra la carga a la que es sometida el equipo. Si la carga porcentual está entre 0 y 89%, el equipo se encuentra en ralentí, eso quiere decir que la pala está encendida, pero no está trabajando. En cambio, si su carga porcentual va entre 90 y 100%, la pala está en producción y el motor diesel está en su máximo funcionamiento. Solo se ocupó para agrupar los datos en “pala en producción” y “pala improductiva”.
- **Horómetro (Engine Time. Unidad de Medida en Horas):** Muestra el tiempo que el motor lleva instalado y trabajando en la pala. El motor QSK 60 tiene, según fabricante, un horómetro promedio de 15.000 horas productivas.

⁴⁸ Fuente: Elaboración Propia.

- **Presión de Aceite del Motor (Unidad de Medida en PSI):** La alta presión no es tan recurrente, pero cuando ocurre se debe principalmente a traspaso interno de combustible al aceite. Esto genera la pérdida de las propiedades del aceite, principalmente la destrucción del paquete de aditivos. Por otro lado si hay baja presión se debe principalmente a la falla de la bomba de aceite, a los reguladores de presión o en escasas oportunidades, a fugas. La baja presión genera una mala lubricación del motor, que puede tener como resultado una falla catastrófica.
- **Temperatura de Aceite de Motor (Unidad de Medida en Fahrenheit):** La alta temperatura del aceite se genera principalmente por fallas del enfriador de aceite presente en el motor o por fallas en el sistema de refrigeración del motor (Ventilador FAN). Esto puede generar la pérdida de propiedades físicas (viscosidad) y químicas (aditivos) del aceite, ya que está fabricado para trabajar en ciertos rangos de temperatura.
- **Temperatura de Refrigerante de Motor (Unidad de Medida en Fahrenheit):** La temperatura de aceite y la temperatura de refrigerante están estrechamente ligadas una de la otra. Una alta temperatura de refrigerante conlleva a una alta temperatura de aceite.

4.3.4 CEP de los Parámetros:

4.3.4.1 Cálculo de Límites de Control:

Los límites de control son de vital importancia en el proceso de toma de decisiones. Gracias a su cálculo se refleja de manera más sencilla cuando un proceso se encuentra bajo control o fuera de éste.

En el caso del monitoreo de signos vitales, los límites de control permiten observar en tiempo real como se está comportando el parámetro seleccionado y tomar decisiones relacionadas a la mantención o no del componente.

Con los datos entregados por la empresa Cummins, que son los encargados de la fabricación del motor y además prestan servicio técnico del mismo; se realizó un control estadístico de los parámetros, propicio para calcular límites de control a cada uno de estos. Pero antes, analizó el tipo de distribución que tienen los datos entregados, mediante aplicaciones estadísticas.

4.3.4.2 Búsqueda de Distribución en Datos de Pala en Producción:

Prueba para Distribución Normal en datos de Presión de Aceite de Motor en Producción:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Presión de Aceite de Motor en Producción. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

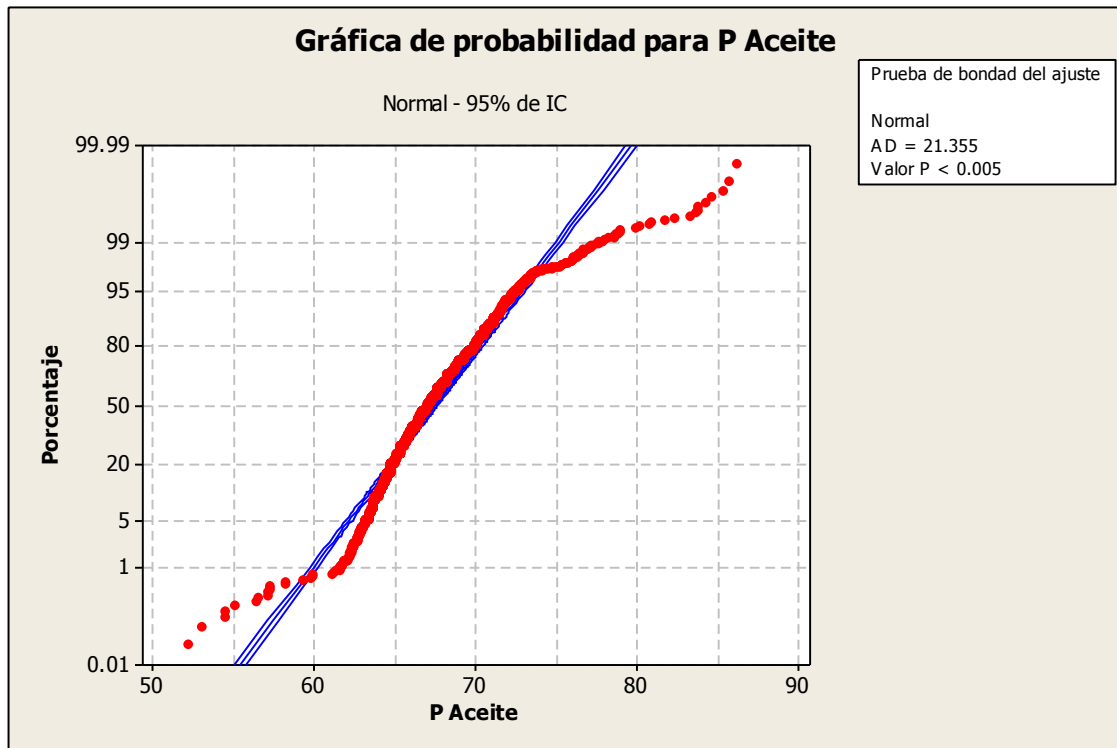


Gráfico 4.3-3: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción⁴⁹.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-3, los datos de Presión de Aceite de Motor en Producción se comportan casi de forma normal para un intervalo de confianza de 95%. Existen algunos puntos que se encuentran por fuera de los límites establecidos, lo que indica que el proceso está fuera de control.

Para corroborar la normalidad de los datos, se construyó un histograma para ver si los datos forman una Campana de Gauss.

⁴⁹ Fuente: Elaboración Propia.

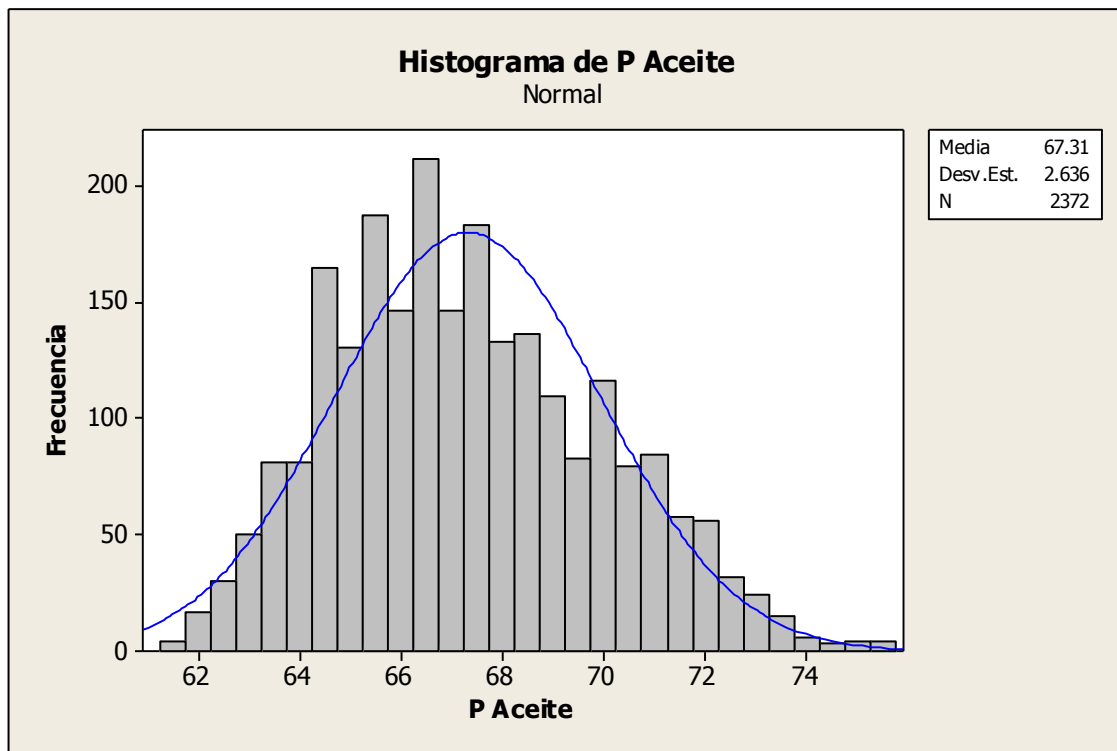


Gráfico 4.3-4: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción⁵⁰.

Al observar el histograma se corrobora la normalidad de los datos para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción.

⁵⁰ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba para Distribución Normal en datos de Temperatura de Aceite de Motor en Producción:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Temperatura de Aceite de Motor en Producción. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

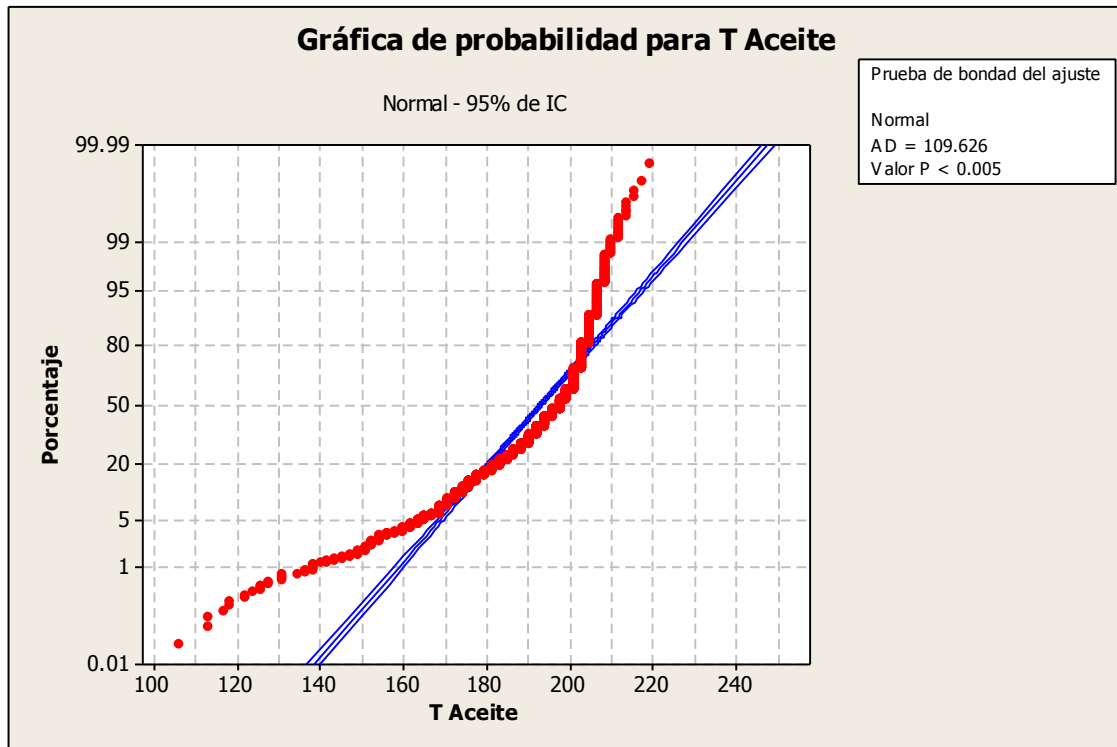


Gráfico 4.3-5: Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción⁵¹.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-5, los datos de Temperatura de Aceite de Motor en Producción no se comportan normalmente, debido a que más de la mitad de los datos no se encuentran dentro de los límites de control establecidos para un intervalo de confianza de 95%. Por lo tanto, es necesario, mediante otra herramienta, lograr “normalizar” los datos, para que éstos se comporten lo más cercano a una distribución normal. Para realizar esta acción, se ocupó nuevamente el software Minitab, realizando una Transformación de Box- Cox a los datos para inducir normalidad.

⁵¹ Fuente: Elaboración Propia.

En los siguientes gráficos se compara la distribución actual de los datos y la nueva distribución de los mismos, ocupando Transformación de Box- Cox.

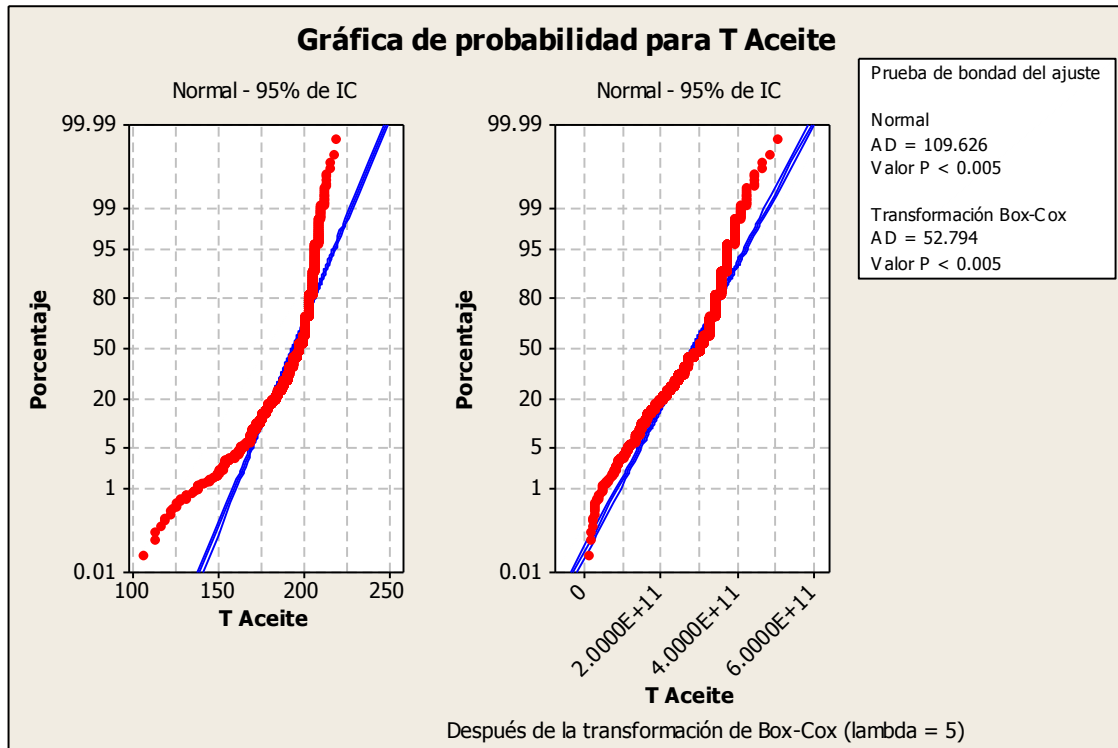


Gráfico 4.3-6: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox⁵².

Como muestra el Gráfico 4.3-6 el valor lambda por el cual se debe elevar los datos de Temperatura de Aceite de Motor en Producción con el fin de que se comporten dentro de una distribución normal, es 5. El valor positivo anterior indica que la mayor frecuencia de los datos actuales tienden a ubicarse al lado derecho de la media.

⁵² Fuente: Elaboración Propia.

Se sabe que los datos que se comportan dentro de una Distribución Normal deben generar una Campana de Gauss. Por lo tanto, mediante el método de Histogramas se confirmará que los datos entregados por la Transformación de Box- Cox corresponden a una distribución normal:

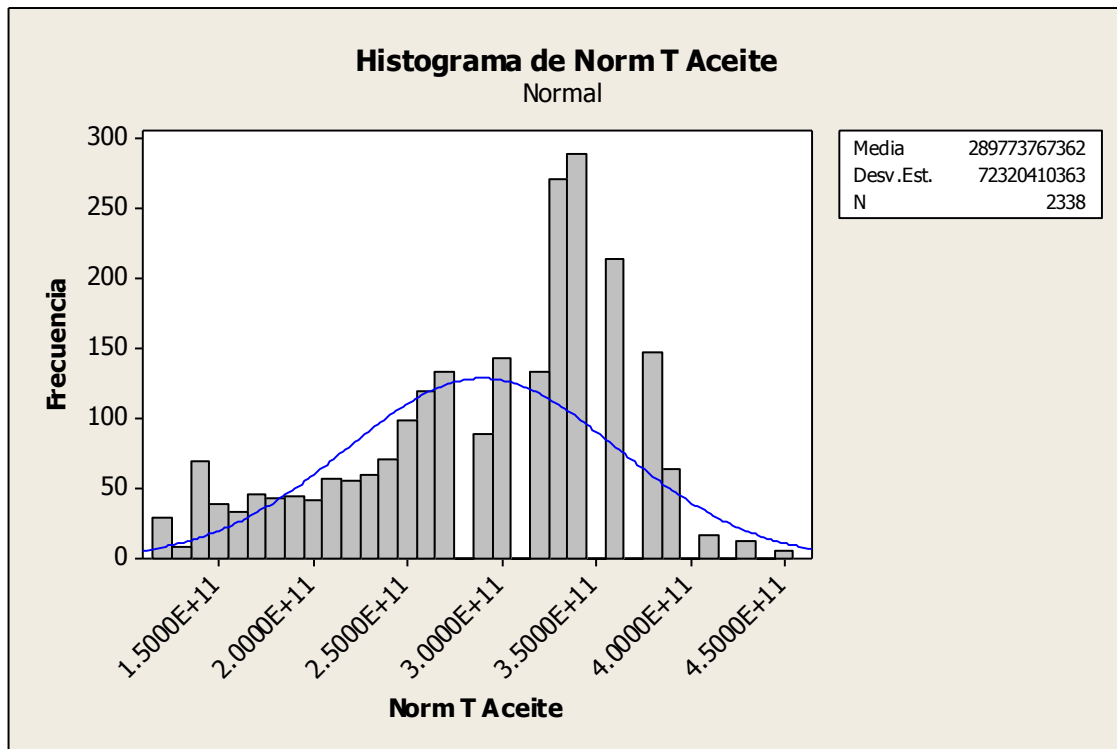


Gráfico 4.3-7: Histograma de Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción con datos normalizados⁵³.

Al observar el gráfico 4.3-7 se confirma la normalidad de los datos.

⁵³ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba para Distribución Normal en datos de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

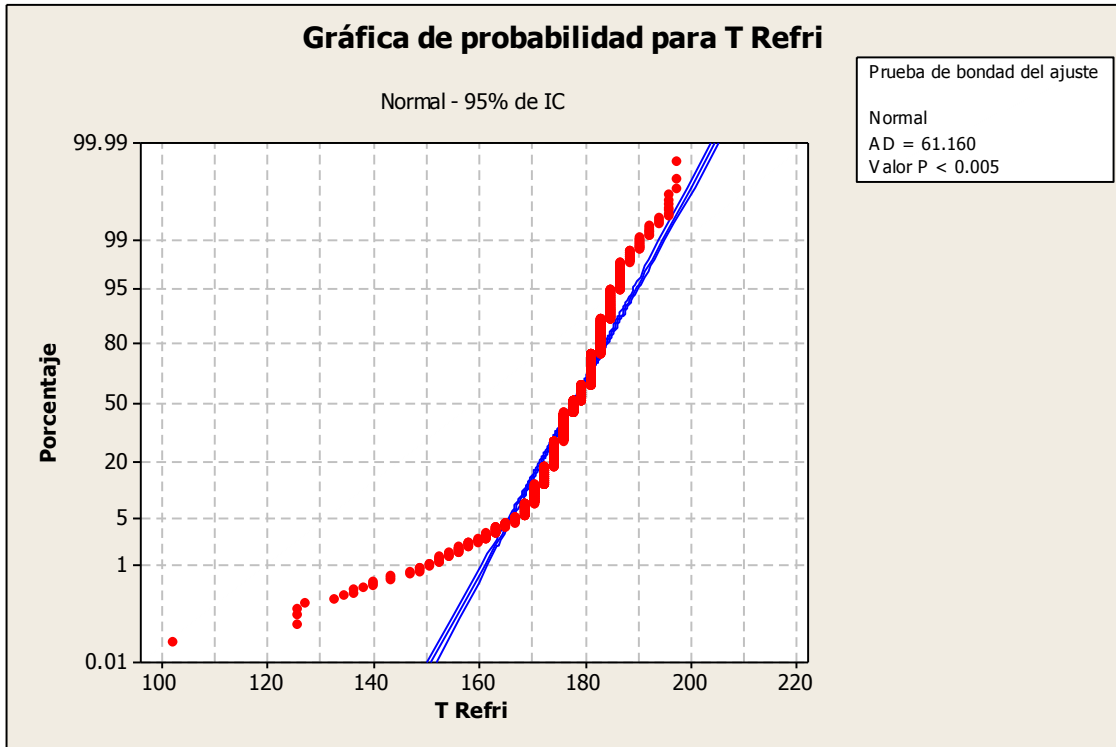


Gráfico 4.3-8: Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción⁵⁴.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-8, los datos de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción no se comportan normalmente, debido a que más de la mitad de los datos no se encuentran dentro de los límites de control establecidos para un intervalo de confianza de 95%. Por lo tanto, es necesario, mediante otra herramienta, lograr “normalizar” los datos, para que éstos se comporten lo más cercano a una distribución normal. Para realizar esta acción, se ocupó nuevamente el software Minitab, realizando una Transformación de Box- Cox a los datos para inducir normalidad.

⁵⁴ Fuente: Elaboración Propia.

En los siguientes gráficos se compara la distribución actual de los datos y la nueva distribución de los mismos, ocupando Transformación de Box- Cox.

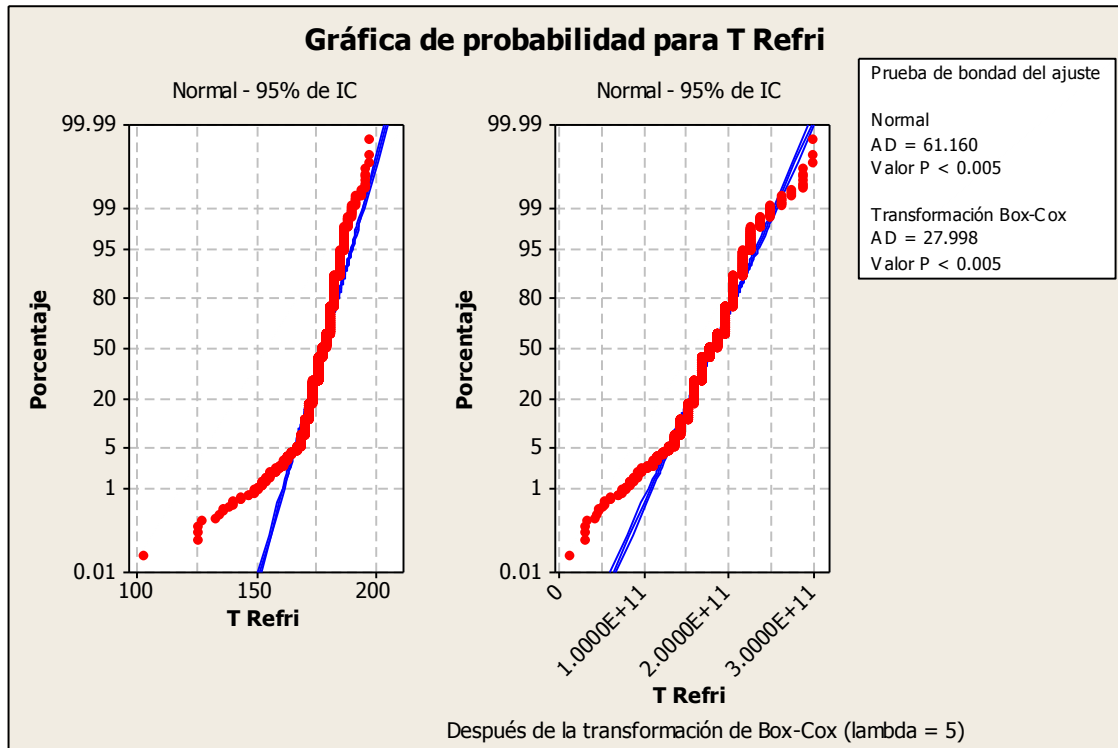


Gráfico 4.3-9: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox⁵⁵.

Como muestra el Gráfico 4.3-9 el valor lambda por el cual se debe elevar los datos de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción con el fin de que se comporten dentro de una distribución normal, es 5. El valor positivo anterior indica que la mayor frecuencia de los datos actuales tienden a ubicarse al lado derecho de la media.

⁵⁵ Fuente: Elaboración Propia.

Se sabe que los datos que se comportan dentro de una Distribución Normal deben generar una Campana de Gauss. Por lo tanto, mediante el método de Histogramas se confirmará que los datos entregados por la Transformación de Box- Cox corresponden a una distribución normal:

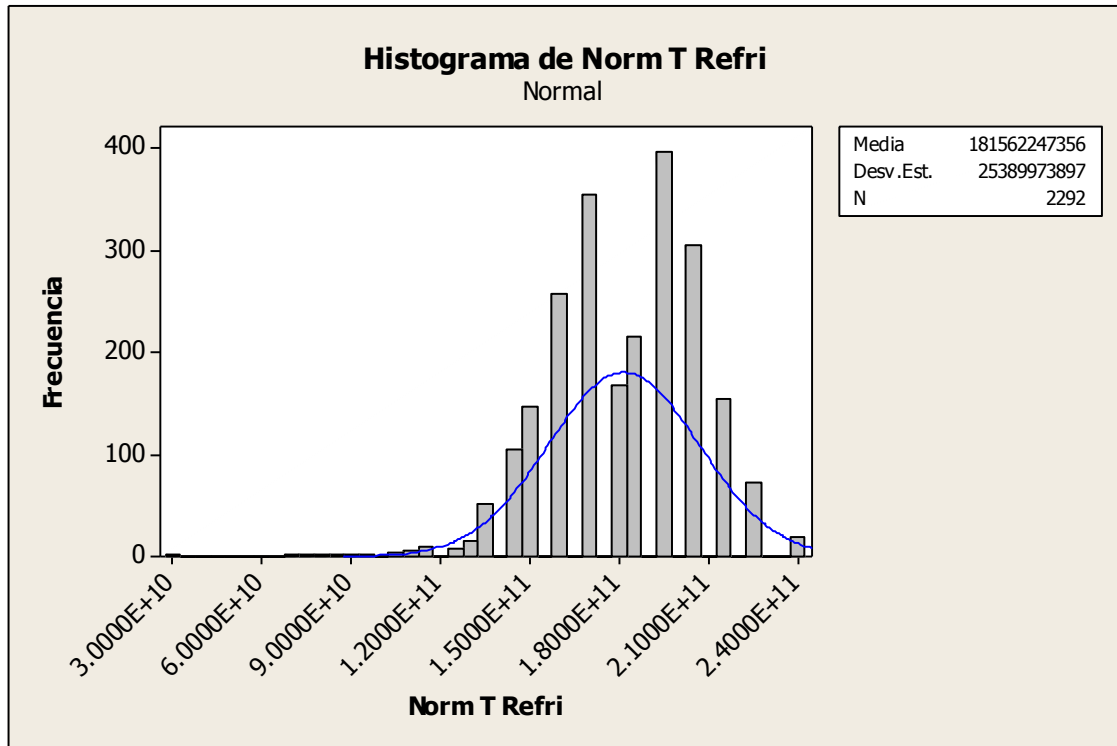


Gráfico 4.3-10: Histograma de Temperatura de Aceite de Refrigerante para Pala en Producción con datos normalizados⁵⁶.

Al observar el gráfico 4.3-10 se confirma la normalidad de los datos.

⁵⁶ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba para Distribución Normal en datos de Presión de Aceite de Motor en Pala Improductiva:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Presión de Aceite de Motor Improductivo. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

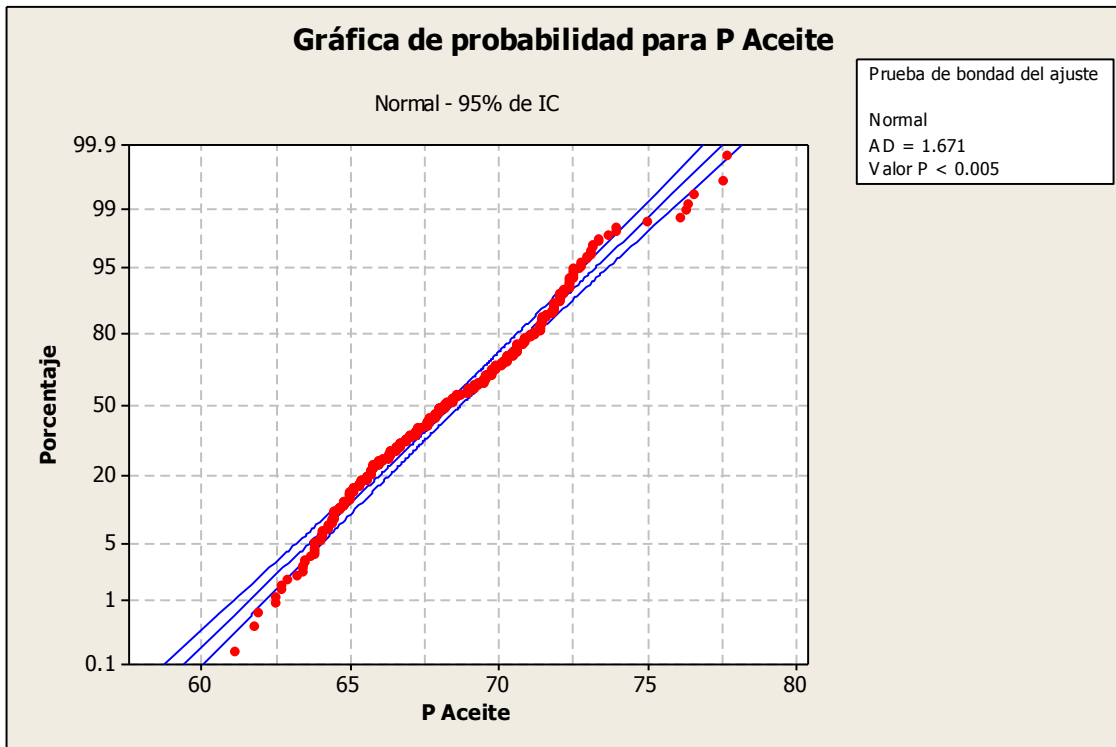


Gráfico 4.3-11: Probabilidad para Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva⁵⁷.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-11, los datos de Presión de Aceite de Motor en Producción se comportan casi de forma normal para un intervalo de confianza de 95%. Existen algunos puntos que se encuentran por fuera de los límites establecidos, lo que indica que el proceso está fuera de control.

⁵⁷ Fuente: Elaboración Propia.

Para corroborar la normalidad de los datos, se construyó un histograma para ver si los datos forman una Campana de Gauss.

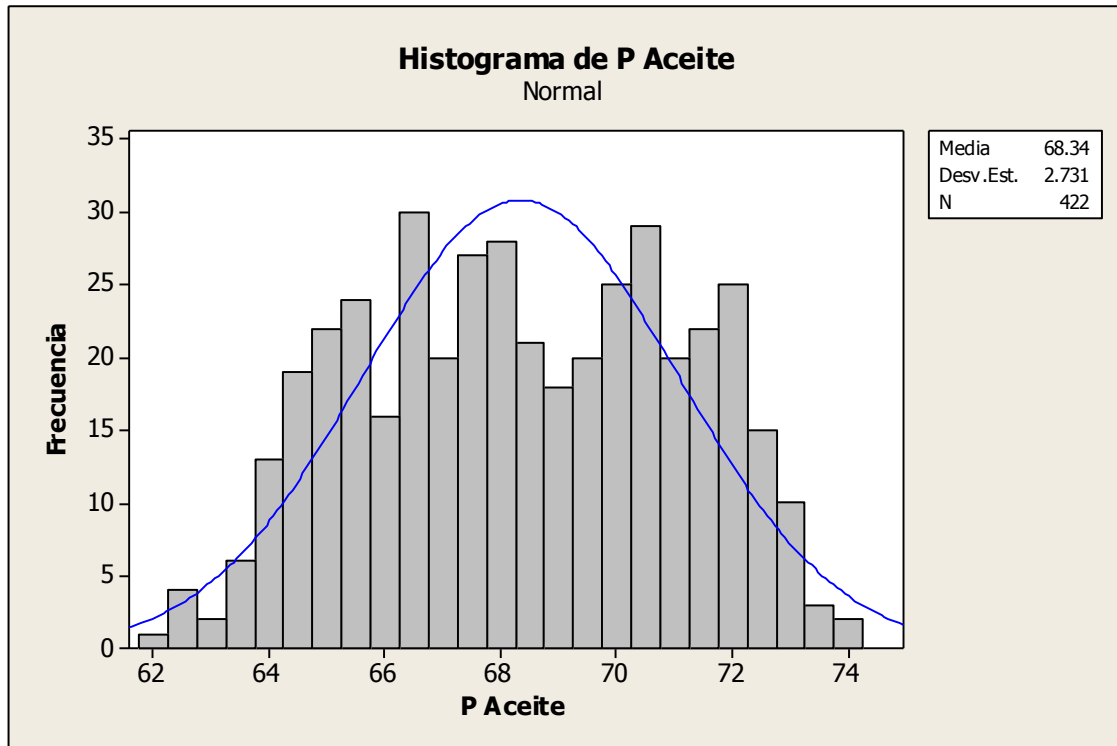


Gráfico 4.3-12: Histograma de Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva⁵⁸.

Al observar el histograma se corrobora la normalidad de los datos para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción.

⁵⁸ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba para Distribución Normal en datos de Temperatura de Aceite de Motor en Pala Improductiva:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Temperatura de Aceite de Motor Improductivo. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

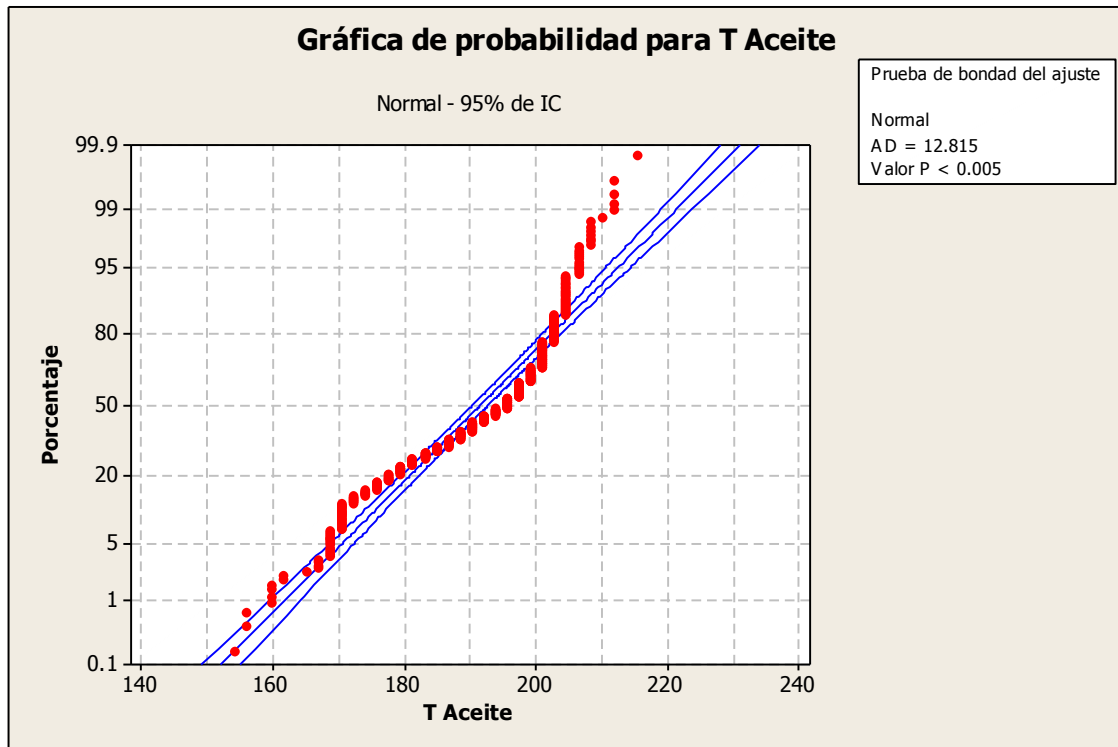


Gráfico 4.3-13: Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva⁵⁹.

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-13, los datos de Temperatura de Aceite de Motor Improductivo no se comportan normalmente, debido a que más de la mitad de los datos no se encuentran dentro de los límites de control establecidos para un intervalo de confianza de 95%. Por lo tanto, es necesario, mediante otra herramienta, lograr “normalizar” los datos, para que éstos se comporten lo más cercano a una distribución normal. Para realizar esta acción, se ocupó nuevamente el software Minitab, realizando una Transformación de Box- Cox a los datos para inducir normalidad.

⁵⁹ Fuente: Elaboración Propia.

En los siguientes gráficos se compara la distribución actual de los datos y la nueva distribución de los mismos, ocupando Transformación de Box- Cox.

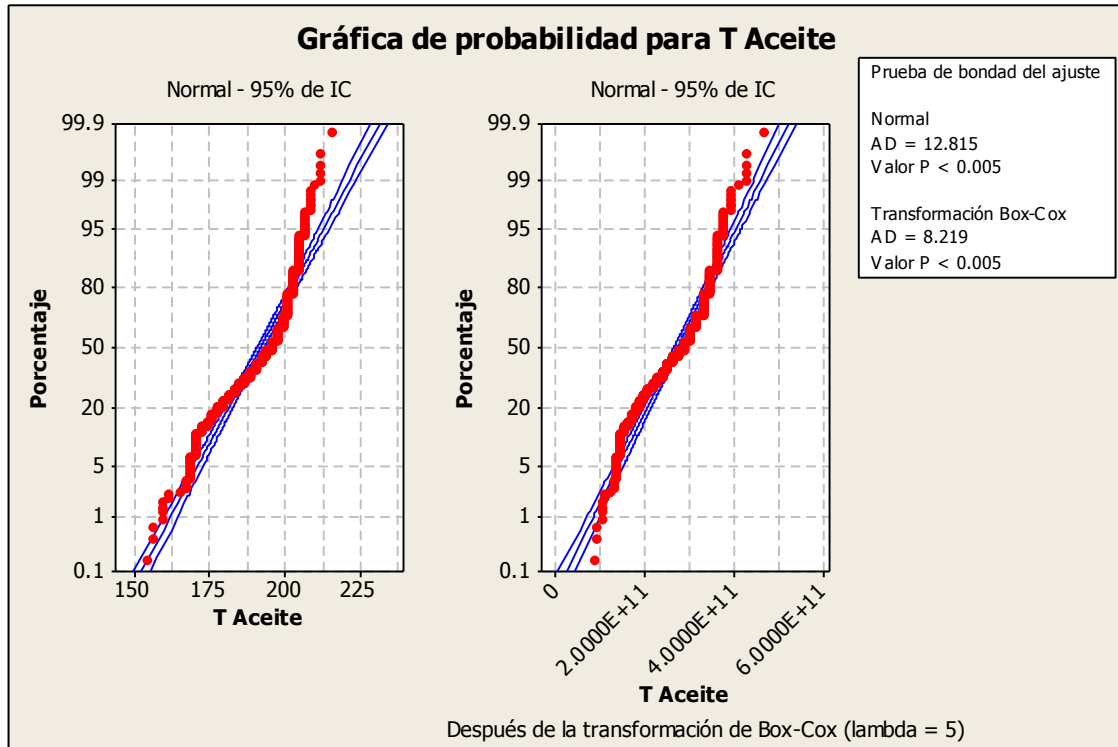


Gráfico 4.3-14: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox⁶⁰.

Como muestra el Gráfico 4.3-14 el valor lambda por el cual se debe elevar los datos de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción con el fin de que se comporten dentro de una distribución normal, es 5. El valor positivo anterior indica que la mayor frecuencia de los datos actuales tienden a ubicarse al lado derecho de la media.

⁶⁰ Fuente: Elaboración Propia.

Se sabe que los datos que se comportan dentro de una Distribución Normal deben generar una Campana de Gauss. Por lo tanto, mediante el método de Histogramas se confirmará que los datos entregados por la Transformación de Box- Cox corresponden a una distribución normal:

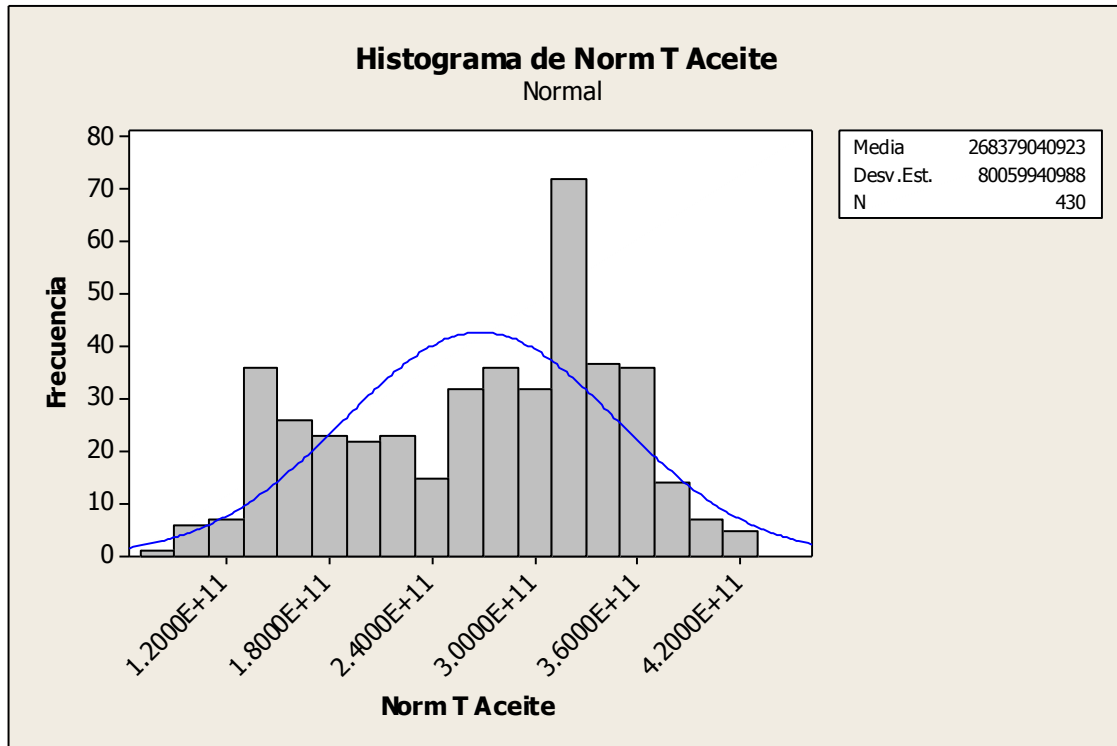


Gráfico 4.3-15: Histograma para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva⁶¹.

Al observar el gráfico 4.3-15 se corrobora la normalidad de los datos.

⁶¹ Fuente: Elaboración Propia.

Prueba para Distribución Normal en datos de Temperatura de Refrigerante de Motor:

Mediante el software Minitab, se realizó una prueba para comprobar la distribución normal de los datos disponibles de Temperatura de Refrigerante de Motor Improductivo. El siguiente gráfico muestra los resultados de esa prueba.

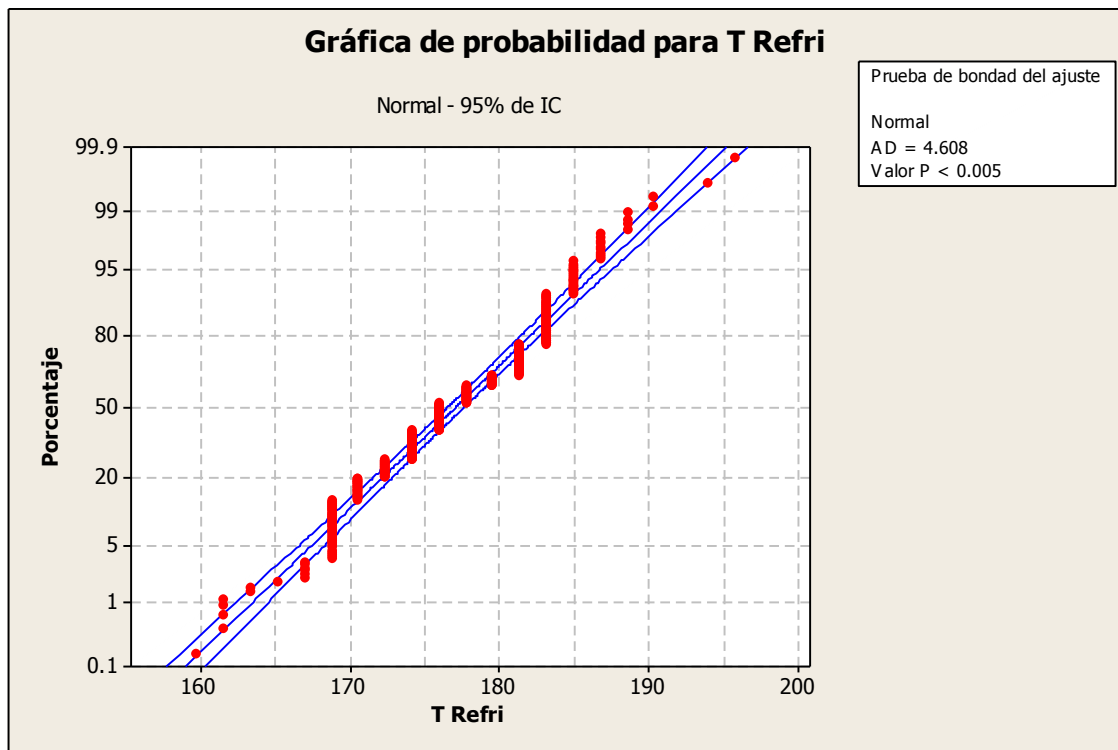


Gráfico 4.3-16: Probabilidad de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva⁶².

Como se puede apreciar en el gráfico 4.3-16, los datos de Temperatura de Refrigerante de Motor Improductivo no se comportan normalmente, debido a que más de la mitad de los datos no se encuentran dentro de los límites de control establecidos para un intervalo de confianza de 95%. Por lo tanto, es necesario, mediante otra herramienta, lograr “normalizar” los datos, para que éstos se comporten lo más cercano a una distribución normal. Para realizar esta acción, se ocupó nuevamente el software Minitab, realizando una Transformación de Box- Cox a los datos para inducir normalidad.

⁶² Fuente: Elaboración Propia.

En los siguientes gráficos se compara la distribución actual de los datos y la nueva distribución de los mismos, ocupando Transformación de Box- Cox.

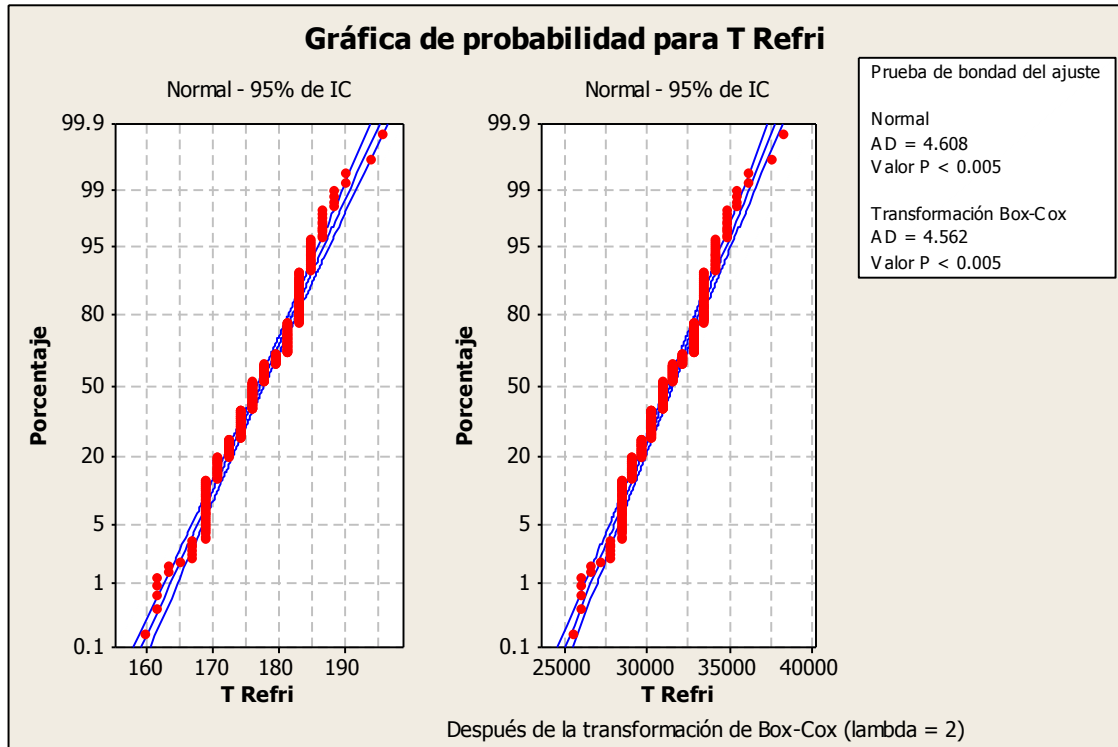


Gráfico 4.3-17: Comparativa Probabilidad para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva, datos reales y datos normalizados mediante Transformación Box Cox⁶³.

Como muestra el Gráfico 4.3-17 el valor lambda por el cual se debe elevar los datos de Temperatura de Refrigerante de Motor en Producción con el fin de que se comporten dentro de una distribución normal, es 5. El valor positivo anterior indica que la mayor frecuencia de los datos actuales tienden a ubicarse al lado derecho de la media.

⁶³ Fuente: Elaboración Propia.

Se sabe que los datos que se comportan dentro de una Distribución Normal deben generar una Campana de Gauss. Por lo tanto, mediante el método de Histogramas se confirmará que los datos entregados por la Transformación de Box- Cox corresponden a una distribución normal.

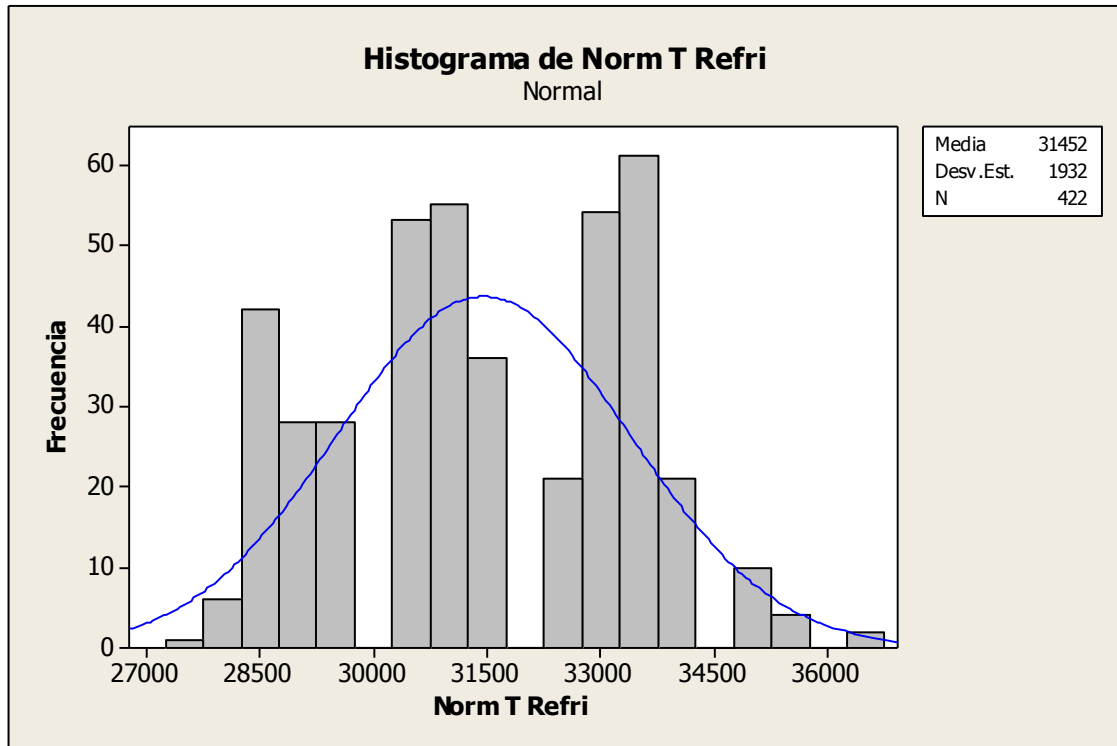


Gráfico 4.3-18: Histograma de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva⁶⁴.

Al observar el gráfico 4.3-18 se observa la normalidad de los datos.

⁶⁴ Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4.3 Historial de Fallas y Comportamiento de los Parámetros:

A continuación se muestra el historial de fallas del Motor Diesel de la Pala PC 8000 desde Junio a Diciembre de 2013, con el respectivo horómetro, que muestra el instante en que las fallas se produjeron.

Fecha	Hora Inicio de Falla (H:M:S)	Hora Termino de Falla (H:M:S)	Duración (H:M:S)	Razón	Comentarios	Horómetro (Hrs)
02-jun-2013	19:13:00	20:18:45	01:05:45	FALLA MOTOR DIESEL	FALTA DE ACEITE MOTOR	10269
15-jun-2013	04:01:00	10:26:04	06:25:04	FALLA MOTOR DIESEL	SE DETIENEN MOTORES	10506
28-jun-2013	10:04:19	10:25:47	00:21:28	FALLA MOTOR DIESEL	SIN PARTIDA MOTORES	10643
17-jul-2013	17:36:08	18:27:31	00:51:23	FALLA MOTOR DIESEL	SIN PARTIDA	11032
30-jul-2013	22:26:08	00:09:38	01:43:30	FALLA MOTOR DIESEL	BAJAS RPM MOTOR	11308
31-jul-2013	02:47:59	04:51:41	02:03:42	FALLA MOTOR DIESEL	BAJAS RPM MOTOR	11308
	06:20:18	13:00:00	06:39:42	FALLA MOTOR DIESEL	BAJAS RPM MOTOR	11308
01-ago-2013	02:03:57	03:48:28	01:44:31	FALLA MOTOR DIESEL	BAJA RPM MOTOR	11308
	08:00:00	16:30:00	08:30:00	FALLA MOTOR DIESEL	BAJA RPM MOTOR	11308
	17:30:00	00:00:00	06:30:00	FALLA MOTOR DIESEL	BAJA RPM MOTOR	11308
	14:56:49	15:18:16	00:21:27	FALLA MOTOR DIESEL	SE DETIENE MOTOR	11308
	15:36:18	16:12:27	00:36:09	FALLA MOTOR DIESEL	SE DETIENE MOTOR	11308

	06:45:00	06:57:49	00:12:49	FALLA MOTOR DIESEL	SE DETIENE MOTOR	11308
26-sep-2013	05:13:19	08:00:00	02:46:41	FALLA MOTOR DIESEL	SE DETIENE MOTOR	12265
16-oct-2013	13:45:00	15:48:13	02:03:13	FALLA MOTOR DIESEL	BAJO NIVEL ACEITE MOTOR	12630
	01:26:37	03:26:01	01:59:24	FALLA MOTOR DIESEL	SIN PARTIDA MOTOR	12630

Tabla 4.3-6: Historial de fallas del motor diesel de la Pala PC 8000⁶⁵.

4.3.4.4 Gráficas de Control para el cálculo de Límites de Control:

Para realizar gráficas de control que permitan visualizar de mejor manera las tendencias de cada parámetro, se ocupó el Método de Gráficas para Muestras Unitarias.

A continuación, se calculó los límites de control para cada parámetro con el software Minitab, según la Ecuación 3.10-1 para Gráficos de muestras Unitarias (I-MR), con los nuevos datos entregados en el proceso de transformación Box-Cox, según corresponda.

Al calcular los límites y hacer sus respectivos gráficos de control, muchos puntos se encuentran por fuera de éstos, pero al comparar los datos entregados en la Tabla 4.3-6 y el horómetro de los gráficos de Anexo 5, se concluye que los puntos por fuera de los límites corresponden a causas asignables, porque ninguno coincide con el horómetro de las fallas que se han producido. Por lo tanto, para mejorar el estudio, estas causas asignables se extraen de los datos actuales y se procede a calcular nuevamente los límites de control con los nuevos datos.

⁶⁵ Fuente: Elaboración Propia.

Gráficas para Pala en Producción:

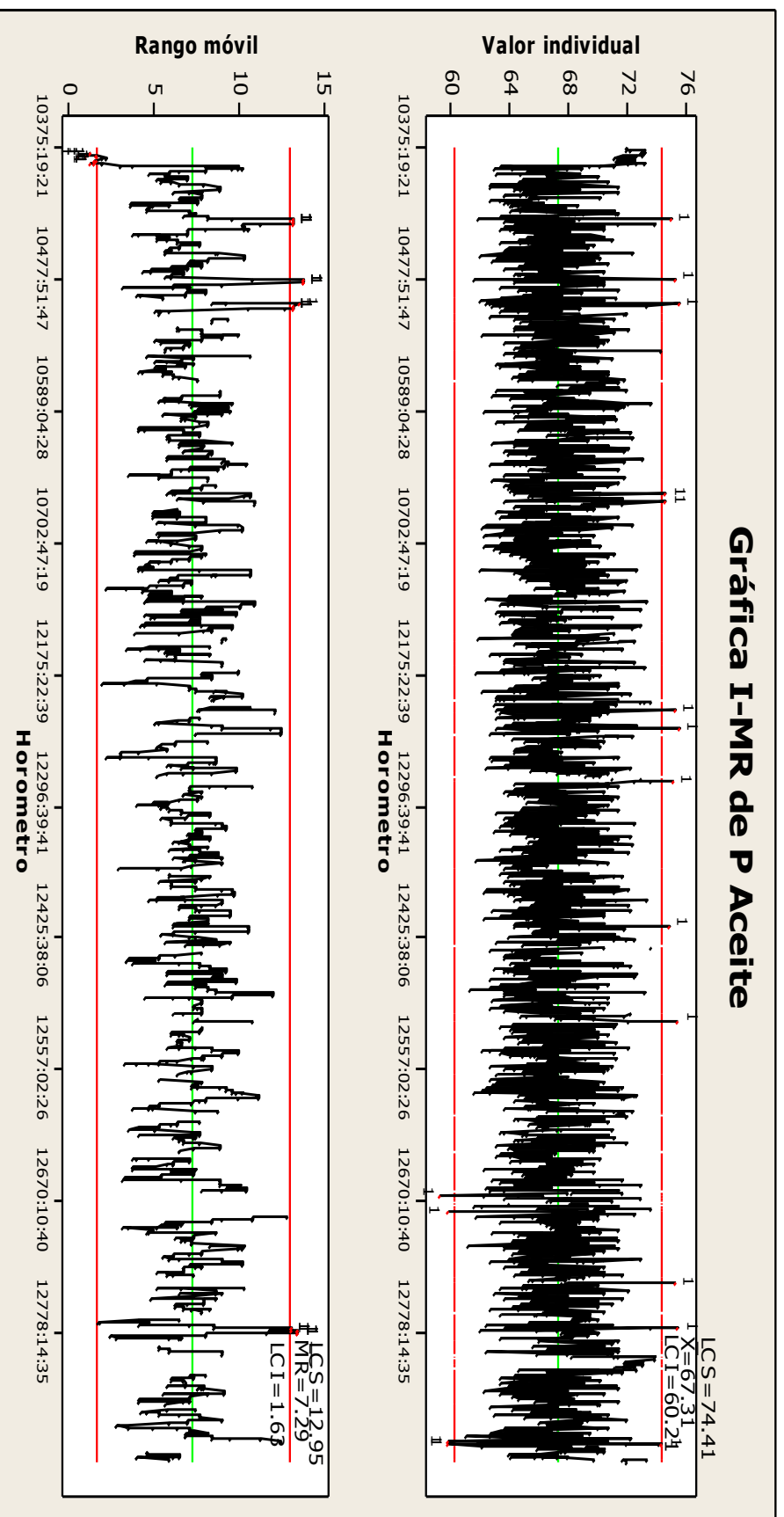


Gráfico 4.3-19: Gráfica I-MR para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción⁶⁶.

⁶⁶ Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica I-MR de Norm T Aceite

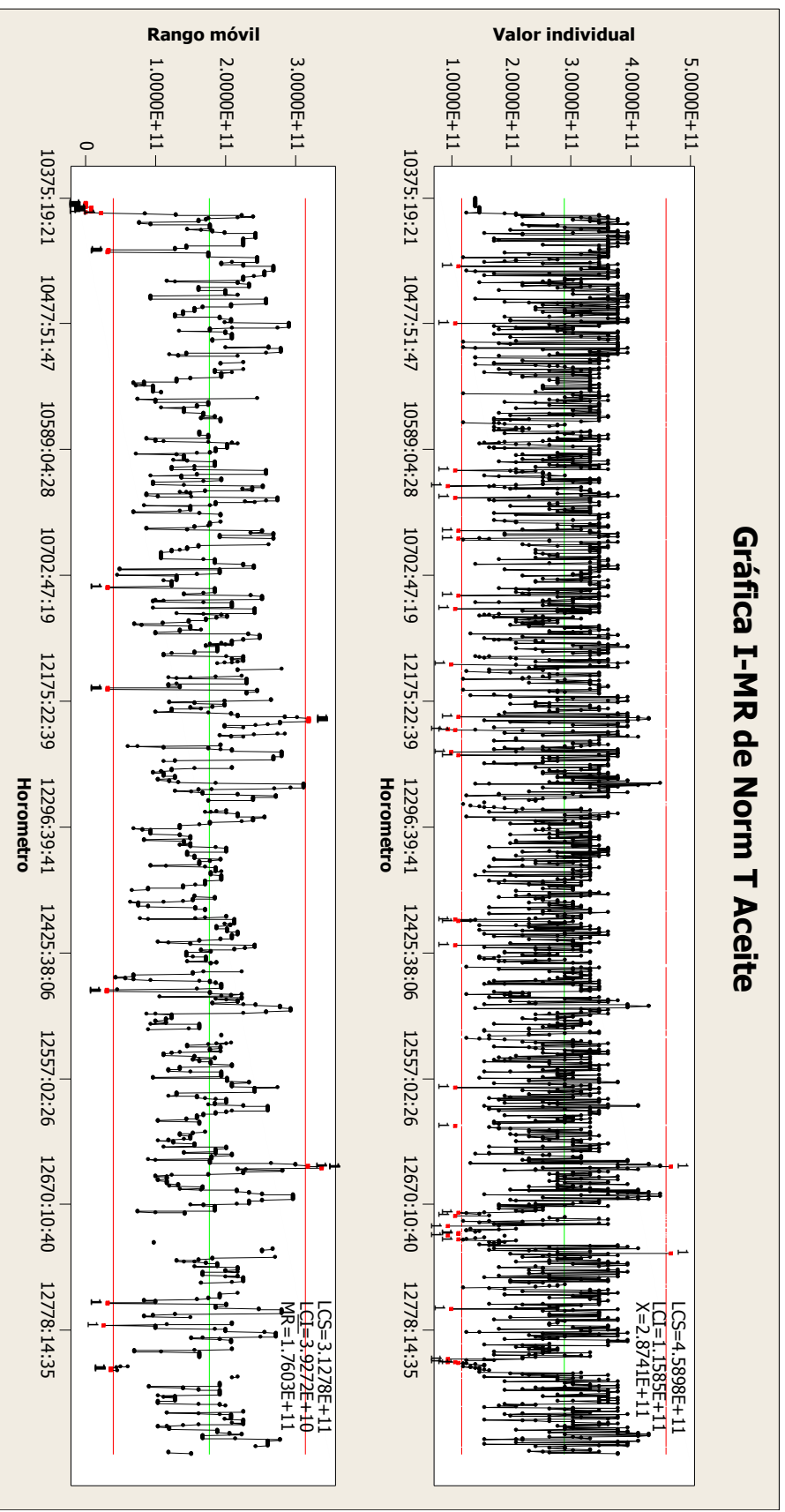


Gráfico 4.3-20: Gráfica I-MR para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción⁶⁷.

⁶⁷ Fuente: Elaboración Propia.

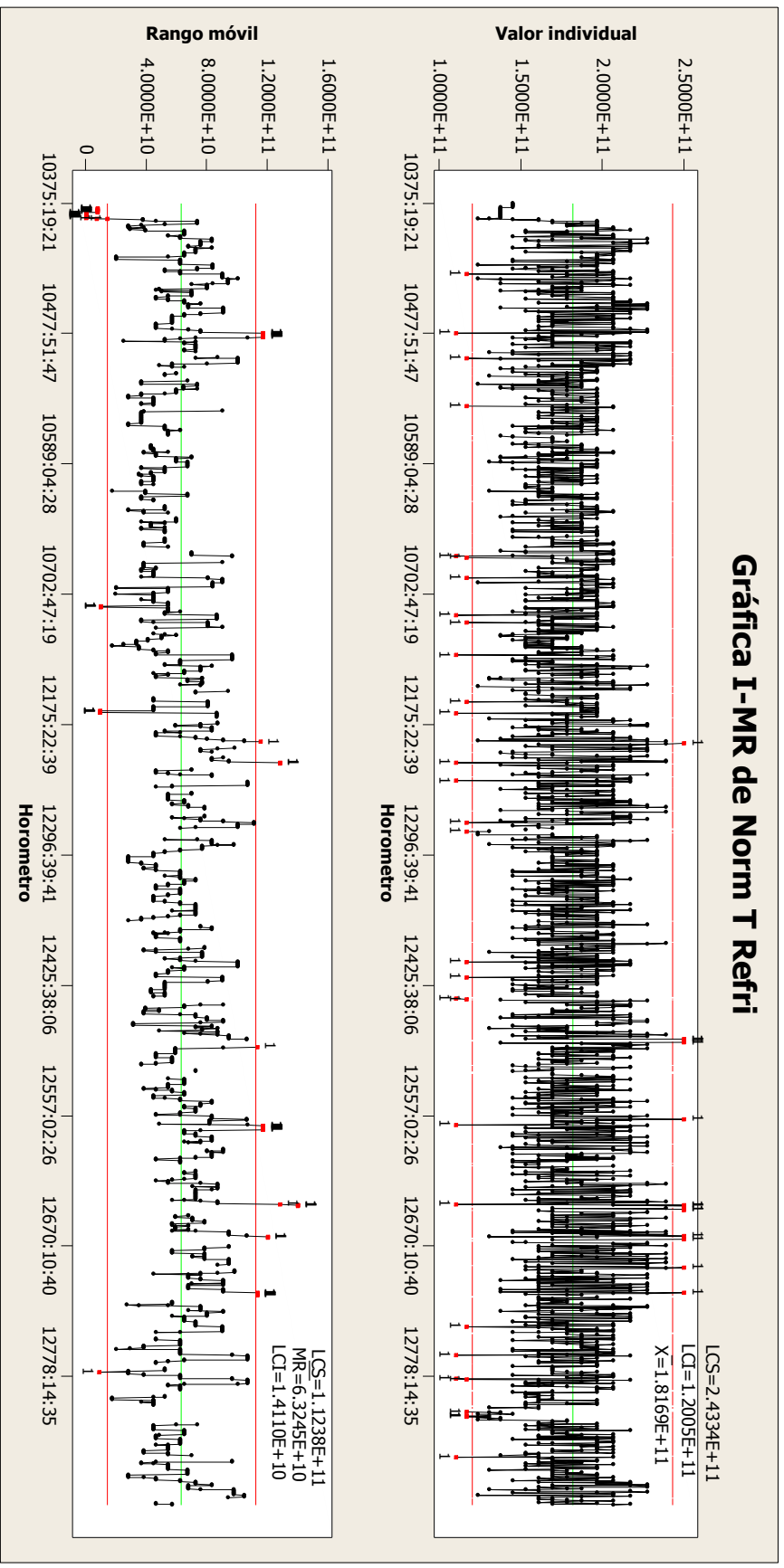


Gráfico 4.3-21: Gráfica I-MR para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción⁶⁸

Gráficas para Pala Improductiva:

⁶⁸ Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica I-MR de Norm P Aceite

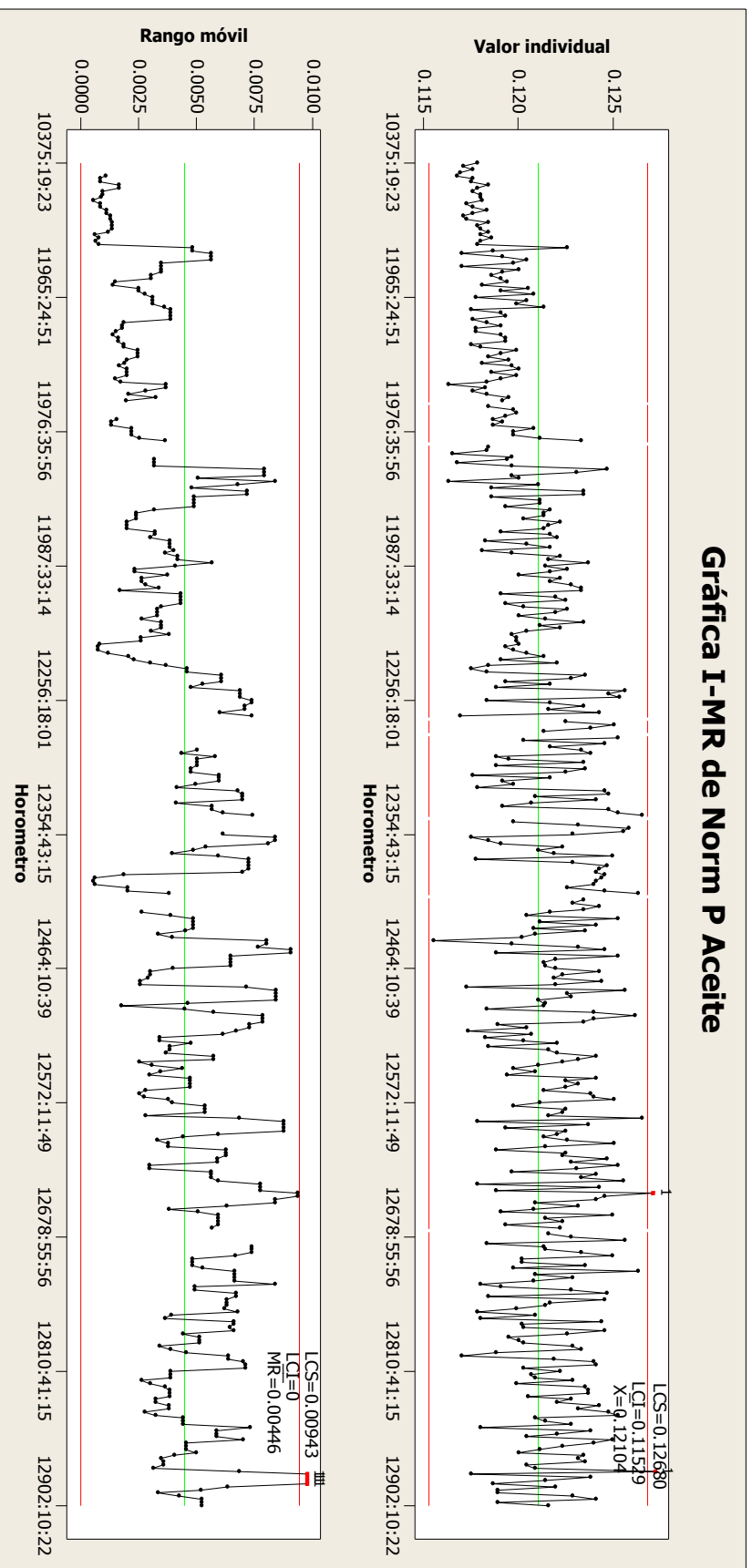


Gráfico 4.3-22: Gráfica I-MR para Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva⁶⁹.

⁶⁹ Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica I-MR de Norm T Aceite

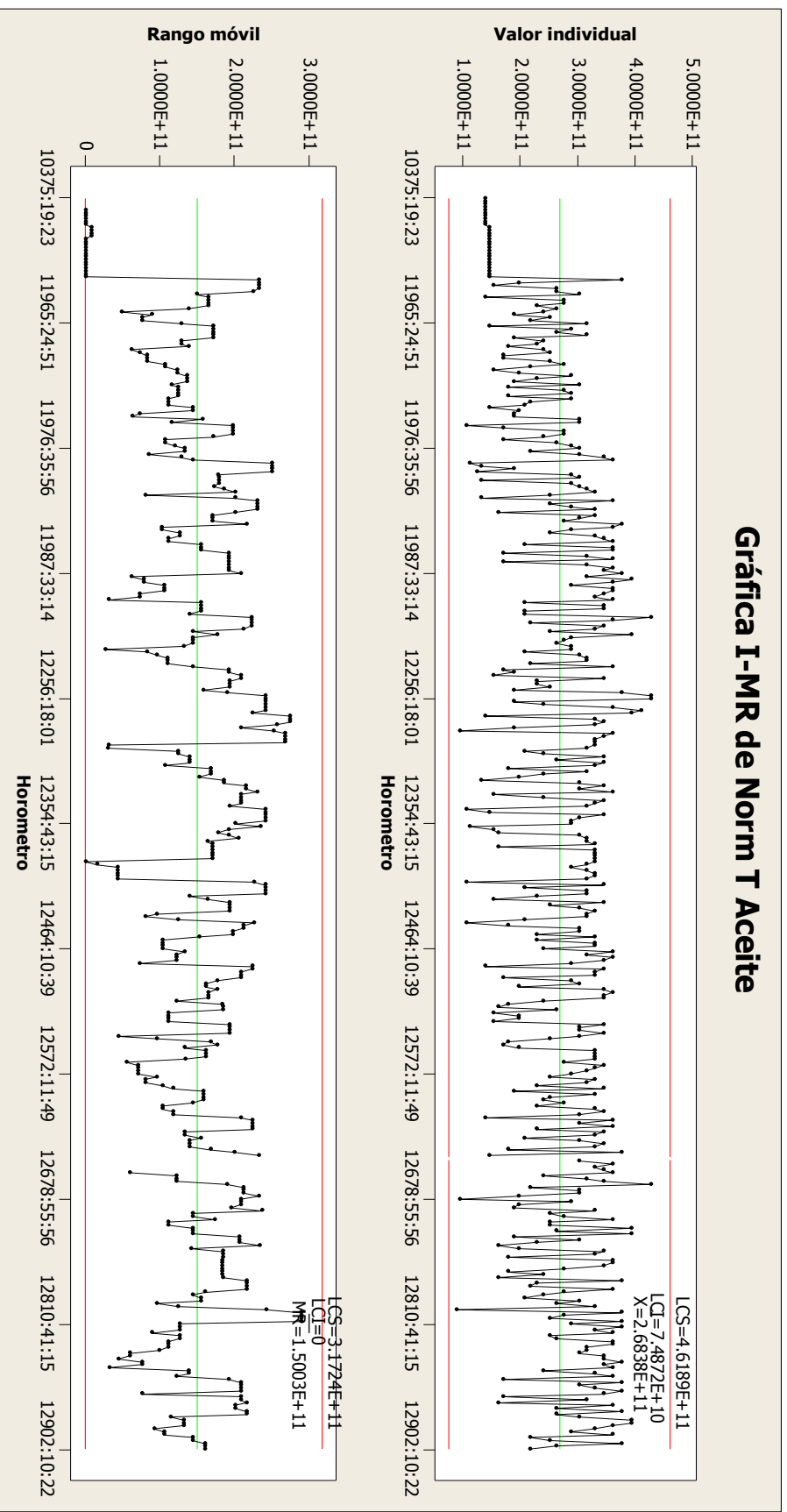


Gráfico 4.3-23: Gráfica I-MR para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva ⁷⁰.

⁷⁰ Fuente: Elaboración Propia.

Gráfica I-MR de Norm T Refri

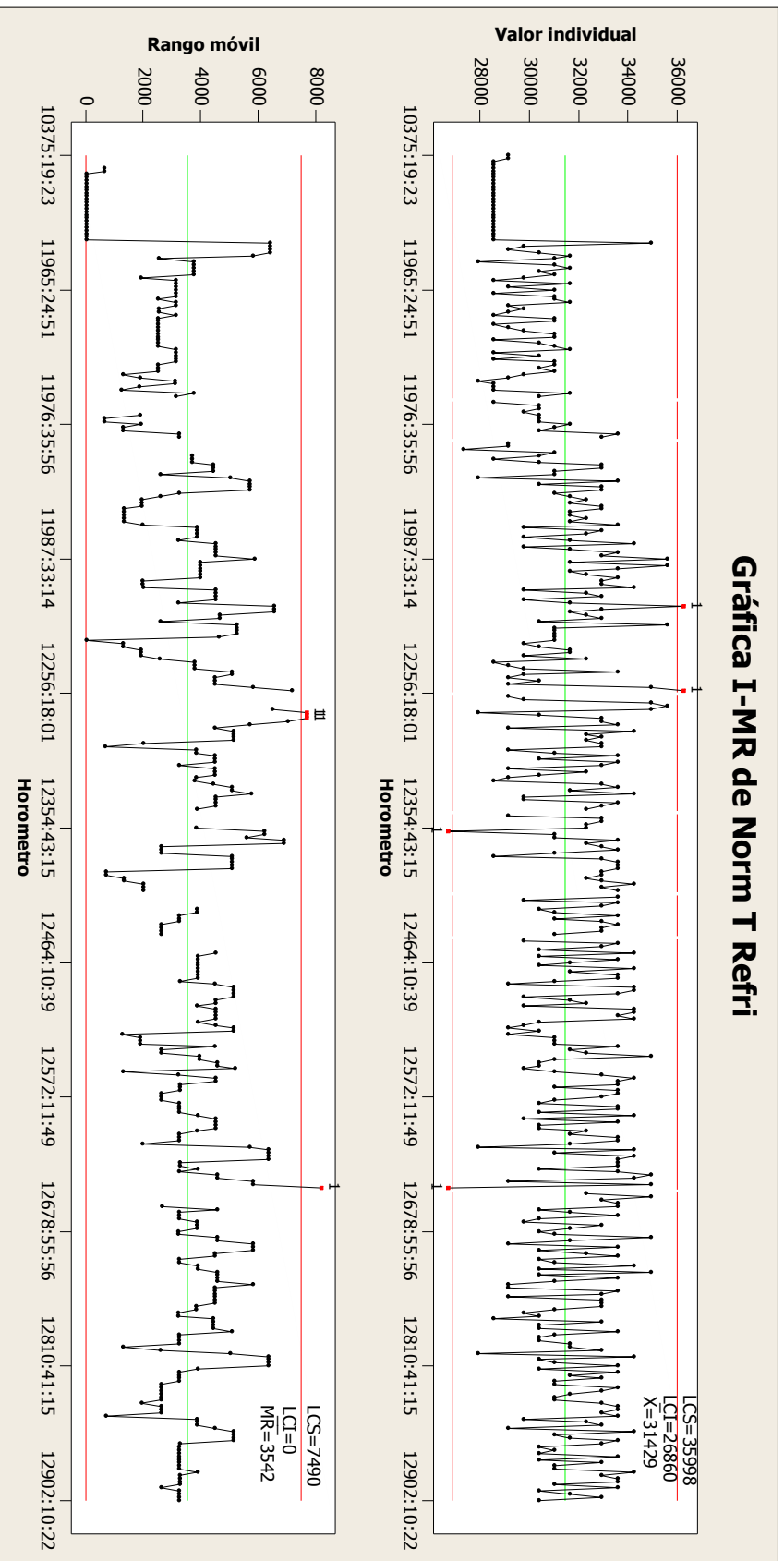


Gráfico 4.3-24: Gráfica I-MR para Temperatura del Refrigerante para Pala Improductiva⁷¹.

⁷¹ Fuente: Elaboración Propia.

Para los gráficos anteriores, se consideraron las muestras individuales y además otro gráfico para Rangos Móviles de subgrupos de diez datos y subgrupos de cinco datos para “Pala en Producción” y “Pala Improductiva” respectivamente, para poder observar de mejor manera las tendencias de los datos.

El resumen de los límites de control resultantes en cada gráfico se muestra en el cuadro a continuación.

Parámetro	Estado del Motor	Límite Superior con Causas Asignables	Límite Superior sin Causas Asignables	Límite Inferior con Causas Asignables	Límite Inferior sin Causas Asignables
Presión Aceite Motor (PSI)	En Producción	75,90	74,41	59,07	60,21
Temperatura Aceite Motor (°F)	En Producción	4,6877E+11	4,5898E+11	9,2938E+10	1,1585E+11
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	En Producción	2,5481E+11	2,4334E+11	1,0525E+11	1,2005E+11
Presión Aceite Motor (PSI)	Improductivo	75,57	74,80	61.30	61.87
Temperatura Aceite Motor (°F)	Improductivo	4,6446E+11	4,6189E+11	7,3217E+10	7,4872E+10
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	Improductivo	36399	35998	26394	26860

Tabla 4.3-7: Resumen de límites de control resultantes.

Los datos expresados en la Tabla 4.3-7 muestran valores que hasta este punto se consideran adimensionales debido a que se encuentran elevados a una potencia lambda. A continuación, en la siguiente tabla se muestra la conversión a PSI y Fahrenheit según corresponda, luego de extraer la constante Lambda.

Parámetro	Estado del Motor	Valor λ	Límite Superior con Causas Asignables	Límite Superior sin Causas Asignables	Límite Inferior con Causas Asignables	Límite Inferior sin Causas Asignables
Presión Aceite Motor (PSI)	En Producción	No Aplica	75,90	74,41	59,07	60,21
Temperatura Aceite Motor (°F)	En Producción	5	215,87	214,96	156,18	163,22
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	En Producción	5	191,09	189,34	160,12	164,39
Presión Aceite Motor (PSI)	Improductivo	No Aplica	75,57	74,80	61,30	61,87
Temperatura Aceite Motor (°F)	Improductivo	5	215,47	215,23	148,91	149,58
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	Improductivo	2	190,78	189,73	162,46	163,89

Tabla 4.3-8: Resumen de límites de control resultantes sin constante lambda.⁷²

⁷² Fuente: Elaboración Propia.

4.3.4.5 Análisis y comparación entre Límites de Control:

Se presenta en la tabla siguiente, los valores de control de los tres parámetros seleccionados anteriormente para el estudio, haciendo distinción entre Pala en Producción y Pala Improductiva.

Parámetro	Estado del Motor	LCs Fabricante	LCs Faena	LCs Calculado	LCi Fabricante	LCi Faena	LCi Calculado
Presión Aceite Motor (PSI)	En Producción	70	80	74,41	45	35	60,21
Temperatura Aceite Motor (°F)	En Producción	248	250	214,96	--	180	163,22
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	En Producción	212	180	191,09	160	140	164,39
Presión Aceite Motor (PSI)	Improductivo	--	30	74,80	25	25	61,87
Temperatura Aceite Motor (°F)	Improductivo	--	250	215,23	--	180	149,57
Temperatura Refrigerante Motor (°F)	Improductivo		180	189,73l	--	140	163,89

Tabla 4.3-9: Valor de control, productivo e improductivo.⁷³

⁷³ Fuente: Elaboración Propia.

Las columnas que contienen los datos entregados por el fabricante, se extrajeron de la información oficial entregada en la página web de Cummins. Estos datos son un promedio del comportamiento del motor en algunas faenas alrededor del mundo, lo que entrega un valor que puede ser considerado poco fiable para la realidad de El Soldado. Por lo tanto, se ha decidido hacer una comparación entre los datos que se encuentran en las columnas “Faena” y las columnas “Calculado”. Los datos “Faena” son los que se manejan en el Laboratorio Predictivo y los datos “Calculado” son los que se extrajeron del estudio realizado mediante control estadístico de procesos.

4.3.4.6 Comparativas entre Límites de Control:

A continuación se presenta, mediante un histograma para medir la capacidad del proceso, el comportamiento de los datos según los límites de control mencionados anteriormente:

Comparativa para Presión de Aceite de Motor de Pala en Producción

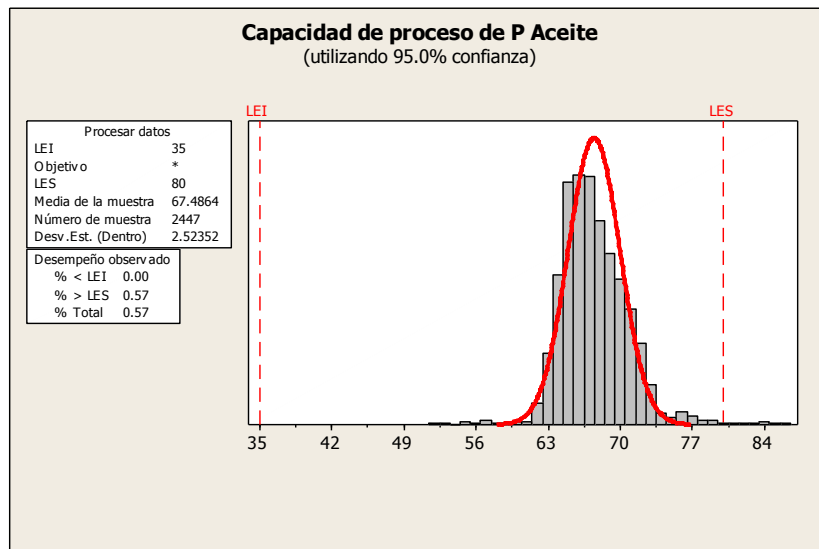


Gráfico 4.3-25: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.⁷⁴

⁷⁴ Fuente: Elaboración Propia.

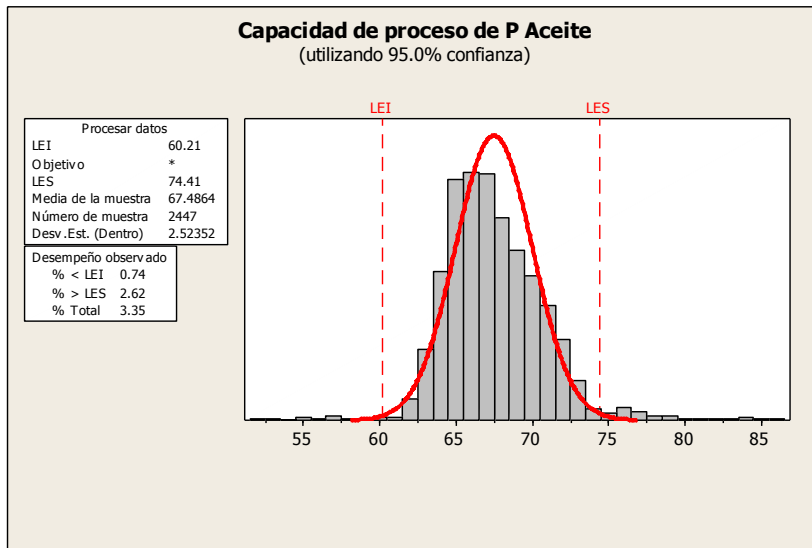


Gráfico 4.3-26: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.⁷⁵

Al comparar los dos histogramas, se concluye que los límites de control “Faena” muestran mejor la realidad, ya que el porcentaje total en el desempeño observado (desde ahora en adelante: Porcentaje de Falsas Alarmas) es menor que el porcentaje de Falsas Alarmas entregado por los límites de control “Calculado”.

⁷⁵ Fuente: Elaboración Propia.

Comparativa para Temperatura de Aceite de Motor en Producción

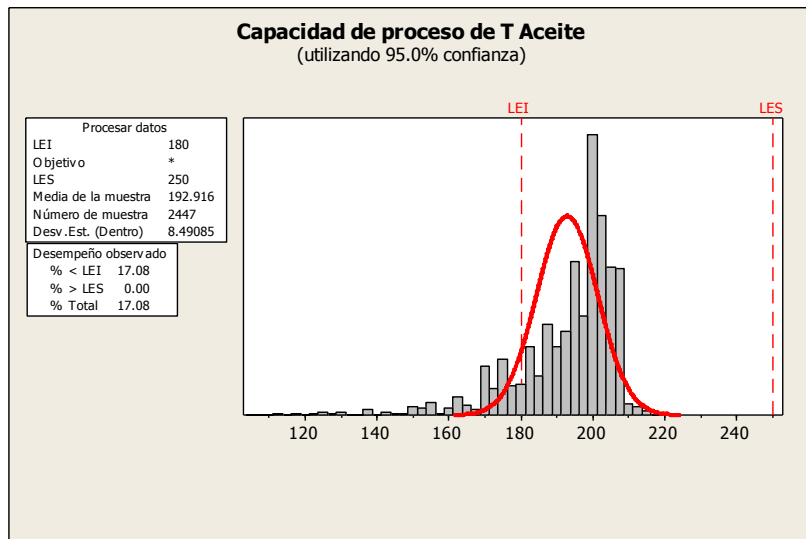


Gráfico 4.3-27: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.⁷⁶

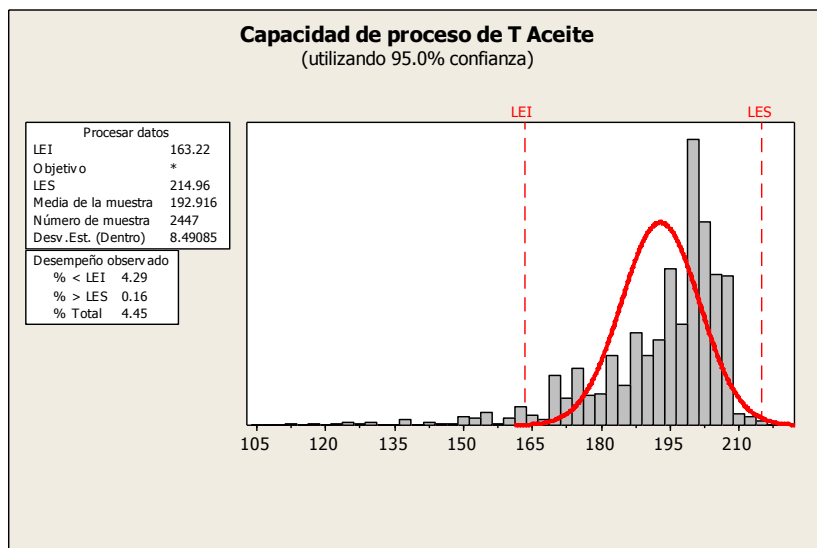


Gráfico 4.3-28: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.⁷⁷

⁷⁶ Fuente: Elaboración Propia.

⁷⁷ Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar los dos histogramas, se concluye que los límites de control “Calculados” muestran mejor la realidad, ya que el Porcentaje de Falsas Alarmas es menor que el porcentaje de Falsas Alarmas entregado por los límites de control “Faena”.

Comparativa para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción

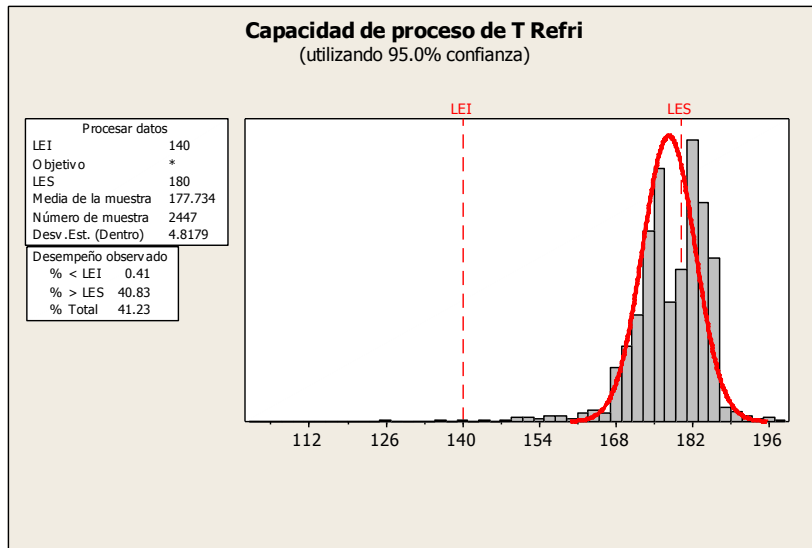


Gráfico 4.3-29: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala en Producción para Límites de Control “Faena”.⁷⁸

⁷⁸ Fuente: Elaboración Propia.

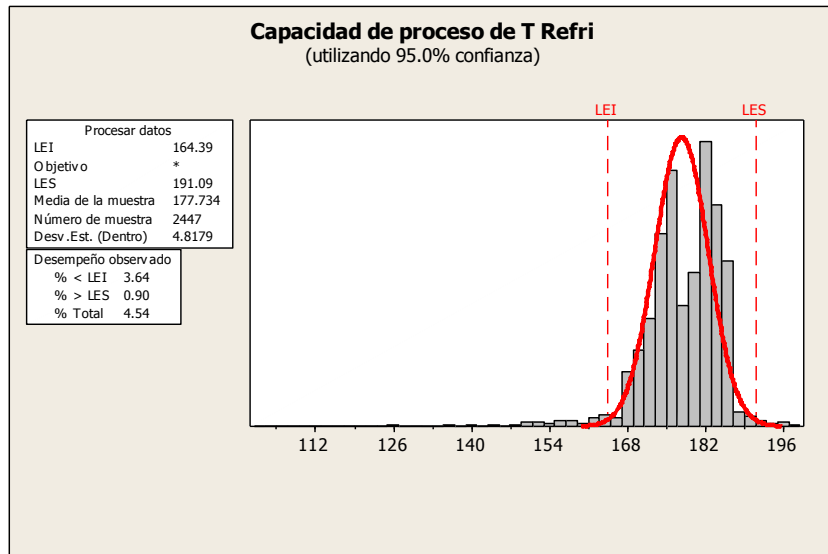


Gráfico 4.3-30: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala en Producción para Límites de Control “Calculado”.⁷⁹

Al comparar los dos histogramas, se llegó a la conclusión que los límites de control “Calculados” muestran mejor la realidad, ya que el Porcentaje de Falsas Alarmas es menor que el porcentaje de Falsas Alarmas entregado por los límites de control “Faena”.

⁷⁹ Fuente: Elaboración Propia.

Comparativa para Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva

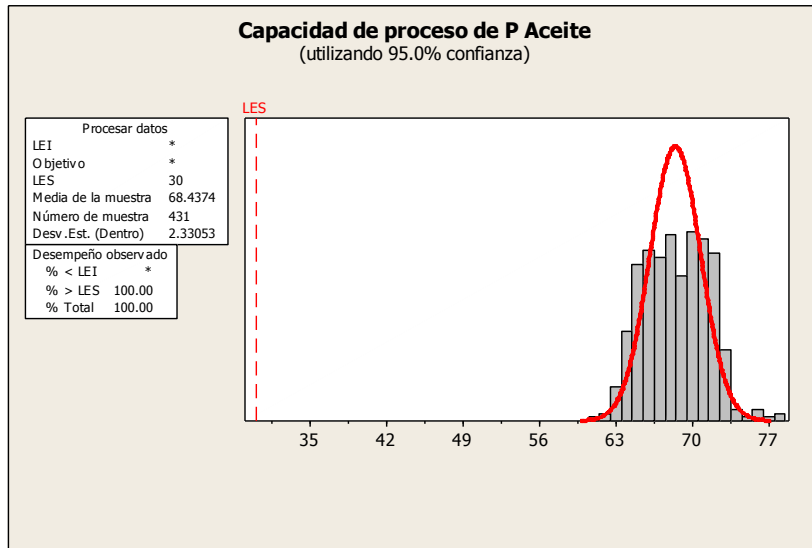


Gráfico 4.3-31: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.⁸⁰

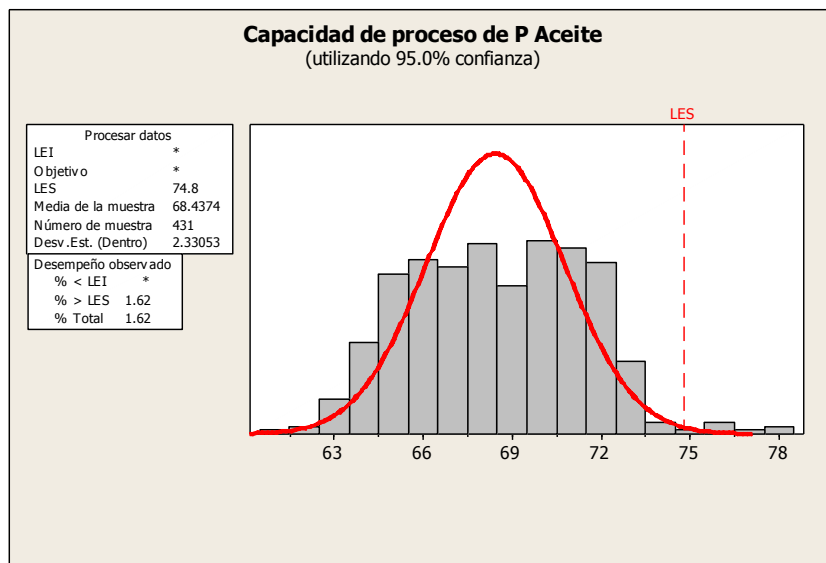


Gráfico 4.3-32: Capacidad del Proceso Presión de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.⁸¹

⁸⁰ Fuente: Elaboración Propia.

⁸¹ Fuente: Elaboración Propia.

En esta comparativa, solo se consideró el límite superior de control, ya que cuando la Pala se encuentra improductiva, el límite que sirve para realizar análisis de fallas solo es el límite superior.

Se aprecia que el límite entregado en "Faena" dista en demasía del límite de control "Calculado". Eso pudo suceder por una mala toma de datos por parte de los sensores encargados o simplemente por un error humano en la captura de información, por lo tanto, se considera propicio mantener el límite de control actual de trabajo, que corresponde a los datos entregados en "Faena".

Comparativa para Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva

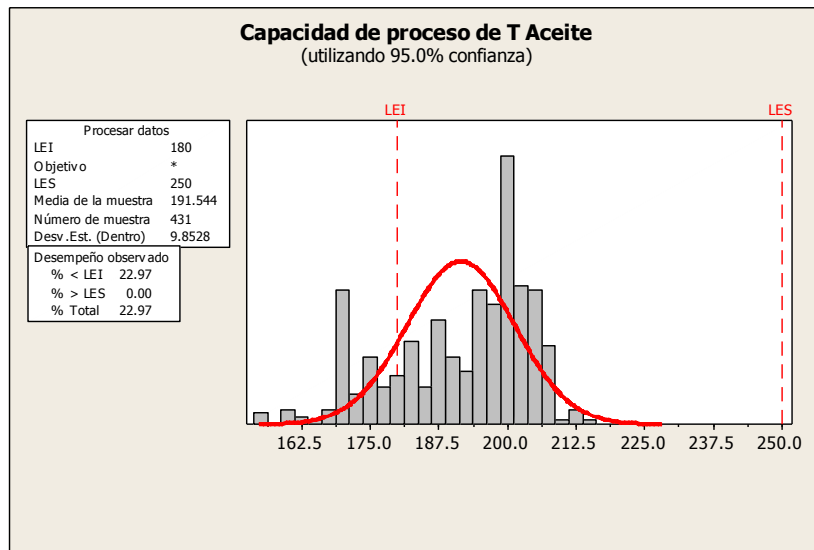


Gráfico 4.3-33: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.⁸²

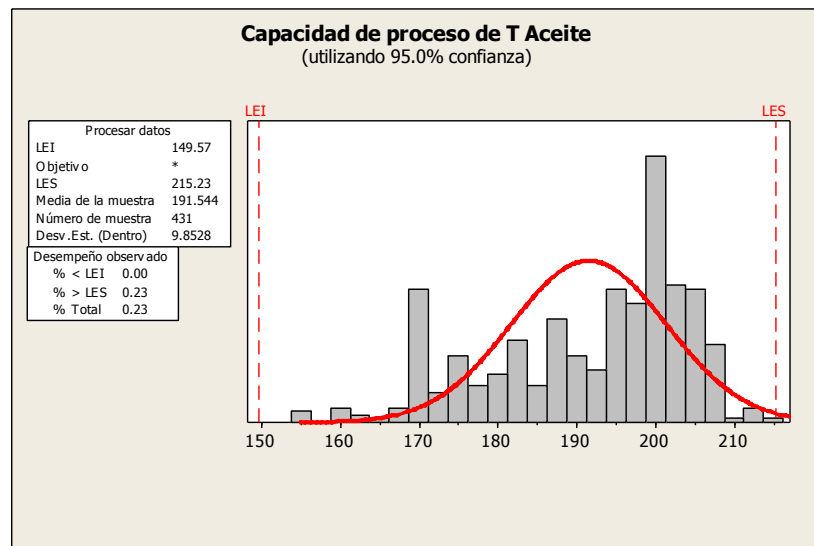


Gráfico 4.3-34: Capacidad del Proceso Temperatura de Aceite Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.⁸³

⁸² Fuente: Elaboración Propia.

⁸³ Fuente: Elaboración Propia.

Al comparar los dos histogramas, se llegó a la conclusión que los límites de control “Calculados” muestran mejor la realidad, ya que el Porcentaje de Falsas Alarmas es menor que el porcentaje de Falsas Alarmas entregado por los límites de control “Faena”.

Comparativa para Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva

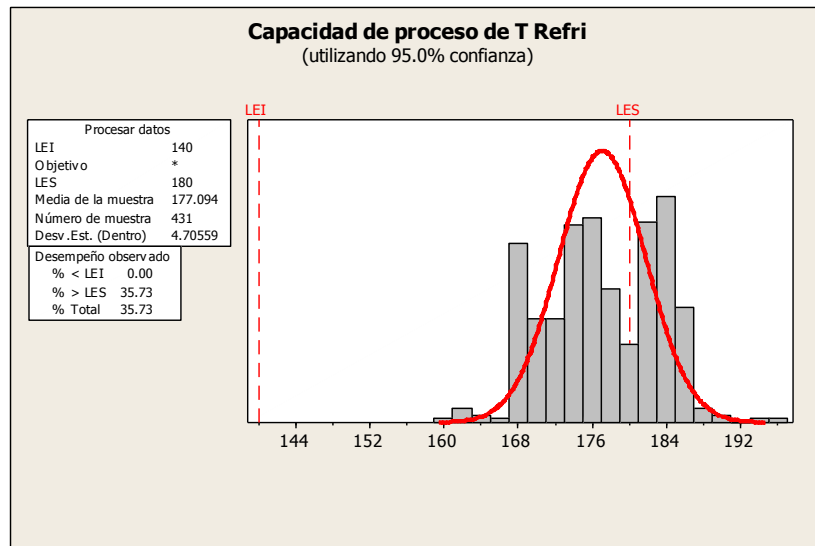


Gráfico 4.3-35: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala Improductiva para Límites de Control “Faena”.⁸⁴

⁸⁴ Fuente: Elaboración Propia.

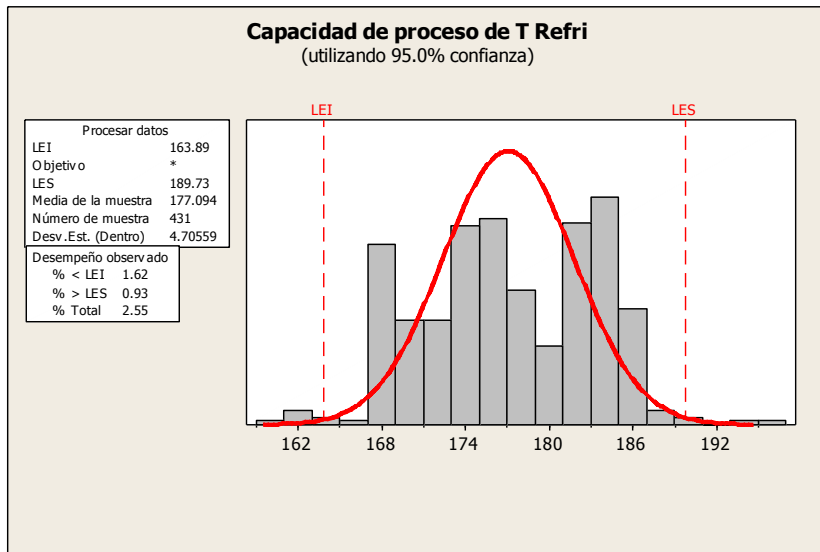


Gráfico 4.3-36: Capacidad del Proceso Temperatura de Refrigerante Pala Improductiva para Límites de Control “Calculado”.⁸⁵

Al comparar los dos histogramas, se llegó a la conclusión que los límites de control “Calculados” muestran mejor la realidad, ya que el Porcentaje de Falsas Alarmas es menor que el porcentaje de Falsas Alarmas entregado por los límites de control “Faena”.

4.3.4.7 Aceite Utilizado en Motor QSK 60:

El aceite utilizado en la lubricación del motor QSK 60 de la Pala PC 8000 es el aceite Essolube TX 5multigrado SAE 15W - 40, esto quiere decir que el grado de viscosidad del aceite cuando el motor está en frío es de 15. La letra “W” es la inicial de “Winter”, que en inglés significa “invierno” y es traducido al español como “frio”. Cuando el Motor ya está en caliente, el grado de viscosidad es de 40.

Aplicaciones⁸⁶:

- Para equipos provistos de motores Diesel de las principales marcas estadounidenses, japonesas y europeas.

⁸⁵ Fuente: Elaboración Propia.

⁸⁶ Fuente: http://www.viselubricantes.cl/PDF_Esso/Essolube_XT5_15W_40.pdf

- Transporte pesado o liviano en carreteras, incluyendo vehículos de reparto de alta velocidad y alta carga.
- Industria pesada y trabajos fuera de carreteras incluyendo minería, agricultura y construcción.
- Aplicación en motores de transporte que funcionan a Gas Natural Comprimido, especialmente aquéllos equipados con turbo.

El siguiente diagrama muestra las temperaturas en Celsius y el Fahrenheit en que trabaja el aceite SAE 15W – 40 y se realiza una comparación con los otros tipos de aceite disponibles en el mercado, de tal manera de reflejar el por qué se decidió ocupar este tipo de aceite y no otro.

Viscosidad SAE del aceite del motor para niveles de temperatura ambiental:

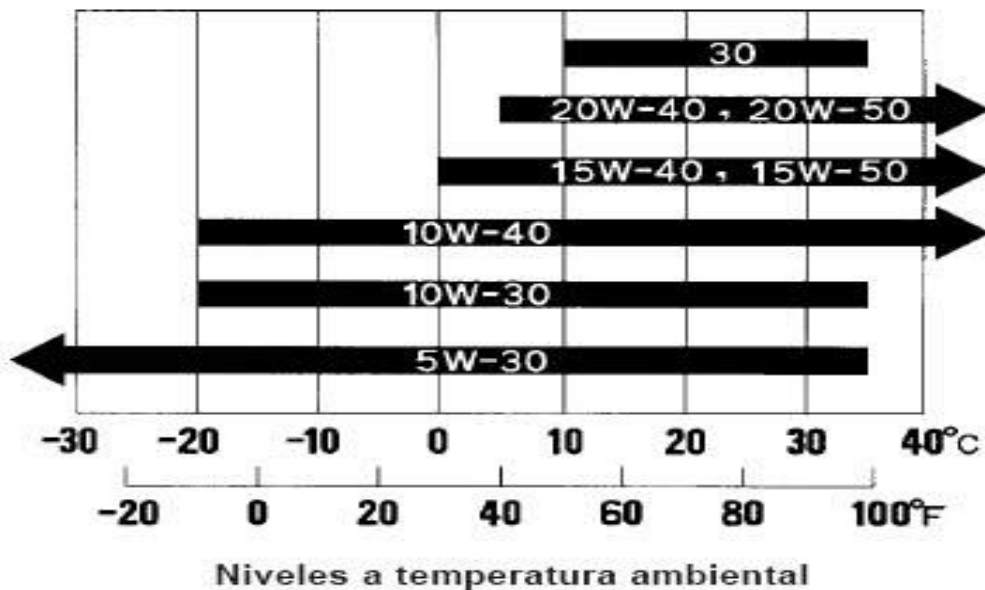


Figura 4.3-3: Temperaturas en °C y F en que trabaja el aceite SAE 15W-40.⁸⁷

⁸⁷ Fuente: Elaboración Propia.

Se aprecia en el diagrama anterior que el aceite SAE 15W – 40 se encuentra en un rango de temperatura ambiental de entre 0°C y valores superiores a 40°C, muy cercano al rango de temperaturas registradas en la Región de Valparaíso y específicamente en la comuna de Nogales, por lo tanto esa es la razón por la cual se ocupa este tipo de aceite en el motor QSK 60 de la Pala PC 8000 de la División El Soldado.

4.3.4.8 Relación entre Viscosidad del Aceite, Temperatura y Vida Útil del Motor

El motor que utiliza un aceite SAE 15W-40 está diseñado para su máxima eficiencia y lubricación cuando el aceite tiene una viscosidad entre 13 CentiStoke (Unidad de medida de viscosidad, desde ahora cSt) y 17 cSt. Menos viscosidad causa roce de piezas, fricción y desgaste. Una mayor viscosidad causaría más fricción y resistencia, causando mayor consumo de combustible y aceite.

El gráfico siguiente muestra la curva de viscosidad del aceite SAE 15W-40.

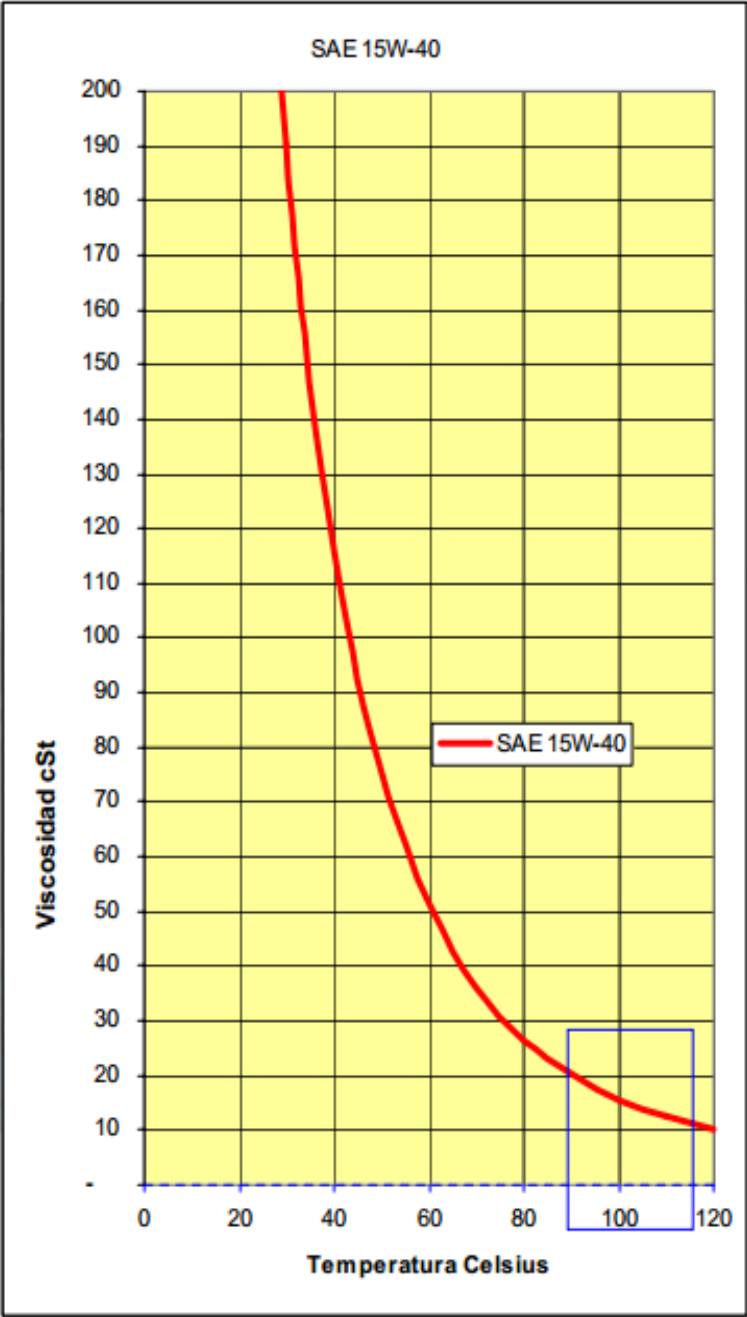


Gráfico 4.3-37: Curva de viscosidad del aceite SAE 15W-40.⁸⁸

⁸⁸ Fuente: Elaboración Propia.

Como se aprecia en el gráfico anterior, mientras se calienta el motor, el aceite pierde viscosidad. Cuando la temperatura del motor llega a 95° C, la viscosidad entra en su rango de máxima protección.

Como se comentó anteriormente, el motor QSK 60 trabaja con un aceite de viscosidad de 13 cSt a 17cSt. No fue diseñado para un aceite de 640 cSt (la viscosidad del SAE 15W-40 a 10° C) ni la viscosidad de 1200 cSt (SAE 40 a 10° C). Si se quisiera operar el motor más frío, se tendría que reducir la viscosidad del aceite.

Capítulo 5: Conclusiones y Recomendaciones Finales.

La lectura, transporte y procesamiento de la información entregada por el monitoreo en tiempo real de los signos vitales en los equipos es una herramienta potentísima para la gestión de la mantención. Este estudio ha demostrado además que en la faena El Soldado es factible su implementación, además de generar beneficios económicos importantes si es incluido dentro de la toma de decisiones a nivel gerencial.

Como se detalló anteriormente, la mejor manera de transportar los datos entregados por los equipos a un servidor que permita su almacenamiento es a través de redes WIFI, que permite un amplio rango de captura. En el caso de que la red WIFI no llegue a algunos lugares lejanos de la faena, será necesario instalar antenas repetidoras que funcionan como un espejo que permite “rebotar” la señal para alcanzar mayores distancias.

Los equipos que cuentan con el hardware necesario para la lectura de signos vitales entregan una infinidad de parámetros que hacen engorroso el seguimiento en tiempo real, es por eso que se decidió junto a los analistas del laboratorio predictivo, centrarse única y exclusivamente en los parámetros que, según su experiencia, generan mayor conocimiento sobre posibles problemas dentro de un componente. Esa decisión fue aceptada por el Jefe del Departamento de Mantención Predictiva.

Toda la información extraída por el nuevo sistema de lectura de signos vitales será recepcionado en servidores dentro de la faena El Soldado en formato de base de datos SQL. El formato SQL permite un rápido análisis cuando se cuenta con software como MySQL, Oracle, entre otros. Anglo Technical Solutions (ATS), cuyas oficinas se encuentran ubicadas en Sudáfrica, cuenta con el software y los técnicos capacitados para el procesamiento de todos los datos recopilados en la faena, quienes serán los encargados de enviar reportes que permitan la toma de decisiones y la gestión de la mantención de equipos de mina.

Por otro lado, se ha demostrado que el nuevo sistema de monitoreo de signos vitales tiene un gran potencial para generar beneficios económicos y ahorros importantes. Como se mostró en el ejemplo que se detalla en el Capítulo 6, específicamente en el apartado 6.2.2.2, con la detección oportuna de solo una falla en un componente, se podrían ahorrar US\$ 175.000 por falla. Si consideramos ese valor como un ahorro promedio en cada falla que se produce y lo multiplicamos por la cantidad de estas en el período Junio- Diciembre de 2013, solo en estos 6 meses se podría recuperar cerca del 50% de los US\$ 5.000.000 que cuesta la implementación del Sistema de Monitoreo en Tiempo Real. Estos beneficios se pueden

conseguir única y exclusivamente si tanto el área de Operaciones y el área de Mantenimiento trabajan mancomunados en el objetivo único de producir el máximo posible, con la mayor disponibilidad de equipos posible.

El sistema de monitoreo de signos vitales generado por Komatsu es una potente herramienta, pero necesita mejorar, sobre todo en el cálculo de límites de control de los parámetros. Actualmente se están recibiendo demasiadas falsas alarmas de posibles fallas debido a que el proceso está fuera de control. En este estudio, se realizó un nuevo control estadístico del proceso, que dio como resultado nuevos límites de control en algunos parámetros indispensables para el análisis de fallas; estos nuevos límites han de disminuir sustantivamente el porcentaje de falsas alarmas de posibles fallas y por lo tanto, si se consideran, generarán ahorros en términos económicos para el Departamento de Mantenimiento.

Recomendaciones:

Implementación de Sistema de Monitoreo de Signos Vitales

- ✓ Para el proceso de transporte de datos, la opción recomendada es mediante redes WIFI.
- ✓ Tal como requiere ATS, la manera idónea para el almacenamiento de los datos debe ser en formato SQL.
- ✓ Se recomienda que una etapa inicial solo se consideren equipos de mina que cuenten con el hardware para la lectura de signos vitales, independiente si éste se realiza de manera inalámbrica o a través de cableado.
- ✓ Se recomienda centrar el estudio en el análisis de Presiones, Temperaturas, Velocidad del Motor (cuando corresponda) y Carga Porcentual (cuando corresponda) de los distintos componentes, ya que estas magnitudes muestran información importantísima para su respectivo análisis.
- ✓ Los analistas del Laboratorio Predictivo deben ser los responsables del análisis de los signos vitales entregados por los equipos, quienes deben generar informes semanales a la jefatura, para la toma de decisiones de mantenimiento, exceptuando cuando exista la posibilidad

de generación de falla catastrófica, la que debe ser informada inmediatamente.

Beneficios económicos del proyecto (Potencial de ahorro para la empresa)

- ✓ El nuevo modelo matemático para el cálculo de beneficio debe ser manejado tanto por el Jefe del Departamento de Mantenimiento como por los analistas del Laboratorio Predictivo. Estos últimos deben calcular el beneficio para la empresa cada vez que se encuentre evidencia de que se podría generar una falla en un componente de los equipos seleccionados.
- ✓ La hoja de Cálculo de Microsoft Excel donde se encuentra diseñada la tabla para el cálculo de Beneficio una vez que se supera el TBO debe ser llenada por los analistas del Laboratorio Predictivo, extrayendo los datos necesarios de Ellipse (ERP utilizado por Anglo American Chile).
- ✓ El porcentaje meta si es alcanzado fácilmente, debe ser recalculado, para no estancarse con el beneficio económico alcanzado.

Control Estadístico de los Parámetros Seleccionados

- ✓ Se recomienda, en el caso de los límites de control para Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción y Pala Improductiva, mantener los límites de control actuales, ya que en el primer caso el porcentaje de falsas alarmas con los límites actuales es de 0.57%, mientras que para los límites de control calculados es de 3.35%. En el segundo caso estos porcentajes son de 100% y 1.62% respectivamente.
- ✓ En el caso de los límites de control para Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción y para Pala Improductiva, se recomienda el cambio de límites de control, ya que en el primer caso, si se mantienen los límites actuales, el porcentaje de falsas alarmas será de 17.08%, mientras que los nuevos límites es de 4.45% y en el segundo caso esos porcentajes serán de 22.97% y 0.93% respectivamente. Ocurre lo mismo en el caso de la Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción y Pala Improductiva, ya

que en el primer caso el porcentaje de falsas alarmas con los límites de control actuales es de 41.23%, mientras que con los límites de control calculados esta cifra será de 4.82%. En el segundo caso estos porcentajes son de 35.73% y 2.55% respectivamente.

- ✓ Se debe tener claro que un cambio en los límites de control no significa realizar una recalibración de los equipos, sino que simplemente es una ayuda para la toma de decisiones. El motor seguirá trabajando a la temperatura para el cual fue diseñado y por lo tanto con una viscosidad óptima en el caso del aceite, pero cada vez que se genere una alarma por “baja temperatura” se deberá corroborar con los nuevos límites calculados si corresponde o no realizar una Orden de Trabajo.

Capítulo 6: Bibliografía.

[James R. Groff y Paul N. Weinberg] “Guía de SQL”, 1998.

[Jesús García Tomás, José Luis Raya Cabrera y Víctor Rodrigo Raya] “Alta velocidad y calidad de servicio en redes IP”.

[Luis Rene Bobadilla Pérez] Memoria de Título: “Desarrollo de una Aplicación de Mantenimiento Predictivo basado sobre análisis de aceite para equipo minero”, Universidad de Santiago de Chile, 2004.

[Adolfo Arata y Luciano Furlanetto] “Manual de Gestión de Activos y Mantenimiento”, Capítulo 5, Red Internacional del Libro, 2005.

[Pedro Saavedra González] “Bases del mantenimiento predictivo y del diagnóstico de fallas en máquinas rotatorias”, Universidad de Concepción.

[Anglo American Chile] “Política de Mantenimiento”, actualización Diciembre de 2012

[J.D. Velasquez y V. Palade] Adaptive web site: A knowledge extraction from web data approach, capítulo 3: "Knowledge discovery from web data".

[Carmen Ortiz Z; Luis Seccatore G] “Asignatura Gestión de la Calidad”, Ingeniería Civil Industrial, Universidad de Valparaíso, Chile.

[Arturo Ruiz-Falcó Rojas] “Control Estadístico de Procesos”, Madrid, 2006.

[Richard Widman] “La Relación entre la Viscosidad, la Vida útil y el Costo de Mantenimiento”, 2006.

“www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta22/guiatec/Metodos_cuantitativos/cuant_232.htm”

“[http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Control%20estadistico%20de%20procesos%20\(9015\).pdf](http://ing.ens.uabc.mx/~manuales/industrial/Control%20estadistico%20de%20procesos%20(9015).pdf)”

“http://www.uoc.edu/in3/e-math/docs/SPC_3.pdf”

Capítulo 7: Anexos.

7.1 Anexo 1: Lenguaje de base de datos, SQL.

En los últimos años SQL se ha convertido en el lenguaje estándar de base de datos. Alrededor de 100 productos de base de datos ofrecen SQL, ejecutándose en un rango de sistemas informáticos que van desde las computadoras personales a los sistemas basados sobre una computadora central. Se ha adoptado y extendido un estándar internacional de carácter oficial de SQL. SQL juega un papel principal en la arquitectura de base de datos de los principales proveedores de computadoras, y está en el núcleo de la estrategia de base de datos de Microsoft. Desde sus oscuros comienzos como un proyecto de investigación de IBM, ha ganado importancia a pasos agigantados, tanto como una tecnología informática relevante, como una poderosa influencia de mercado.

El lenguaje SQL⁸⁹

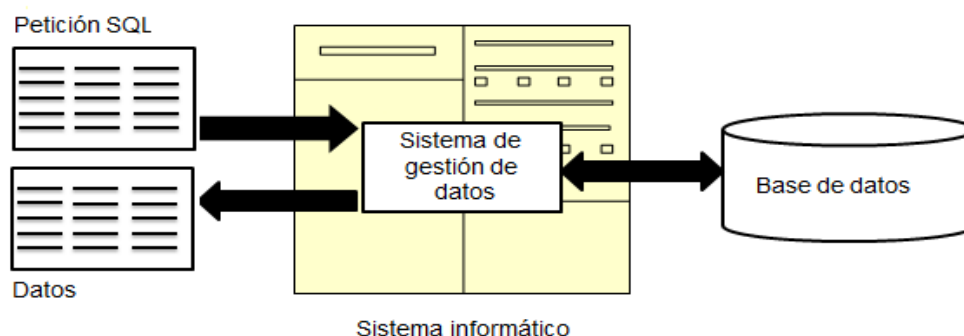


Figura 7.1-1: Utilización de SQL para el acceso a bases de datos.

SQL es una herramienta para organizar, gestionar y recuperar datos almacenados en una base de datos informática. El nombre SQL es una abreviación de Structured Query Language (lenguaje estructurado de consultas). SQL es un lenguaje informático que se utiliza para interactuar con una base de datos. De hecho, SQL funciona con un tipo específico de base de datos, llamado base de datos relacional.

⁸⁹ Guía de SQL. autor: James R. Groff y Paul N. Weinberg, año 1998.

La Figura 7.1-1 muestra cómo funciona SQL. El sistema informático de la figura tiene una base de datos que almacena información importante. Si el sistema de computadoras formara parte de un negocio, la base de datos podría almacenar los datos de un inventario, de la producción, las ventas o las nóminas. En una computadora personal, la base de datos podría almacenar datos sobre cheques, listas de personas junto con su número de teléfono o datos extraídos de un sistema informático mayor. El programa que controla la base de datos se llama Sistema de Gestión de Base de Datos o DBMS.

Cuando es necesario recuperar datos de una base de datos, la petición se realiza utilizando SQL. El DBMS procesa la petición SQL, recoge los datos solicitados y los devuelve a quien los solicitó. Este proceso de petición de datos de la base de datos y posterior recepción de resultados se llama consulta; de aquí el nombre lenguaje estructurado de consultas.

El papel de SQL

SQL no es en sí mismo un sistema de gestión de bases de datos, ni un producto autónomo. No se puede ir a una tienda de computadoras y comprar SQL. En cambio SQL es una parte integral de un sistema de gestión de bases de datos, un lenguaje y una herramienta para comunicarse con el DBMS. La Figura 7.1-2 muestra algunos de los componentes de un DBMS típico, y como SQL actúa de pegamento entre ellos.

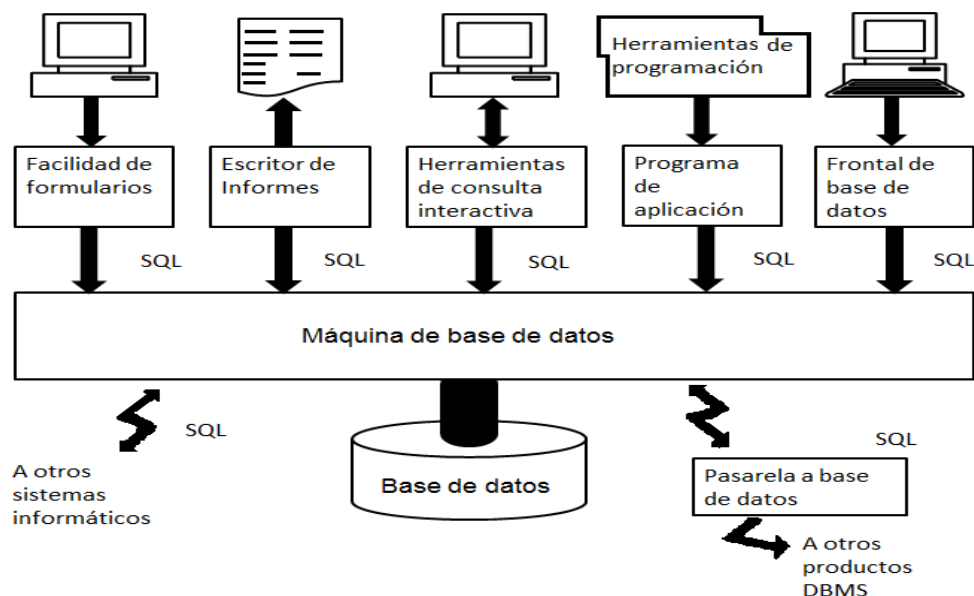


Figura 7.1-1: Componentes de un sistema de gestión de bases de datos típico

El motor de la base de datos es el corazón del DBMS, responsable de la estructuración, almacenamiento y recuperación de los datos del disco. Acepta peticiones SQL de otros componentes del DBMS, tales como facilidades de formulario generadores de informes o facilidades de consultas interactivas, de programas escritos, por los usuarios e incluso de otros sistemas informáticos. Como muestra la figura. SQL juega muchos papeles diferentes:

- SQL, es un lenguaje interactivo de consultas. Los usuarios escriben ordenes SQL de un programa SQL interactivo para recuperar datos y presentarlos en la pantalla, proporcionando una herramienta útil y fácil de usar para consultas ad hoc de bases de datos.
- SQL es un lenguaje de programación de bases de datos. Los programadores introducen ordenes SQL en sus programas escritos para acceder a los datos de las bases de datos. Tanto los programas escritos por los usuarios, como los de las utilidades de base de datos (tales como generadores de informes y herramientas de entrada de datos) utilizan esta técnica para acceder a la base de datos.
- SQL es un lenguaje de administración de base de datos. El administrador responsable de la gestión de la base de datos de una minicomputadora o sistema basado sobre una computadora central utiliza SQL para definir la estructura de la base de datos y el control de acceso a los datos almacenados.
- SQL es un lenguaje clientes – servidor. Los programas de las computadoras personales utilizan SQL para comunicarse, a través de una red de área local. Muchas nuevas aplicaciones utilizan esta arquitectura cliente/servidor que minimiza el tráfico de la red y permite que tanto los PC como los servidores hagan mejor su trabajo.
- SQL es un lenguaje de bases de datos distribuidos. Los sistemas de gestión de base de datos distribuidos utilizan SQL para ayudar a distribuir los datos a través de muchos sistemas informáticos conectados. El software DBMS de casa sistema utiliza SQL para comunicarse con el resto de sistemas enviando peticiones para el acceso a los datos.
- SQL es un lenguaje pasarela de bases de datos. En una red informática donde se mezclan diferentes productos DBMS, SQL se usa a menudo como una pasarela que permite que un determinado producto DBMS se comunique con otro diferente.

De esta forma, SQL ha surgido como una herramienta útil y potente para unir a la gente, los programas y los sistemas informáticos con los datos almacenados en bases de datos relacionales.

7.2 Anexo 2: Redes Inalámbricas, Ventajas y Desventajas.

WIFI:

Es un mecanismo de conexión de dispositivos electrónicos de forma inalámbrica. Los dispositivos habilitados con WIFI, pueden conectarse a internet a través de un punto de acceso de red inalámbrica. Dicho punto de acceso (llamado Hotspot) tiene un alcance de unos 20 metros en interiores y al aire libre una distancia mayor. Pueden cubrir grandes áreas la superposición de múltiples puntos de acceso.

❖ **Ventajas:**

- ✓ El sistema de paquetes de radio es diferente, WiFi usa el espectro de radio no licenciado y no requiere aprobaciones reguladoras para un despliegue individual, porque usa la banda 2.4Ghz que es libre excepto en unos pocos países.
- ✓ Le permite a las LANs ser desplegadas sin cablear, reduciendo potencialmente los costos de despliegue de la red y expansión de la misma. Espacios donde los cables no pueden instalarse, como las áreas al aire libre y los edificios históricos, pueden organizarse LANs inalámbricas.
- ✓ Los productos de WiFi están extensamente disponibles en el mercado. Las diferentes marcas de puntos de acceso e interfases de red de cliente son interoperables en un servicio de nivel básico.
- ✓ La competencia entre vendedores ha bajado los precios considerablemente desde que empezó la tecnología.
- ✓ Las redes WiFi soportan Roaming (Cambio de Cobertura) en donde una estación móvil como por ejemplo un computador portátil puede moverse de un punto de acceso a otro en donde el usuario se mueve alrededor de un edificio o área.
- ✓ Muchos puntos de acceso e interfaces de red soportan varios grados de encriptación para proteger el tráfico de intercepciones.
- ✓ WiFi es un conjunto global de estándares, el mismo cliente de WiFi trabaja en los diferentes países alrededor del mundo.

❖ **Desventajas:**

- ✓ El consumo de electricidad es bastante alto comparado con otros estándares, haciendo la vida de la batería corta y calentándola también.
- ✓ El estándar de encriptación inalámbrico más común, el WEP (Wired Equivalent Privacy) es reconocido por que se ha violado su seguridad. Aunque los más nuevos productos inalámbricos mejoraron su seguridad con el protocolo WiFiProtect Access (WPA).
- ✓ Las redes WiFi tienen limitado el rango de alcance. Un típico router WiFi casero usa los estándares 802.11b o 802.11g podría tener un rango de 45 m (150 pies) entre paredes y 90 m (300 pies) en campo abierto.
- ✓ Interferencia de puntos de acceso cerrados o encriptados con otros puntos de acceso abiertos con el misma banda o siendo vecino puede prevenir el acceso a los puntos de acceso abiertos por otros en el área. Esto puede proponer un problema en las áreas de alto-densidad como edificios de apartamentos grandes dónde muchos residentes tienen puntos de acceso de Wi-Fi operando.
- ✓ Los puntos de acceso gratis podrían ser usados para robar información personal por usuarios maliciosos de la red WiFi.
- ✓ La interoperabilidad entre marcas o desviaciones en los estándares puede causar limitar las conexiones o bajar las velocidades de transmisión.

3G:

Tercera generación de transmisión de voz y datos a través de telefonía móvil mediante UMTS (Universal Mobile Telecommunications System o servicio universal de telecomunicaciones móviles). Los servicios asociados con la tercera generación proporcionan la posibilidad de transferir tanto voz y datos y datos no-voz. Aunque esta tecnología estaba orientada a la telefonía móvil, desde hace unos años las operadoras de telefonía móvil ofrecen servicios exclusivos de conexión a Internet mediante módem USB, sin necesidad de adquirir un teléfono móvil, por lo que cualquier computadora puede

disponer de acceso a Internet. Existen otros dispositivos como algunos netbooks que cuentan con el módem integrado en el propio equipo, pero requieren de una tarjeta SIM (la que llevan los teléfonos móviles) para su uso.

❖ **Ventajas:**

- ✓ Permite el acceso permanente a Internet en casi cualquier sitio.
- ✓ Permite acceso de información en casi cualquier parte de la ciudad donde se tenga cobertura.
- ✓ Posee una mejor calidad y fiabilidad, una mayor velocidad de transmisión de datos y un ancho de banda superior lo que permite tener video llamadas.
- ✓ Correo electrónico: Permite convertir los teléfonos celulares en oficinas móviles para recibir y enviar mensajes
- ✓ Videos: Próximamente los usuarios de equipos 3G tendrán también la oportunidad de bajar, ver y enviar a través de sus teléfonos celulares, los videos de su preferencia.
- ✓ La transmisión de voz tiene una calidad equiparable a la de las redes fijas.

❖ **Desventajas:**

- ✓ La velocidad de transferencia de datos varía de acuerdo a la cobertura, a menor cobertura, disminuye la intensidad de datos que se pueden transferir.
- ✓ El costo de infraestructura de la tecnología 3G es elevado.
- ✓ La falta de total cobertura, puesto que se trata de un servicio relativamente nuevo.
- ✓ Dado que la tecnología crece a pasos agigantados, esta tecnología puede ser sustituida por otra rápidamente.
- ✓ Algunos usuarios con servicios 3G no son capaces de tomar un estándar y verificar si la velocidad que se especifica es cumplida; de manera que esto ayuda a que varias velocidades sea vendidas como 3G aunque no lo sean, ya que ni siquiera la ITU ha especificado

claramente la velocidad mínima o qué modos de interfaz equivalen a un 3G.

- ✓ La velocidad en la transferencia de datos disminuirá si el dispositivo se encuentra en continuo movimiento.
- ✓ Elevada Tasa de absorción específica (SAR)

GPRS:

(General Packet Radio Services, Servicio General de Paquetes por Radio). Es un sistema de telefonía móvil que está basado sobre la conmutación de paquetes sobre la red GSM que se usa actualmente (requiere algunas modificaciones). GPRS es una tecnología estandarizada por el ETSI (European Telecommunications Standard Institute) como parte de GSM Fase 2+ que permite la transmisión de datos a alta velocidad vía redes inalámbricas, permite acceso a Internet y correo electrónico. La utilización de GPRS permite a los usuarios enviar y recibir información a velocidades de hasta 115kbit/s, unas 10 veces más rápidas que las actuales. La implementación de GPRS proporcionará tremendos beneficios a los operadores GSM ya que lleva capacidades IP a la red GSM y permite la conexión a una amplia gama de redes de información públicas y privadas utilizando protocolos de información estándar como TCP/IP y una amplia gama de servicios de valor añadido. Al sistema GPRS se le conoce también como GSM-IP ya que usa la tecnología IP (Internet Protocol) para acceder directamente a los proveedores de contenidos de Internet.

❖ Ventajas:

- ✓ La ventaja objetiva de GPRS es que ofrece una conexión permanente (es decir conectividad IP instantánea) entre el terminal móvil y la red. Con GPRS ya no es necesario el tener un canal dedicado para cada usuario ya que cada canal es compartido por varios usuarios.
- ✓ GPRS es la primera tecnología de comunicaciones móviles específicamente diseñada para la utilización de datos. En este sentido, está actuando como catalizador del desarrollo de diferentes componentes, como terminales, aplicaciones, contenidos y servicios, que irán orientándose hacia un uso eficaz de soluciones de datos en movilidad y, como consecuencia de ello, está provocando una

convergencia acelerada de las industrias de telecomunicaciones y de tecnología de la información.

- ✓ Un buen ejemplo de ello lo constituye el Computador de Mano (PDA) con capacidad de comunicación GPRS integrada, que además de hacer las funciones de teléfono móvil puede ser la herramienta informática de un profesional, utilizando para ello programas de Office de Microsoft como Excel o Word, una agenda sincronizada con su oficina central y el correo electrónico de su empresa, exactamente los mismos programas que usará cuando vuelva a su oficina.
- ✓ Entre las principales aportaciones de GPRS, podemos destacar las siguientes: Compatibilidad, concurrencia, conexión permanente, velocidad de transmisión, facturación por volumen.

❖ **Desventajas:**

- ✓ La cobertura de estos servicios es más limitada que la red normal GSM (GPRS/EDGE). Por ejemplo, para tener cobertura 3G/UMTS es necesario estar en un núcleo urbano, y para tener cobertura 3.5G/HSDPA es necesario estar ubicado en altura (en un edificio por ejemplo) para tener mejor conectividad. Es decir, dependiendo de nuestra localización es la velocidad de transferencia.
- ✓ La velocidad de transferencia de datos varía de acuerdo a la cobertura, a menor cobertura, disminuye la intensidad de datos que se pueden transferir.
- ✓ La falta de total cobertura, puesto que se trata de un servicio relativamente nuevo.
- ✓ La velocidad puede disminuir, si el dispositivo desde el que nos conectamos está en movimiento, por ejemplo si estamos en un automóvil.
- ✓ No está orientado a la conexión, es decir, que cada uno de los paquetes podrían seguir rutas distintas entre el origen y su destino, de manera que podrían llegar duplicados o desordenados. Aunque esto nos da una ventaja, que no se satura la red, además de que existen

algoritmos que deciden que ruta es mejor tomar basándose en la calidad del canal y su velocidad.

- ✓ No es orientado a conexión: al ser basado sobre paquetes, cada uno puede tomar rutas distintas entre el origen y el destino, y con esto los paquetes pueden llegar desordenados o incluso duplicados (las rutas son configurables hasta por cuatro variables tales como calidad y velocidad del canal, sin embargo esto representa una desventaja para el usuario promedio).

EDGE:

(Enhanced Data rates for GSM of Evolution) (Tasas de Datos mejorados para la evolución de GSM) es conocida como una tecnología móvil, la cual se ha destacado pues actúa como puente entre la tecnología 2G y 3G. Desde un principio EDGE fue creado como la evolución de GPRS, aunque este tipo de tecnología suele trabajar en redes GSM es necesario que modifiquen ciertas cosas dentro de las cuales están: la actualización necesaria por parte de los operadores, además de tener en cuenta que no todos los teléfonos celulares logran soportar dicha tecnología. Un nombre alternativo con el cual se puede identificar EDGE es EGPRS (Enhanced General Packet Radio Service). Dentro de una de las características principales que presenta EDGE está en que este puede ser usado en cualquier transferencia de datos basados sobre conmutación por paquete, como muchas veces suele ser la conexión a internet. Sus beneficios a diferencia de GPRS se logran fácilmente apreciar en la velocidad de las transferencias de datos o mejor dicho ancho de banda como muchas veces suele ser videos y muchos otros servicios multimedia. El principal objetivo con el cual fue creado o nació EDGE es la de mejorar la capacidad de transmisiones de datos para telefonía móvil los cuales son implementados en redes GSM y TDMA, tomando en cuenta este punto se puede decir que el mercado abre las puertas a las llamadas tecnología de tercera generación.

❖ Ventajas:

- ✓ EDGE es una solución 3G integrada al espectro existente, permitiendo así a que los operarios ofrezcan nuevos servicios de 3G.

- ✓ EDGE ofrece una velocidad de Internet Móvil en la transmisión de datos a tres veces superior a la de GPRS.
- ✓ EDGE y UMTS introducen las tecnologías de 3G; las decisiones de la red de UMTS no se verán afectadas por el cambio de GSM a EDGE.
- ✓ EDGE será una característica estándar y soluciones GSM y UMTS, con un costo similar al de GSM.
- ✓ EDGE proporciona ahorros en los costos, cuando se requiere de una capacidad más alta, velocidades superiores en la transmisión de datos.
- ✓ EDGE será importante para los operarios con redes de GSM o GPRS que se desarrollarán en UMTS ya que mejorara su infraestructura.
- ✓ EDGE será importante para los operarios con redes de GSM o GPRS que se desarrollarán en UMTS; mejorar la infraestructura de GSM con EDGE es una manera eficiente de lograr una cobertura de 3G complementaria en la red consistente al volver a emplear lo invertido en la tecnología de 2G.

❖ **Desventajas:**

- ✓ Cobertura limitada. Dependiendo de la localización, la velocidad de transferencia puede disminuir drásticamente (o incluso carecer totalmente de cobertura).
- ✓ Disminución de la velocidad si el dispositivo desde el que nos conectamos está en movimiento.
- ✓ No orientado a conexión. Cada uno de los paquetes pueden seguir rutas distintas entre el origen y el destino, por lo que pueden llegar desordenados o duplicados. Sin embargo el hecho de no ser orientado a conexión tiene la ventaja de que no se satura la red.
- ✓ Elevada Latencia respecto a la que se obtiene normalmente con servicios ADSL. La latencia puede ser determinante para el correcto funcionamiento de algunas aplicaciones del tipo cliente-servidor como los juegos en línea.

7.3 Anexo 3: Estándares WIFI.

El estándar 802.11 en realidad es el primer estándar y permite un ancho de banda de 1 a 2 Mbps. El estándar original se ha modificado para optimizar el ancho de banda (incluidos los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, denominados estándares físicos 802.11) o para especificar componentes de mejor manera con el fin de garantizar mayor seguridad o compatibilidad. La tabla a continuación muestra las distintas modificaciones del estándar 802.11 y sus significados.

Nombre del estándar	Nombre	Descripción
802.11a	WIFI5	El estándar 802.11 (llamado WIFI 5) admite un ancho de banda superior (el rendimiento total máximo es de 54 Mbps aunque en la práctica es de 30 Mbps). El estándar 802.11a provee ocho canales de radio en la banda de frecuencia de 5 GHz.
802.11b	WIFI	El estándar 802.11 es el más utilizado actualmente. Ofrece un rendimiento total máximo de 11 Mbps (6 Mbps en la práctica) y tiene un alcance de hasta 300 metros en un espacio abierto. Utiliza el rango de frecuencia de 2,4 GHz con tres canales de radio disponibles.
802.11c	Combinación del 802.11 y el 802.1d	El estándar combinado 802.11c no ofrece ningún interés para el público general. Es solamente una versión modificada del estándar 802.1d que permite combinar el 802.1d con dispositivos compatibles 802.11 (en el nivel de enlace de datos).
802.11d	Internacionalización	El estándar 802.11d es un complemento del estándar 802.11 que está pensado para permitir el uso internacional de las redes 802.11 locales. Permite que distintos dispositivos intercambien información en rangos de frecuencia según lo que se permite en el país de origen del dispositivo.
802.11e	Mejora de la calidad del servicio	El estándar 802.11e está destinado a mejorar la calidad del servicio en el nivel de la capa de enlace de datos. El objetivo del estándar es definir los requisitos de diferentes paquetes en cuanto al ancho de banda y al retardo de transmisión para permitir mejores transmisiones de audio

		y vídeo.
802.11f	Itinerancia	El 802.11f es una recomendación para proveedores de puntos de acceso que permite que los productos sean más compatibles. Utiliza el protocolo IAPP que le permite a un usuario itinerante cambiarse claramente de un punto de acceso a otro mientras está en movimiento sin importar qué marcas de puntos de acceso se usan en la infraestructura de la red. También se conoce a esta propiedad simplemente como itinerancia.
802.11g		El estándar 802.11g ofrece un ancho de banda elevado (con un rendimiento total máximo de 54 Mbps pero de 30 Mbps en la práctica) en el rango de frecuencia de 2,4 GHz. El estándar 802.11g es compatible con el estándar anterior, el 802.11b, lo que significa que los dispositivos que admiten el estándar 802.11g también pueden funcionar con el 802.11b.
802.11h		El estándar 802.11h tiene por objeto unir el estándar 802.11 con el estándar europeo (HiperLAN 2, de ahí la h de 802.11h) y cumplir con las regulaciones europeas relacionadas con el uso de las frecuencias y el rendimiento energético.
802.11i		El estándar 802.11i está destinado a mejorar la seguridad en la transferencia de datos (al administrar y distribuir claves, y al implementar el cifrado y la autenticación). Este estándar se basa en el AES (estándar de cifrado avanzado) y puede cifrar transmisiones que se ejecutan en las tecnologías 802.11a, 802.11b y 802.11g.
802.11r		El estándar <i>802.11r</i> se elaboró para que pueda usar señales infrarrojas. Este estándar se ha vuelto tecnológicamente obsoleto.
802.11j		El estándar <i>802.11j</i> es para la regulación japonesa lo que el 802.11h es para la regulación europea.

Tabla 7.3-1: Explicación de los distintos Estándares de red WIFI.

Rango y flujo de datos

Los estándares 802.11a, 802.11b y 802.11g, llamados "estándares físicos", son modificaciones del estándar 802.11 y operan de modos diferentes, lo que les permite alcanzar distintas velocidades en la transferencia de datos según sus rangos.

Estándar	Frecuencia (GHz)	Velocidad (Mbit/s)	Rango (m)
WiFi a (802.11a)	5	54	10
WiFi B (802.11b)	2,4	11	100
WiFi G (802.11g)	2,4	54	100

Tabla 7.3-2: Comparación entre los distintos estándar de WIFI.

802.11a:

El estándar 802.11a tiene en teoría un flujo de datos máximo de 54 Mbps, cinco veces el del 802.11b y sólo a un rango de treinta metros aproximadamente. El estándar 802.11a se basa en la tecnología llamada OFDM (multiplexación por división de frecuencias ortogonales). Transmite en un rango de frecuencia de 5 GHz y utiliza 8 canales no superpuestos

Es por esto que los dispositivos 802.11a son incompatibles con los dispositivos 802.11b. Sin embargo, existen dispositivos que incorporan ambos chips, los 802.11a y los 802.11b y se llaman dispositivos de "banda dual".

Velocidad Teórica en ambientes cerrados (Mbit/s)	Rango (m)
54 Mbit/s	10
48 Mbit/s	17
36 Mbit/s	25
24 Mbit/s	30

12 Mbit/s	50
6 Mbit/s	70

Tabla 7.3-3: Velocidad y alcance de estándar 802.11.

802.11b:

El estándar 802.11b permite un máximo de transferencia de datos de 11 Mbps en un rango de 100 metros aproximadamente en ambientes cerrados y de más de 200 metros al aire libre (o incluso más que eso con el uso de antenas direccionales).

Velocidad Teórica (Mbit/s)	Rango en ambientes cerrados (m)	Rango al aire libre (m)
11	50	200
5,5	75	300
2	100	400
1	150	500

Tabla 7.3-4: Velocidad y alcance de estándar 802.11b.

802.11g:

El estándar 802.11g permite un máximo de transferencia de datos de 54 Mbps en rangos comparables a los del estándar 802.11b. Además, y debido a que el estándar 802.11g utiliza el rango de frecuencia de 2.4 GHz con codificación OFDM, es compatible con los dispositivos 802.11b con excepción de algunos dispositivos más antiguos.

Velocidad Teórica (Mbit/s)	Rango en ambientes cerrados (m)	Rango al aire libre (m)
54	27	75
48	29	100
36	30	120
24	42	140
18	55	180
12	64	250
9	75	350
6	90	400

Tabla 7.3-5: Velocidad y alcance de estándar 802.11g.

7.4 Anexo 4: Conceptos y Fundamentos Estadísticos.

Estadísticos de Tendencia Central⁹⁰:

Las tres medidas más usuales de tendencia central son:

- a) la media,
- b) la mediana,
- c) la moda.

En ciertas ocasiones estos tres estadísticos suelen coincidir, aunque generalmente no es así. Cada uno de ellos presenta ventajas e inconvenientes que precisaremos más adelante. En primer lugar vamos a definir los conceptos anteriores.

La Media:

La media aritmética de una variable estadística es la suma de todos sus posibles valores, ponderada por las frecuencias de los mismos. Es decir, si la tabla de valores de una variable X es

X	ni	fi
x1	n1	f1
....
xk	nk	fk

⁹⁰ Fuente: <http://www.bioestadistica.uma.es/libro/node79.htm>

Algunos inconvenientes de la Media.

La media presenta inconvenientes en algunas situaciones:

Uno de ellos es que es muy sensible a los valores extremos de la variable: ya que todas las observaciones intervienen en el cálculo de la media, la aparición de una observación extrema, hará que la media se desplace en esa dirección. En consecuencia:

No es recomendable usar la media como medida central en las distribuciones muy asimétricas.

Mediana:

Consideramos una variable discreta **X** cuyas observaciones en una tabla estadística han sido ordenadas de menor a mayor. Llamaremos **mediana**, al primer valor de la variable que deja por debajo de sí al 50% de las observaciones.

Propiedades de la Mediana:

Entre las propiedades de la mediana, vamos a destacar las siguientes:

Como medida descriptiva, tiene la ventaja de no estar afectada por las observaciones extremas, ya que no depende de los valores que toma la variable, sino del orden de las mismas. Por ello es adecuado su uso en distribuciones asimétricas.

Es de cálculo rápido y de interpretación sencilla.

A diferencia de la media, la mediana de una variable discreta es siempre un valor de la variable que estudiamos (ej. La mediana de una variable número de hijos toma siempre valores enteros).

Moda:

Llamaremos moda a cualquier máximo relativo de la distribución de frecuencias, es decir, cualquier valor de la variable que posea una frecuencia mayor que su anterior y su posterior.

Relación entre Media, Mediana y Moda.

En el caso de distribuciones unimodales, la mediana está con frecuencia comprendida entre la media y la moda (incluso más cerca de la media).

En distribuciones que presentan cierta inclinación, es más aconsejable el uso de la mediana. Sin embargo en estudios relacionados con propósitos estadísticos y de inferencia suele ser más apta la media.

Varianza:

La varianza se define como la media de las diferencias cuadráticas de n puntuaciones con respecto a su media aritmética, es decir:

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Fórmula 7.4-1: Fórmula para calcular la varianza.

Desviación Típica o Estándar:

La varianza no tiene la misma magnitud que las observaciones (ej. si las observaciones se miden en metros, la varianza lo hace en metros cuadrados).

Si queremos que la medida de dispersión sea de la misma dimensionalidad que las observaciones bastarán con tomar su raíz cuadrada. Por ello se define la desviación típica, S, como:

$$S = \sqrt{S^2}$$

Propiedades de la Varianza y Desviación Típica:

Ambas son sensibles a la variación de cada una de las puntuaciones, es decir, si una puntuación cambia, cambia con ella la varianza. La razón es que si miramos su definición, la varianza es función de cada una de las puntuaciones.

La desviación típica tiene la propiedad de que en el intervalo

$$(\bar{x} - 2S, \bar{x} + 2S) \sim \bar{x} \pm 2S$$

Se encuentra, al menos, el 75% de las observaciones Incluso si tenemos muchos datos y estos provienen de una distribución normal (se definirá este concepto más adelante), podremos llegar al 95 %.

No es recomendable el uso de ellas, cuando tampoco lo sea el de la media como medida de tendencia central.

Distribución Normal:

La distribución tiene 2 parámetros: media (μ) y desviación estándar (σ^2) y queda perfectamente determinada por ellos. Debido a esto es que la notación abreviada que se usa para representar la distribución es $N(\mu, \sigma^2)$.

La curva tiene forma de campana, por lo que se le llama curva acampanada o campana de Gauss.

La distribución es simétrica respecto a la media, es decir, el 50% del área está a la izquierda de la media y el otro 50% a la derecha.

La moda (el valor más frecuente), la mediana (el valor central) y la media tienen el mismo valor.

La forma de esta función es la llamada campana de Gauss, la que se muestra a continuación

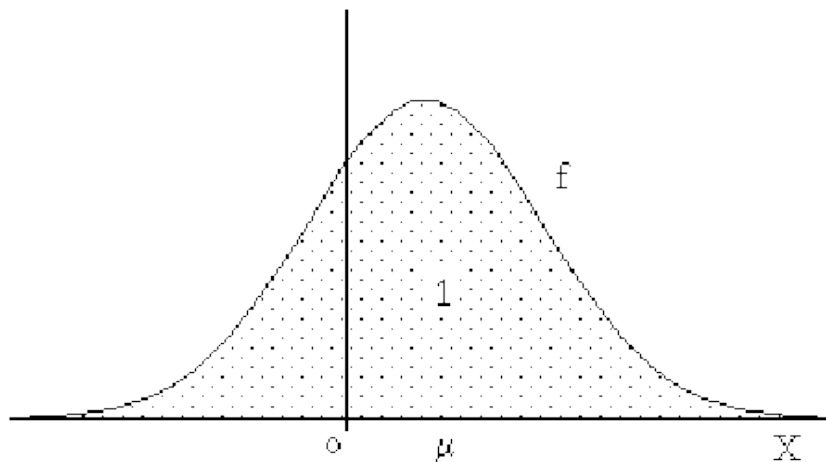


Figura 7.4-1: Ejemplo de una Campana de Gauss.

Ésta alcanza un único máximo (moda) en (μ) , que es simétrica con respecto al mismo, y por tanto:

$$P[X \leq \mu] = P[X \geq \mu] = 1/2$$

Con lo cual en (μ) coinciden la media, la mediana y la moda.⁹¹

La forma de la campana depende de los parámetros (μ) y (σ)

(μ) Indica la posición de la campana (parámetro centralización)

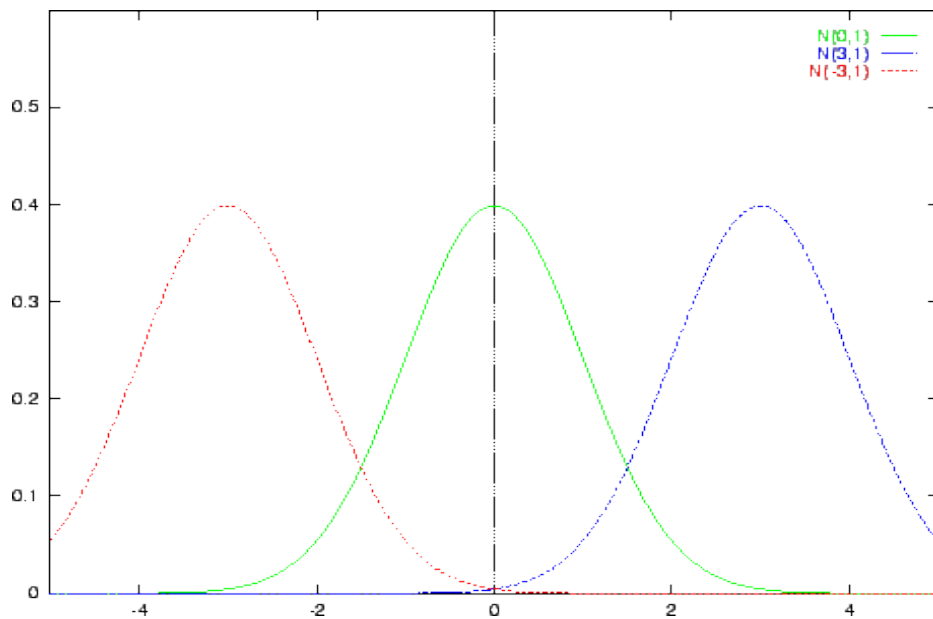


Figura 7.4-2: Distribución gaussianas con diferentes medidas de dispersión.

⁹¹ Fuente: <http://www.uv.es/ceaces/pdf/normal.pdf>

(σ^2) (o equivalentemente, σ) será el parámetro de dispersión. Cuando menor sea, mayor cantidad de masa de probabilidad habrá concentrada alrededor de la media, y cuando mayor sea, mas aplastado será.

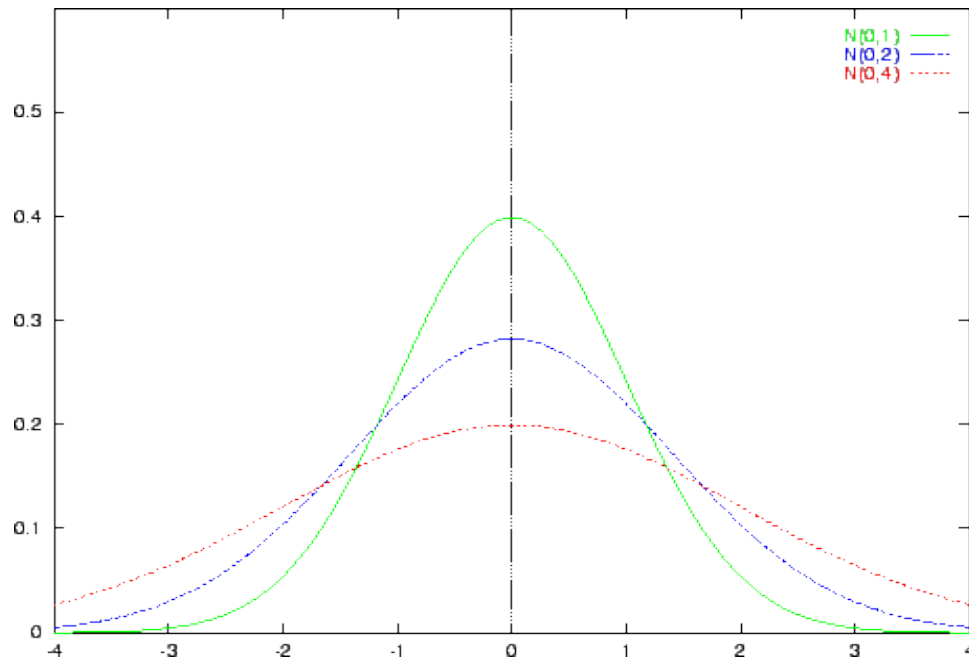


Figura 7.4-3: Distribución gaussianas con igual media pero varianza diferente.

Transformación Box Cox ⁹²:

A fin de poder interpretar correctamente los gráficos, resulta imprescindible que las observaciones provengan de una distribución aproximadamente normal. Si nuestros datos provienen de una distribución notablemente asimétrica, se puede aplicar la transformación Box-Cox para inducir normalidad.

Dada una variable aleatoria “Y” asociada a una distribución asimétrica, pretendemos transformarla en otra variable Y', donde $Y' = Y^\lambda$ ó $Y' = Ln Y$. El método de Box-Cox estima aquel valor para λ el cual minimiza la desviación estándar de Y'. Si $\lambda \neq 0$, entonces $Y' = Y^\lambda$; en caso contrario, $Y' = Ln Y$. Observar que si el valor obtenido para λ es próximo a la unidad, el transformar la variable no supondrá una gran ventaja.

⁹² Fuente: Manual de Ayuda, Software Minitab.

7.5 Anexo 5: Conceptos Importantes para Análisis de Aceite de Motor.

Viscosidad⁹³:

Medida de la resistencia de un líquido a fluir. La medida común métrica de la viscosidad absoluta es el Poise (aunque para medir viscosidad de aceite se ocupa el CentiStoke o cSt) que es definido como la fuerza necesaria para mover un centímetro cuadrado de área sobre una superficie paralela a la velocidad de 1 cm por segundo, con las superficies separadas por una película lubricante de 1 cm de espesor. La viscosidad varía inversamente proporcional con la temperatura. Por eso su valor no tiene utilidad si no se relaciona con la temperatura a la que el resultado es reportado.

Grados SAE de Viscosidad⁹⁴:

Los grados SAE (Siglas de Sociedad de Ingenieros del Automóvil) representan un nivel de viscosidad o resistencia a fluir, medidas a determinadas temperaturas. En general, cuanto más alta sea la viscosidad, más alto es el grado SAE.

Hay once grados SAE. Seis de ellos incluyen la designación W (por "Winter", invierno en idioma inglés), que indica que la viscosidad fue también medida a baja temperatura. Para los grados que no tienen esta denominación, la viscosidad se especifica a 100°C. Ellos son: 0W, 5W, 10W, 15W, 20W y 25W (Grados de Invierno) y los valores 20, 30, 40, 50 y 60 (Grados de Verano).

⁹³ Fuente: <http://www.widman.biz/Seleccion/viscosidad.html>

⁹⁴ Fuente: <http://www.essomobilborur.com/files/05-Grados%20de%20Viscosidad-%20Multigrados.pdf>

7.6 Anexo 6: Equipos Disponibles para Monitoreo de Signos Vitales.

Sistemas de Monitoreo Disponibles:

ECM: Electronic Control Module o Módulo de Control Electrónico es un Hardware que actúa como procesador de control de acciones dentro de componente. Permite llevar a cabo una serie de tareas procesando información obtenida de los sensores para generar una respuesta mediante actuadores, como por ejemplo las electroválvulas y los inyectores de motor.

D DEC: Detroit Diesel Electronic Controls. Software instalado en el ECM de los motores Detroit que permite el funcionamiento del mismo.

STATEX III: Software creado por General Electric y ocupado por Komatsu que está instalado en todos los ECM de la flota de camiones 830 DC y AC en algunas versiones.

KOMTRAX PLUS: Software de Monitoreo de Signos Vitales para algunos equipos Komatsu como Pala PC 8000, Pala PC 5500, Camiones 830 AC, Bulldozer D 475. Entrega información ya procesada para la toma de decisiones de mantención.

CENTRY: Software instalado en el ECM de Motor Cummins KTTA 38 de las Palas PC 5500, que permite el correcto funcionamiento del mismo.

QUANTUM: Software instalado en el ECM de Motor Cummins QSK 60 de la Pala PC 8000, que permite el correcto funcionamiento del mismo.

Sistemas de Procesamiento de Información:

DDDL: Detroit Diesel Diagnostic Link. Software creado para Motores Detroit en donde la información obtenida de los ECM son procesadas, para la toma de decisiones de mantención.

ET: Electronic Technician. Software creado para Componentes Caterpillar en donde la información obtenida de los ECM son procesadas, para la toma de decisiones de mantención.

CENSE: Software creado para Motores Cummins en donde la información obtenida de los ECM son procesadas, para la toma de decisiones de mantención.

VHMS: Vehicle Health Monitoring System. Software creado para Componentes Komatsu en donde la información obtenida de los ECM son procesadas, para la toma de decisiones de mantención.

Detalle de Equipos Disponibles para Procesamiento de Información de Signos Vitales.

Codigo Equipo	Tipo	Marca	Modelo	Número Equipo	Marca Motor	Modelo Motor	Sistema Monitoreo Actual	Sistema Procesamiento Información
CAM77301	CAMIÓN ALJIBE	Caterpillar	773	1	CATERPILLAR		ECM	ET
CAM77302	CAMIÓN ALJIBE	Caterpillar	773	2	CATERPILLAR		ECM	ET
CAM78501	CAMIÓN ALJIBE	Caterpillar	785 B	151	CATERPILLAR	3512C HD	ECM	ET
CAM83008	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	8	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83009	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	9	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83010	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	10	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83011	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	11	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83012	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	12	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83013	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	13	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83014	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	14	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83015	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	15	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83016	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	16	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83017	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	17	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83018	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	18	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83019	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	19	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83020	CAMIÓN	Komatsu	830 DC	20	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)
CAM83021	CAMIÓN	Komatsu	830	21	DETROIT	MTU 4000	D DEC	DDDL (MOTOR)

			DC					
CAM83022	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	22	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83023	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	23	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83024	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	24	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83025	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	25	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83026	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	26	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83027	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	27	DETROIT	MTU 4000	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83028	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	28	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83029	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	29	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83030	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	30	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83031	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	31	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83032	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	32	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83033	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	33	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83034	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	34	DETROIT	MTU 4000	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)

CAM83035	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	35	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83036	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	36	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CAM83037	CAMIÓN	Komatsu	830 AC	37	CUMMINS	QSK 60	STATEX III	CENSE (MOTOR) VHMS (OTROS PARAMETROS)
CARCAT01	CARGADOR	Caterpillar	994H	1	CATERPILLAR	3516B HD	ECM	ET
CARCAT02	CARGADOR	Caterpillar	994H	2	CATERPILLAR	3516B HD	ECM	ET
CARCAT03	CARGADOR	Caterpillar	994H	3	CATERPILLAR	3516B HD	ECM	ET
CARCAT04	CARGADOR	Caterpillar	994H	4	CATERPILLAR	3516B HD	ECM	ET
CARCAT08	CARGADOR	Caterpillar	994H	8	CATERPILLAR	3516B HD	ECM	ET
CAR185006	CARGADOR	Letourneau	L 1850	6	DETROIT	MTU 4000		LINCS
CAR185007	CARGADOR	Letourneau	L 1850	7	DETROIT	MTU 4000		LINCS
PALPC02	PALA HIDRAULICA	Komatsu	PC 5500	2	CUMMINS	KTTA 38	CENTRY	CENSE
PALPC03	PALA HIDRAULICA	Komatsu	PC 5500	3	CUMMINS	KTTA 38	CENTRY	CENSE
PALPC05	PALA HIDRAULICA	Komatsu	PC 5500	5	CUMMINS	KTTA 38	CENTRY	CENSE
PALPC06	PALA HIDRAULICA	Komatsu	PC 5500	6	CUMMINS	KTTA 38	CENTRY	CENSE
PALPC07	PALA HIDRAULICA	Komatsu	PC 8000	7	CUMMINS	QSK 60	QUANTUM	INSIDE(MOTOR) CENSE (TERMOCUPLAS)
PERPV05	PERFORADORA PRIMARIA	Atlas Copco	PV 271	5	CATERPILLAR	C 27	ECM	ET
PERD7502	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	D 75	2	CATERPILLAR	KTA 19 C	ECM	ET
PERD7506	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	D 75	6	CATERPILLAR	C 27	ECM	ET
PERD7511	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	D 75	11	CATERPILLAR	C 27	ECM	ET

PERD7512	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	D 75	12	CATERPILLAR	C 27	ECM	ET
PERDI607	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	DI 600	7	CATERPILLAR	C 15	ECM	ET
PERDI608	PERFORADORA PRIMARIA	Sandvik	DI 600	8	CATERPILLAR	C 15	ECM	ET
EXCAV02	EXCAVADORA	Komatsu	PC 800	2	KOMATSU		Komtrax Plus	KOMTRAX PLUS
EXCAV03	EXCAVADORA	Komatsu	PC 450	3	KOMATSU		Komtrax Plus	KOMTRAX PLUS
EXCAV04	EXCAVADORA MARTILLO	Komatsu	PC 800	4	KOMATSU		Komtrax Plus	KOMTRAX PLUS
TRAD47505	BULLDOZER	Komatsu	D 475	5	KOMATSU	SDA12V140E	STATEX III	VHMS
TRAD47506	BULLDOZER	Komatsu	D 475	6	KOMATSU	SDA12V140E	STATEX III	VHMS
CARW50011	CARGADOR FRONTAL	Komatsu	WA 500	11	KOMATSU			KOMTRAX PLUS
CARW50012	CARGADOR FRONTAL	Komatsu	WA 500	12	KOMATSU			KOMTRAX PLUS
CARW50013	CARGADOR FRONTAL	Komatsu	WA 500	13	KOMATSU			KOMTRAX PLUS

Tabla 7.6-1: Detalle de Equipos Disponibles para Procesamiento de Información de Signos Vitales.⁹⁵

⁹⁵ Fuente: Elaboración Propia.

Equipos de Mina:



Figura 7.6-1: Equipos de Mina.



Figura 7.6-2: Pala PC 8000.

7.7 Anexo 7: Parámetros Escogidos.

EQUIPO	PARÁMETRO
<u>Cargador L1850 (control)</u>	VOLTAJE GENERADOR
	FRECUENCIA
	VOLTAJE MOTOR 1,2, 3, 4
	CORRIENTE MOTOR 1, 2, 3, 4
	TEMPERATURA MOTOR 1, 2, 3, 4
<u>Cargador L1850 (hidráulicas/neumáticas)</u>	PRESION BOMBA PRINCIPAL 1, 2, 3, 4
	RPM FAN
	PRESION CARTER DEL MOTOR
	PRESION AIRE PRINCIPAL
	RESTRICCIÓN FILTROS KLENZ
<u>Cargador L1850 (Motor Diesel)</u>	RPM MOTOR
	PRESION ACEITE
	TEMPERATURA REFRIGERANTE
	PRESION COMBUSTIBLE
	RPM MOTOR DIESEL
<u>Camión AC (Motor Diesel)</u>	Velocidad de motor
	% de Aceleración del Pedal
	Inyector Metering Rail Press
	Presión de la Dirección
	Intake Manifold Pressure LB
	Intake Manifold Pressure RB
	Intake Manifold Temp LBF
	Intake Manifold Temp LBR

	Intake Manifold Temp RBF
	Intake Manifold Temp RBR
	Temperatura de Gases de Escape 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16
	Presión Aceite
	Diferencial de Presión en el Filtro de Aceite
	Presión de Salida del Aceite
	Temperatura del Aceite de Motor
	Temperatura de Refrigerante de Motor
	Presión de Refrigerante
	Injector Timing Rail Pressure
	Fuel Temperature
<u>Camion AC (Otros Parametros VHMS)</u>	Velocidad de Motor [RPM] (IM1ef)
	Velocidad de Camion [kph] (IM1gh)
	Radiator Fan Clutch [V] (IM 1t)
	Presion de Dirección [kPa] (IM 3d)
	Temperatura Ambiente [C] (IM3ef)
	Nivel de Combustible [%] (IM 3g)
	Voltaje bateria A [V] (IM 3h)
	Left Rear Brake Oil Temp [C] (IM 3i)
	5V Sensor Supply Voltage [V] (IM 3j)
	Battery Voltage B [V] (IM 3k)
	RR Brk Oil Hyd Tank Temp [C] (IM 3m)
	Battery Voltage C [V] (IM 3n)
	Brake Pressure [kPa] (IM 3p)
	Hoist Pressure2 [kPa] (IM 3q)
	Right Front Brake Oil Temp [C] (IM 3r)
	Hoist Pressure1 [kPa] (IM 3s)

	Left Front Brake Oil Temp [C] (IM 3t)
	Battery Voltage 24V [V] (IMint)
	Digital Outputs
	Digital Output StatusBits [63 .. 32]
	Digital Output StatusBits [31 .. 0]
	Service Brake Power [MW/m^2]
Pala 8000 (Motor Diesel)	Presión del Múltiple de Admisión
	Temperatura de Escape del Cilindro 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16
	Presión Diferencial del Filtro de Aceite
	Presión del Aceite del Motor
	Temperatura del Aceite del Motor
	Temperatura del Refrigerante del Motor
	Presión del Refrigerante
	Carga Porcentual
	Velocidad del Motor
	Presión del Riel de Combustible Medida
	Temperatura de Escape del Cilindro 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
	Presión del Cáster del Motor
	Temperatura del Múltiple de Admisión
	Índice de Combustible Instantáneo
<u>Bulldozer D475 (VHMS)</u>	Eng.Speed(Max)
	Blowby Press Max
	LBF Exh.TempMax
	LBR Exh.TempMax
	RBF Exh.TempMax
	RBR Exh.TempMax

	Boost Press Max
	EOilPre.MAX
	E.OilP.L_Min
	E.OilP.H_Min
	Eng.OilTmp.MAX
	Cool Temp.MAX
	Cool Temp.Min
	Fuel Rate
	Ambient TempMax
	Ambient TempAve
	Ambient TempMin
	Atomos. Pres.Ave
	TM Main P.Max
	TM Main P.Ave
	T/C Oil TempMax
	F-Pump Pres.Max
	R-Pump Pres.Max
	HydOilTempMax
	HydOilTempAve
	HydOilTempMin
<u>Pala 2 y 3 PC 5500 (Manómetro)</u>	Presión Turbo
	Presión Aceite
	Presión de Combustible
	Presión de Carter
<u>Pala 5 y 6 PC 5500 (Motor Diesel)</u>	Presión del Múltiple de Admisión
	Temperatura de Escape del Cilindro 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16

	Presión Diferencial del Filtro de Aceite
	Presión del Aceite del Motor
	Temperatura del Aceite del Motor
	Temperatura del Refrigerante del Motor
	Presión del Refrigerante
	Carga Porcentual
	Velocidad del Motor
	Presión del Riel de Combustible Medida
	Temperatura de Escape del Cilindro 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15
	Presión del Cáster del Motor
	Temperatura del Múltiple de Admisión
	Índice de Combustible Instantáneo
<u>Cargador 994</u>	RPM MOTOR
	TEMPERATURA ACEITE HIDRAULICO
	TEMPERATURA ACEITE MOTOR DIESEL
	TEMPERATURA REFRIGERANTE MOTOR DIESEL
	TEMPERATURA ACEITE DIRECIÓN
	TEMPERATURA ACEITE FRENO
<u>WA 500</u>	Temperatura de Motor
<u>Excavadora PC 800 y PC 450</u>	Temperatura de Motor
<u>Wheeldozer 834</u>	Temperatura del aceite del eje delantero
	Temperatura del aceite del eje trasero
	Velocidad del motor
	Duración de la inyección
	Hydr. Oil Temp
	Presion de aceite del motor
	Presión de combustible
	Presión de refuerzo

	Presion de salida del turbo (absoluta)
	Reducción de potencia del motor
	Temperatura del combustible
	Temperatura del refrigerante del motor
Camion 830 DC (Motor Diesel)	RPM MOTOR
	ANCHO DE PULSO
	PRESIÓN DE TURBO
	% DE CARGA
	TEMPERATURA ACEITE
	TEMPERATURA AGUA
	TEMPERATURA INTERCOOLER
	PRESION DE ACEITE
	PRESIÓN DE COMB.
	PRESIÓN DE CARTER
	PRESION DE AGUA
	PRESION DE INYECCION

Tabla 7.7-1: Parámetros escogidos.⁹⁶

⁹⁶ Fuente: Departamento de Mantenimiento Mina, División El Soldado.

7.8 Anexo 8: Cálculo de Beneficio después del TBO.

EQUIPO	COMPONENTE	VALOR NUEVO US\$	VALOR REPARADO US\$	TBO 2013 hrs	Valor Equipo/Hr US\$	Horómetro Mes Anterior	Horómetro Mes Actual	Acum	% Meta	Calcular Beneficio
CAM83008	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13	21000	21200	400	5%	\$ 0
CAM83008	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4	0	2500	0	5%	\$ 0
CAM83008	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10	23000	27500	900	5%	\$ 37.398
CAM83008	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12	2500	3620	0	5%	\$ 0
CAM83008	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33	18000	20	0	5%	\$ 0
CAM83008	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3	12000	23000	0	5%	\$ 0
CAM83008	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4	22000	25000	300	5%	\$ 11.971
CAM83008	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5	11950	12350	400	5%	\$ 0
CAM83009	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83009	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0

CAM83010	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83010	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83011	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83012	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0

CAM83013	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83013	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83014	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83015	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	CONJUNTO MAZA - MUÑON	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0

	- FRENO									
CAM83016	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83016	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83017	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83018	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0

CAM83019	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83019	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83020	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Conjunto Banco de Parrillas (consta 20 cu Parrillas)	\$ 262.600	\$ 183.820	20000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	CONJUNTO MAZA - MUÑON - FRENO	\$ 60.516	\$ 42.361	14000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Alternador Principal 5GTA-26	\$ 249.323	\$ 174.526	24000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	MODULO 5772002481 COMPLETO + MOTOR MTU	\$ 280.000	\$ 196.000	24000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Motor de Tracción	\$ 588.653	\$ 412.057	18000	\$ 33		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Radiador Agua (20V)	\$ 71.000	\$ 49.700	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83021	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83022	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0

CAM83022	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83022	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83022	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83022	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83023	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83023	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83023	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83023	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83023	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83024	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83024	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83024	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83024	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83024	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83025	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83025	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83025	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83025	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83025	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83026	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83026	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83026	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83026	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83026	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83027	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83027	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83027	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83027	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83027	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0

CAM83028	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83028	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83028	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83028	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83028	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83029	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83029	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83029	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83029	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83029	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83030	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83030	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83030	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83030	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83030	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83031	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83031	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83031	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83031	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83031	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83032	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83032	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83032	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83032	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83032	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83033	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83033	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83033	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83033	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0

CAM83033	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83034	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83034	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83034	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83034	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83034	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83035	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83035	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83035	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83035	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83035	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83036	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83036	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83036	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83036	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83036	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAM83037	GENERADOR PRINCIPAL	\$ 312.396	\$ 218.677	24000	\$ 13		0	0	5%	\$ 0
CAM83037	MOTOR DIESEL QSK60	\$ 485.000	\$ 339.500	24000	\$ 20		0	0	5%	\$ 0
CAM83037	RADIADOR AGUA	\$ 66.544	\$ 46.581	24000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CAM83037	Suspensiones Delantera	\$ 79.807	\$ 55.865	18000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
CAM83037	Suspensiones Trasera	\$ 63.883	\$ 44.718	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
CAR185007	Caja PTO	\$ 57.359	\$ 40.151	14000	\$ 4	561284	0	0	5%	\$ 0
CAR185007	BOMBA ENGRASE	\$ 5.603.100	\$ 3.922.170	5000	\$ 1.121	200	0	0	5%	\$ 0
CAR185008	Cilindro levante derecho	\$ 126.187	\$ 88.331	8000	\$ 16	5484	0	0	5%	\$ 0
CAR185008	Caja PTO	\$ 57.359	\$ 40.151	14000	\$ 4	561284	0	0	5%	\$ 0
CAR185009	Cilindro levante izquierdo	\$ 126.187	\$ 88.331	8000	\$ 16	47785	0	0	5%	\$ 0
CAR185009	Cilindro levante derecho	\$ 126.187	\$ 88.331	8000	\$ 16	5484	0	0	5%	\$ 0
CAR185010	Cilindro Volteo derecho HL	\$ 73.414	\$ 51.390	8000	\$ 9	5484	0	0	5%	\$ 0

CAR185010	Cilindro levante Izquierdo	\$ 126.187	\$ 88.331	8000	\$ 16	47785	0	0	5%	\$ 0
CAR185011	Cilindro Volteo izquierdo HL	\$ 73.414	\$ 51.390	8000	\$ 9	4175	0	0	5%	\$ 0
CAR185011	Cilindro Volteo derecho HL	\$ 73.414	\$ 51.390	8000	\$ 9	5484	0	0	5%	\$ 0
CAR185012	Conjunto Radiador/Enfriador de Aceite	\$ 98.739	\$ 69.117	10000	\$ 10	54178	0	0	5%	\$ 0
CAR185012	Cilindro Volteo izquierdo HL	\$ 73.414	\$ 51.390	8000	\$ 9	4175	0	0	5%	\$ 0
CAR185013	Generador	\$ 202.843	\$ 141.990	14000	\$ 14	54184	0	0	5%	\$ 0
CAR185013	Conjunto Radiador/Enfriador de Aceite	\$ 98.739	\$ 69.117	10000	\$ 10	54178	0	0	5%	\$ 0
CAR185014	Mando final # 1	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	817487	0	0	5%	\$ 0
CAR185014	Generador	\$ 202.843	\$ 141.990	14000	\$ 14	54184	0	0	5%	\$ 0
CAR185015	Mando final # 2	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	4899	0	0	5%	\$ 0
CAR185015	Mando final # 1	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	817487	0	0	5%	\$ 0
CAR185016	Mando final # 3	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	514	0	0	5%	\$ 0
CAR185016	Mando final # 2	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	4899	0	0	5%	\$ 0
CAR185017	Mando final # 4	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	8719	0	0	5%	\$ 0
CAR185017	Mando final # 3	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	514	0	0	5%	\$ 0
CAR185018	Motor Tracción # 1	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	2487829	0	0	5%	\$ 0
CAR185018	Mando final # 4	\$ 362.268	\$ 253.587	15000	\$ 24	8719	0	0	5%	\$ 0
CAR185019	Motor Tracción # 2	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	818	0	0	5%	\$ 0
CAR185019	Motor Tracción # 1	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	2487829	0	0	5%	\$ 0
CAR185020	Motor Tracción # 3	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	8178149	0	0	5%	\$ 0
CAR185020	Motor Tracción # 2	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	818	0	0	5%	\$ 0
CAR185021	Motor Tracción # 4	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
CAR185021	Motor Tracción # 3	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19	8178149	0	0	5%	\$ 0
CAR185022	Radiador Agua	\$ 93.184	\$ 65.229	1000	\$ 93		0	0	5%	\$ 0
CAR185022	Motor Tracción # 4	\$ 227.000	\$ 158.900	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
CAR185023	Radiador Agua	\$ 93.184	\$ 65.229	1000	\$ 93		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Caja PTO 994 trasera series A y D	\$ 82.000	\$ 57.400	25000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0

CARCAT01	Diferencial Delantero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Diferencial Trasero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Motor Diesel 3516 3TZ (Electrónico)	\$ 406.522	\$ 284.565	25000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Motor Diesel 994-A Mod.3516 (Mecánico)	\$ 421.739	\$ 295.217	25000	\$ 17		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Convertidor de Torque 994-A (original con volante)	\$ 67.000	\$ 46.900	12000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
CARCAT01	Diferencial Trasero (N.3) 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Caja PTO 994 trasera series A y D	\$ 82.000	\$ 57.400	25000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Diferencial Delantero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Diferencial Trasero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Motor Diesel 3516 3TZ (Electrónico)	\$ 406.522	\$ 284.565	25000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Motor Diesel 994-A Mod.3516 (Mecánico)	\$ 421.739	\$ 295.217	25000	\$ 17		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Convertidor de Torque 994-A (original con volante)	\$ 67.000	\$ 46.900	12000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
CARCAT02	Diferencial Trasero (N.3) 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Caja PTO 994 trasera series A y D	\$ 82.000	\$ 57.400	25000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Diferencial Delantero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Diferencial Trasero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Motor Diesel 3516 3TZ (Electrónico)	\$ 406.522	\$ 284.565	25000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Motor Diesel 994-A Mod.3516 (Mecánico)	\$ 421.739	\$ 295.217	25000	\$ 17		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Convertidor de Torque 994-A (original con volante)	\$ 67.000	\$ 46.900	12000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
CARCAT03	Diferencial Trasero (N.3)	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0

	8R4202									
CARCAT04	Caja PTO 994 trasera series A y D	\$ 82.000	\$ 57.400	25000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Diferencial Delantero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Diferencial Trasero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Motor Diesel 3516 3TZ (Electrónico)	\$ 406.522	\$ 284.565	25000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Motor Diesel 994-A Mod.3516 (Mecánico)	\$ 421.739	\$ 295.217	25000	\$ 17		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Convertidor de Torque 994-A (original con volante)	\$ 67.000	\$ 46.900	12000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
CARCAT04	Diferencial Trasero (N.3) 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Caja PTO 994 trasera series A y D	\$ 82.000	\$ 57.400	25000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Diferencial Delantero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Diferencial Trasero 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Motor Diesel 3516 3TZ (Electrónico)	\$ 406.522	\$ 284.565	25000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Motor Diesel 994-A Mod.3516 (Mecánico)	\$ 421.739	\$ 295.217	25000	\$ 17		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Convertidor de Torque 994-A (original con volante)	\$ 67.000	\$ 46.900	12000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
CARCAT08	Diferencial Trasero (N.3) 8R4202	\$ 49.863	\$ 34.904	24000	\$ 2		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Motor Diesel 1			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Motor Diesel 2			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Caja PTO 1	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Caja PTO 2	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Balde			6000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Válvula Principal Izquierda	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Válvula Principal Central	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0

PALPC02	Válvula Principal Derecha	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Mando Final Izquierdo	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Mando Final Derecho	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Stick Derecho	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Stick Izquierdo	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Boom Derecho	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Boom Izquierdo	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Volteo Izquierdo	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Cilindro Volteo derecho	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Reductor Giro Trasero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Reductor Giro Delantero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Oruga Derecha	\$ 605.045		22000	\$ 28		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Oruga Izquierda	\$ 671.903		22000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Rueda Tensora Derecha	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Rueda Tensora Izquierda	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Corona Giro	\$ 572.620		30000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 1	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 2	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 3	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 4	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 5	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Bomba hidráulica Principal # 6	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	Motor Diesel KTTA 38	\$ 186.126	\$ 130.288	16000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
PALPC02	BALDE 29M3	\$ 524.152	\$ 366.906	8000	\$ 66		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Motor Diesel 1			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Motor Diesel 2			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Caja PTO 1	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Caja PTO 2	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Balde			6000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0

PALPC03	Válvula Principal Izquierda	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Válvula Principal Central	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Válvula Principal Derecha	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Mando Final Izquierdo	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Mando Final Derecho	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Stick Derecho	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Stick Izquierdo	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Boom Derecho	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Boom Izquierdo	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Volteo Izquierdo	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Cilindro Volteo derecho	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Reductor Giro Trasero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Reductor Giro Delantero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Oruga Derecha	\$ 605.045		22000	\$ 28		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Oruga Izquierda	\$ 671.903		22000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Rueda Tensora Derecha	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Rueda Tensora Izquierda	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Corona Giro	\$ 572.620		30000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 1	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 2	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 3	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 4	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 5	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Bomba hidráulica Principal # 6	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	Motor Diesel KTTA 38	\$ 186.126	\$ 130.288	16000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
PALPC03	BALDE 29M3	\$ 524.152	\$ 366.906	8000	\$ 66		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Motor Diesel 1			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Motor Diesel 2			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Caja PTO 1	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0

PALPC05	Caja PTO 2	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Balde			6000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Válvula Principal Izquierda	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Válvula Principal Central	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Válvula Principal Derecha	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Mando Final Izquierdo	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Mando Final Derecho	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Stick Derecho	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Stick Izquierdo	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Boom Derecho	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Boom Izquierdo	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Volteo Izquierdo	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Cilindro Volteo derecho	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Reductor Giro Trasero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Reductor Giro Delantero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Oruga Derecha	\$ 605.045		22000	\$ 28		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Oruga Izquierda	\$ 671.903		22000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Rueda Tensora Derecha	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Rueda Tensora Izquierda	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Corona Giro	\$ 572.620		30000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 1	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 2	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 3	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 4	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 5	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Bomba hidráulica Principal # 6	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	Motor Diesel KTTA 38	\$ 186.126	\$ 130.288	16000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0
PALPC05	BALDE 29M3	\$ 524.152	\$ 366.906	8000	\$ 66		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Motor Diesel 1			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0

PALPC06	Motor Diesel 2			14000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Caja PTO 1	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Caja PTO 2	\$ 148.150		25000	\$ 6		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Balde			6000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Válvula Principal Izquierda	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Válvula Principal Central	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Válvula Principal Derecha	\$ 60.103		15000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Mando Final Izquierdo	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Mando Final Derecho	\$ 315.072		30000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Stick Derecho	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Stick Izquierdo	\$ 124.367		12000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Boom Derecho	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Boom Izquierdo	\$ 163.968		12000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Volteo Izquierdo	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Cilindro Volteo derecho	\$ 131.291		8000	\$ 16		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Reductor Giro Trasero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Reductor Giro Delantero	\$ 135.984		15000	\$ 9		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Oruga Derecha	\$ 605.045		22000	\$ 28		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Oruga Izquierda	\$ 671.903		22000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Rueda Tensora Derecha	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Rueda Tensora Izquierda	\$ 87.448		20000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Corona Giro	\$ 572.620		30000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 1	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 2	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 3	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 4	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 5	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Bomba hidráulica Principal # 6	\$ 48.262		15000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC06	Motor Diesel KTTA 38	\$ 186.126	\$ 130.288	16000	\$ 12		0	0	5%	\$ 0

PALPC06	BALDE 29M3	\$ 524.152	\$ 366.906	8000	\$ 66		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Motor Diesel 1			15000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Motor Diesel 2			15000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Caja PTO 1			25000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Caja PTO 2			25000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Balde			8000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Válvula Principal 1	\$ 60.103		20000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Válvula Principal 2	\$ 60.103		20000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Válvula Principal 3	\$ 60.103		20000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Válvula Principal 4	\$ 60.103		20000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Mando Final Izquierdo	\$ 452.234		40000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Mando Final Derecho	\$ 452.234		40000	\$ 11		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Stick Derecho			12000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Stick Izquierdo			12000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Boom Derecho			12000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Boom Izquierdo			12000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Volteo Izquierdo			10000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Cilindro Volteo derecho			10000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Reductor Giro Izquierdo	\$ 135.984		20000	\$ 7		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Oruga Derecha			22000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Oruga Izquierda			22000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Rueda Tensora Derecha			20000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Rueda Tensora Izquierda			20000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Sproket Izquierdo	\$ 140.364		10000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Sproket Derecho	\$ 140.364		10000	\$ 14		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Corona Giro			40000	\$ 0		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 1	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 2	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 3	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0

PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 4	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 5	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 6	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 7	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PALPC07	Bomba hidráulica Principal # 8	\$ 51.329		12500	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PERD7502	BOMBA DE ROTACION	\$ 228.481	\$ 159.937	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PERD7502	CADENAS AVANCE	\$ 275.728	\$ 193.009	4500	\$ 61		0	0	5%	\$ 0
PERD7502	MOTOR CUMMINS KTA-19C	\$ 52.000	\$ 36.400	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PERD7503	BOMBA DE ROTACION	\$ 228.481	\$ 159.937	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PERD7503	CADENAS AVANCE	\$ 275.728	\$ 193.009	4500	\$ 61		0	0	5%	\$ 0
PERD7503	MOTOR CUMMINS KTA-19C	\$ 52.000	\$ 36.400	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PERD7506	BOMBA DE ROTACION	\$ 228.481	\$ 159.937	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PERD7506	CADENAS AVANCE	\$ 275.728	\$ 193.009	4500	\$ 61		0	0	5%	\$ 0
PERD7506	MOTOR CUMMINS KTA-19C	\$ 52.000	\$ 36.400	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PERD7511	BOMBA DE ROTACION	\$ 228.481	\$ 159.937	12000	\$ 19		0	0	5%	\$ 0
PERD7511	CADENAS AVANCE	\$ 275.728	\$ 193.009	4500	\$ 61		0	0	5%	\$ 0
PERD7511	MOTOR CUMMINS KTA-19C	\$ 52.000	\$ 36.400	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
PERDMM3	Unidad Compresora Ppal.	\$ 127.573	\$ 89.301	12000	\$ 11			0	5%	\$ 0
PERDMM3	Mando Final Caterpillar (1 uni.)	\$ 58.299	\$ 40.809	20000	\$ 3			0	5%	\$ 0
PERDMM3	MOTOR ;MOTOR DIESEL	\$ 232.000	\$ 162.400	12000	\$ 19			0	5%	\$ 0
PERDMM3	BOMBA DE ROTACION	\$ 376.277	\$ 263.394	12000	\$ 31			0	5%	\$ 0
PERDMM3	BOMBA DE AVANCE	\$ 376.277	\$ 263.394	12000	\$ 31			0	5%	\$ 0
PERDMM3	BOMBA DE AGUA	\$ 180.747	\$ 126.523	8000	\$ 23			0	5%	\$ 0
PERDMM3	PIOLAS AVANCE	\$ 83.622	\$ 58.535	8000	\$ 10			0	5%	\$ 0
PERDMM3	PIOLAS RETROCESO	\$ 72.367	\$ 50.657	6000	\$ 12			0	5%	\$ 0
PERDMM3	BOMBA DOBLE	\$ 51.198	\$ 35.838	12000	\$ 4			0	5%	\$ 0
PERPV05	CABEZAL DE ROTACION ** (Unidad de Rotación)	\$ 80.235	\$ 56.165	12000	\$ 7		0	0	5%	\$ 0
PERPV05	COMPRESOR	\$ 62.465	\$ 43.726	12000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0

PERPV05	MANDO FINAL	\$ 67.200	\$ 47.040	20000	\$ 3		0	0	5%	\$ 0
TRA82401	TRANSMISION	\$ 127.026	\$ 88.918	15000	\$ 8		0	0	5%	\$ 0
TRA82402	TRANSMISION	\$ 127.026	\$ 88.918	15000	\$ 8		0	0	5%	\$ 0
TRA83403	Convertidor de Torque	\$ 68.000	\$ 47.600	15000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRA83404	Convertidor de Torque	\$ 68.000	\$ 47.600	15000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRA83405	Convertidor de Torque	\$ 68.000	\$ 47.600	15000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRA83406	Convertidor de Torque	\$ 68.000	\$ 47.600	15000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T01	Motor Diesel	\$ 105.446	\$ 73.812	15000	\$ 7		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T01	Mando Final	\$ 52.729	\$ 36.910	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T01	TRANSMISION	\$ 93.151	\$ 65.206	18000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T02	Motor Diesel	\$ 105.446	\$ 73.812	15000	\$ 7		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T02	Mando Final	\$ 52.729	\$ 36.910	12000	\$ 4		0	0	5%	\$ 0
TRAD10T02	TRANSMISION	\$ 93.151	\$ 65.206	18000	\$ 5		0	0	5%	\$ 0
TRAD47505	PALA	\$ 50.000	\$ 35.000	5000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
TRAD47505	POWER TRAIN	\$ 183.836	\$ 128.685	18000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
TRAD47505	FINAL DRIVE (L)	\$ 371.300	\$ 259.910	12000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0
TRAD47506	PALA	\$ 50.000	\$ 35.000	5000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
TRAD47506	POWER TRAIN	\$ 183.836	\$ 128.685	18000	\$ 10		0	0	5%	\$ 0
TRAD47506	FINAL DRIVE (L)	\$ 371.300	\$ 259.910	12000	\$ 31		0	0	5%	\$ 0

Tabla 7.8-1: Cálculo de Beneficio después del TBO.⁹⁷

⁹⁷ Fuente: Elaboración Propia.

7.9 Anexo 9: Gráficos de Control con Causas Asignables.

Gráficas Para Pala en Producción

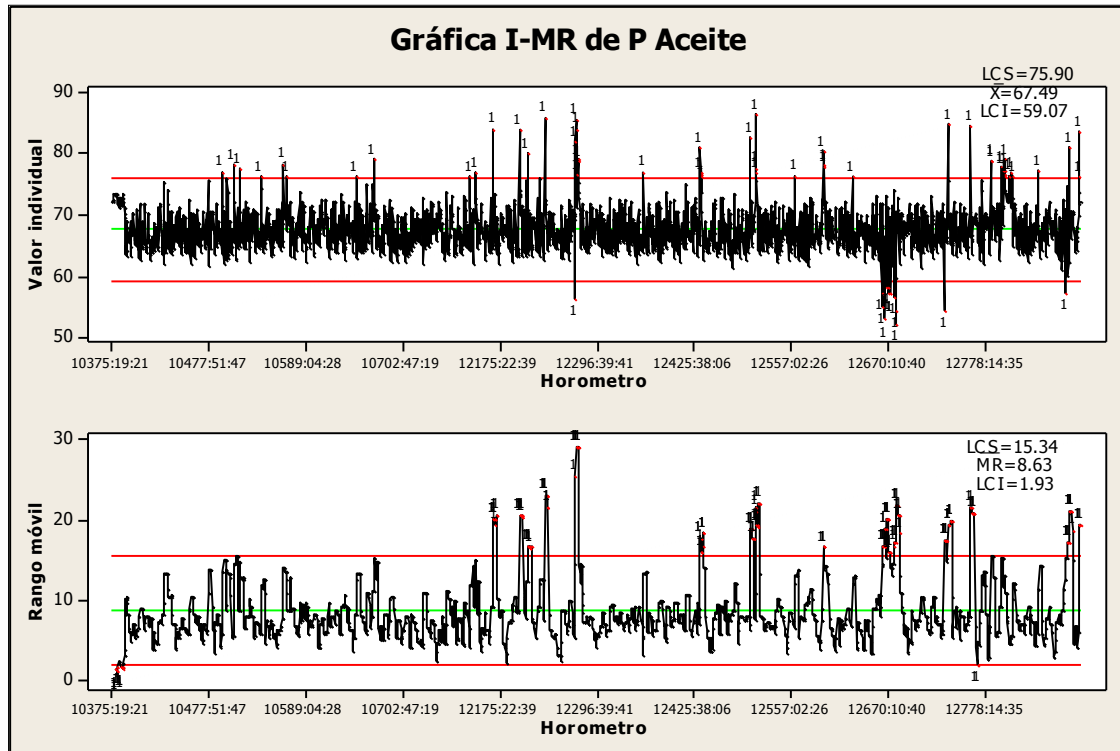


Gráfico 7.9-1: Gráfica I-MR de Presión de Aceite de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.⁹⁸

⁹⁸ Fuente: Elaboración Propia.

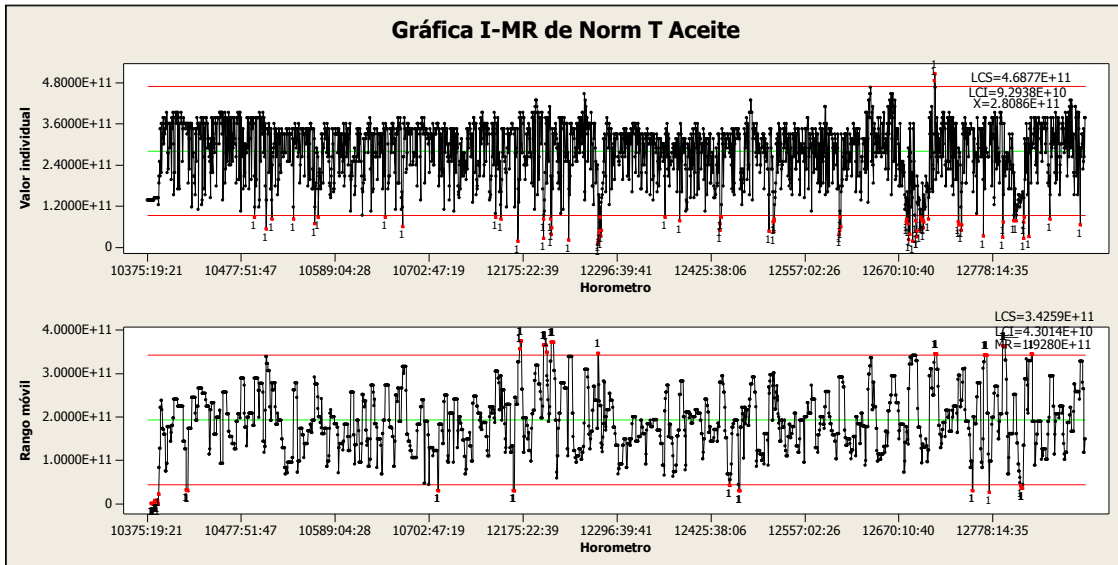


Gráfico 7.9-2: Gráfica I-MR de Temperatura de Aceite de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.⁹⁹

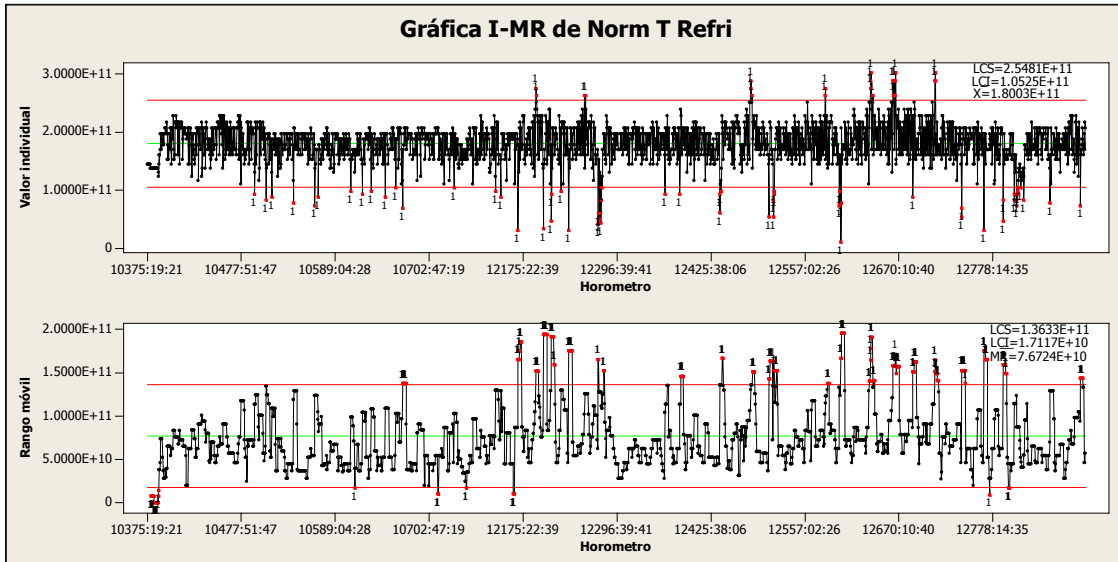


Gráfico 7.9-3: Gráfica I-MR de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala en Producción con Causas Asignables.¹⁰⁰

⁹⁹ Fuente: Elaboración Propia.

¹⁰⁰ Fuente: Elaboración Propia.

Gráficas para Pala Improductiva

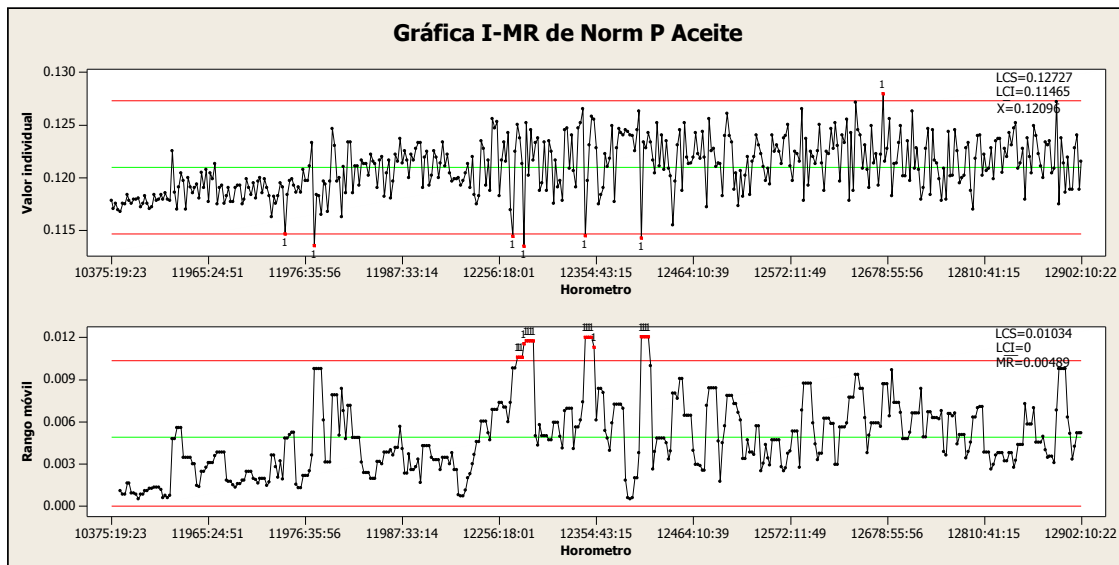


Gráfico 7.9-4: Gráfica I-MR de Presión de Aceite de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.¹⁰¹

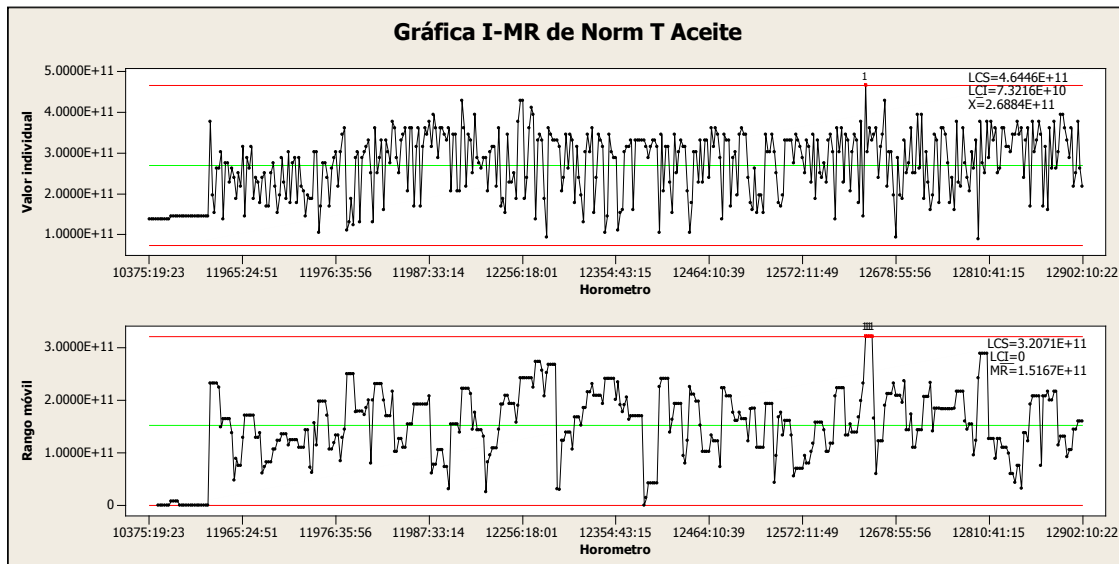


Gráfico 7.9-5: Gráfica I-MR de Temperatura de Aceite de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.¹⁰²

¹⁰¹ Fuente: Elaboración Propia.

¹⁰² Fuente: Elaboración Propia.

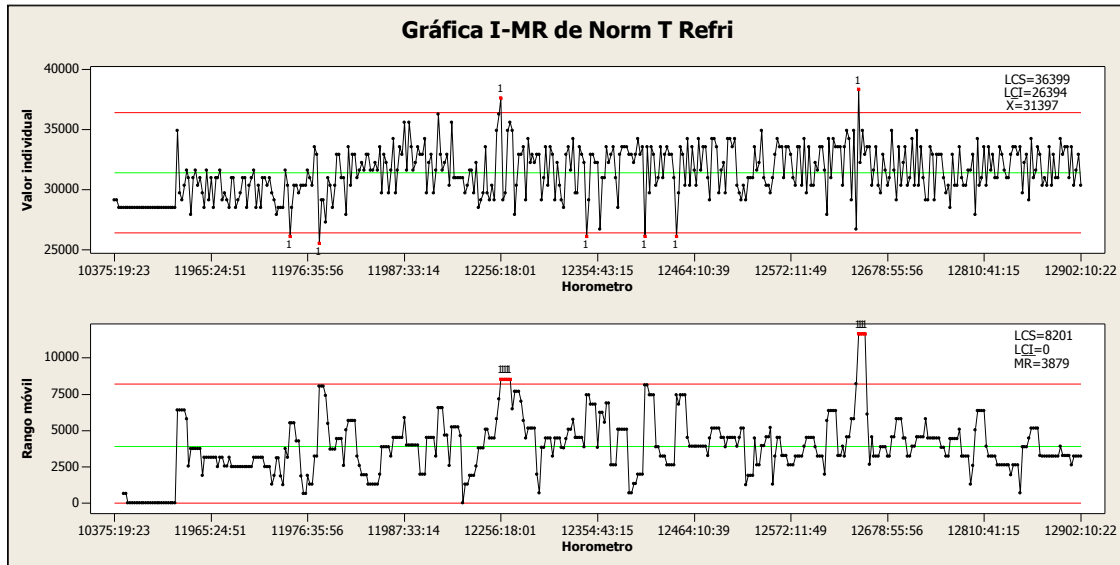


Gráfico 7.9-6: Gráfica I-MR de Temperatura de Refrigerante de Motor para Pala Improductiva con Causas Asignables.¹⁰³

¹⁰³ Fuente: Elaboración Propia.