

**METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO TOP END 20000 HORAS, PARA UN MOTO COMPRESOR  
INTEGRAL DE DOS TIEMPOS Y 3 ETAPAS AJAX DPC-600 BASADO EN  
RECOMENDACIONES CBM Y CONFIABILIDAD**

**NICOLAS MORALES GARCIA  
JAIME ARLEY SANDOVAL DELGADO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2014**

**METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE  
MANTENIMIENTO TOP END 20000 HORAS, PARA UN MOTO COMPRESOR  
INTEGRAL DE DOS TIEMPOS Y 3 ETAPAS AJAX DPC-600 BASADO EN  
RECOMENDACIONES CBM Y CONFIABILIDAD**

**NICOLAS MORALES GARCIA  
JAIME ARLEY SANDOVAL DELGADO**

**Monografía de Grado presentada como requisito para optar el título de  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**Director: LUIS GERARDO GOMEZ BUENO  
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICA  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA**

**2014**

## **DEDICATORIA**

*Gracias a Dios por guiar este camino que hasta hora inicia.*

*Gracias a mis padres Jaime Morales y Esperanza Garcia, que con su apoyo y paciencia lograron convertir los sueños de sus hijos en realidad.*

*Gracias a mi hermano Giovanny Morales por siempre estar ahí como apoyo en los innumerables momentos que estuve por caer.*

*Hermanita, gracias por ponerse esas metas tan altas, las cuales generaron en mí el interés de marcar también una diferencia.*

*Agradezco la colaboración de Confipetrol S.A*

*Dedico esta monografía a mis dos sobrinitas a las cuales les espera un grandioso futuro*

**NICOLAS MORALES GARCIA**

Dios por todo lo bueno que me ha dado y factor principal de mi vida, a mis padres Jaime Sandoval y Ana Delgado por darme la vida, la crianza teniendo a Dios cómo factor primordial, a mi novia Leidy Natalia Sierra por su apoyo incondicional en ésta etapa de mi vida; a mis hermanos, Nicolás Morales compañero de trabajo y Luis Gerardo Gómez director de monografía.

**JAIME ARLEY**

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCION .....	16
1. ECOPETROL S.A .....	17
1.1. RESENA HISTORICA.....	17
1.1.1. Misión.....	17
1.1.2. Visión.....	17
1.2. ORGANIGRAMA.....	18
1.3. UBICACIÓN .....	19
2. MARCO TEORICO .....	23
2.1. MANTENIMIENTO PREDICTIVO .....	23
2.1.1. Principales Objetivos del Mantenimiento Predictivo.....	23
2.1.2. Ventajas del Mantenimiento Predictivo .....	24
2.1.3. Tecnologías Empleadas Por Mantenimiento Predictivo.....	24
2.1.3.1. Monitoreo de Vibraciones y Señales de Muy Alta Frecuencia .....	24
2.1.3.2. Monitoreo del Aceite Lubricante.....	25
2.1.3.3. Termografía.....	27
2.1.3.4. Monitoreo de Corrientes en Motores Eléctricos: .....	30
2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD .....	31
2.2.1 Confiabilidad.....	31
2.2.1.1 Ingeniería de Confiabilidad.....	31
2.2.1.2 ¿Por Que La Ingeniería De Confiabilidad?.....	32
2.2.1.3 Indicadores de Confiabilidad.....	32
2.2.2 Disponibilidad.....	33
2.2.3 Análisis Pareto.....	33
2.3 MANTENIMIENTOS MAYORES.....	35
2.3.1 Mayor Overhaul.....	35

2.3.2 Top Overhaul .....	36
2.4 GESTION DE PROYECTOS .....	37
2.4.1 Proyecto.....	37
2.4.2 Dirección De Proyectos.....	37
2.4.3 Ciclo De Vida Del Proyecto.....	38
2.4.4 Interesados. ....	39
2.4.5 Alcance .....	40
2.4.6 Plan Detallado De Trabajo (PDT). ....	41
2.5 MOTORES Y COMPRESORES RECIPROCANTES .....	42
2.5.1 Motor de dos Tiempos. ....	45
2.5.2 Motor De Cuatro Tiempos.....	46
2.5.3 Compresor Integral. ....	48
2.5.4 Compresor Independiente.....	49
3. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO .....	51
3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION .....	51
3.1.1 Datos Operacionales .....	51
3.1.2 Análisis De Desempeño Dinámico.....	52
3.1.3 Análisis de Aceite.....	55
3.1.4 Confiabilidad de la Unidad .....	56
3.1.5 Análisis Pareto .....	61
3.2 DEFINICION DEL ALCANCE .....	65
3.3 GENERACIÓN DE APL .....	66
3.3.1 APL Mecanico.....	66
3.3.2 APL Instrumentos Y Eléctrica. ....	70
3.4 CONSECUION DE PDT .....	73
3.4.1 Listado De Actividades.....	73
3.4.2 Definición de Grupo de Trabajo .....	74
3.4.3 Herramientas y Equipos a Utilizar .....	74

4. CONCLUSIONES .....	77
5. RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80
ANEXO .....	82

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Datos Operacionales Maquina K1 Compresora Llanito .....	51
Tabla 2. Datos analisis Pareto Malos Actores 2012.....	62
Tabla 3. Datos Análisis Pareto Malos Actores 2013 .....	64
Tabla 4. Listado de Repuestos Mecanicos .....	67
Tabla 5. Listado de Repuestos Frente Instrumentos .....	71
Tabla 6. Personal Ejecutor.....	74
Tabla 7. Herramientas y Equipos.....	74

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Organigrama General de Ecopetrol S.A. ....	18
Figura 2. Gráfico de la Estación Compresora de Gas Llanito (SOM).....	19
Figura 3. Motor Compresor K1 Llanito. ....	22
Figura 4. Termo grama en válvulas de cilindro compresor #1 .....	28
Figura 5. Termograma Polea Y Chumaseira De Ventilador.....	29
Figura 6. Espectro de Rodamientos de un soporte.....	30
Figura 7. Software Weibull +++.....	31
Figura 8. Intervalo MTBF, MTBR, MTTF.....	32
Figura 9. Análisis Pareto Maquina 8LP estación Suerte .....	34
Figura 10. Análisis Típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto.....	39
Figura 11. Relación entre los interesados y el proyecto .....	40
Figura 12. Alcance: Entradas y Salidas de un Proyecto .....	40
Figura 13. Nomenclaturas para motores Reciprocantes.....	42
Figura 14. Volúmenes de desplazamiento y espacio libre en un motor reciprocante .....	43
Figura 15. Ecuación relación de Compresión .....	44
Figura 16. Ecuación de trabajo neto producido durante un ciclo. ....	44
Figura 17. Salida neta de trabajo.....	45
Figura 18. Ciclos de un motor de dos tiempos.....	46
Figura 19. Ciclos de un motor de 4 tiempos. ....	48
Figura 20. Unidad Compresora de Baja Presión IR 12SVG .....	48
Figura 21. Unidad Compresora Independiente G3608 – 6HOS4.....	50
Figura 22. Estado de Lubricante Motor- Compresor K1 Llanito .....	55
Figura 23. Comportamiento Disponibilidad y Confiabilidad 2012.....	56
Figura 24. Comportamiento Disponibilidad y Confiabilidad 2013.....	58
Figura 25. Indicadores de confiabilidad (MTTR Y MTTF) 2013 .....	60

Figura 26. Comportamiento indicadores de disponibilidad & confiabilidad año 2014 .....60

Figura 27. Análisis Pareto Malos Actores 2012 .....62

Figura 28. Análisis Pareto Malos Actores 2013 .....64

Figura 29. Resumen Plan Detallado de Trabajo .....73

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Informe de condición dinámica.....	82
Anexo B. Análisis de aceite k1 llanito .....	91
Anexo C Plan detallado de trabajo K1 Llanito.....	93

## RESUMEN

**TITULO:** METODOLOGIA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO TOP END 20000 HORAS, PARA UN MOTO COMPRESOR INTEGRAL DE DOS TIEMPOS Y 3 ETAPAS AJAX DPC-600 BASADO EN RECOMENDACIONES CBM Y CONFIABILIDAD\*

**AUTORES:** NICOLAS MORALES GARCIA, JAIME ARLEY SANDOVAL DELGADO\*\*

**PALABRAS CLAVES:** MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD, MALOS ACTORES, MANTENIMIENTO BASADO EN CONDICIÓN, ALCANCE, PLAN DETALLADO DE TRABAJO, INTERESADOS

En esta monografía se describe claramente el diseño de una metodología para la implementación de un plan de mantenimiento TOP END 20000 horas de una moto compresora de dos tiempos y 3 etapas AJAX DPC-600 basado en recomendaciones CBM y confiabilidad ubicada en la estación compresora Llanito a 35 minutos del municipio de Barrancabermeja Santander.

Este documento contiene Análisis de desempeño dinámico de la unidad a intervenir, análisis de aceite, análisis Pareto, disponibilidad y confiabilidad del equipo meses antes de ser intervenido, adicional contiene el alcance del mantenimiento según las recomendaciones generadas por el equipo de CBM y confiabilidad, el listado de repuestos, el plan detallado de trabajo con sus respectivas actividades, tiempos de ejecución y personal necesario para la ejecución de esta intervención.

Adicional se describen las técnicas predictivas más utilizadas en la industria petroquímica para los equipos recíprocos y rotativos. En las cuales se encuentran: Termografía, Análisis de desempeño dinámico y análisis de aceite.

Complementariamente se aplican técnicas de la ingeniería de confiabilidad para la identificación de malos actores, paradas no programadas, tiempo medio entre fallas, tiempo medio de reparación, disponibilidad, confiabilidad, tiempo medio a falla y modos de falla. Para ordenar esta información se utilizan técnicas como el análisis Pareto.

El equipo de confiabilidad debe analizar los datos recopilados con el fin de aumentar el tiempo operativo de los equipos, aumentando la vida útil de los componentes internos y de identificar las fallas en una etapa temprana, antes de que se puedan afectar la seguridad, la producción o las instalaciones.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánica Especialización en Gerencia de Mantenimiento.  
Director: Luis Gerardo Gómez Bueno

## SUMMARY

**TITLE:** METHODOLOGY FOR IMPLEMENTING A MAINTENANCE PLAN TOP END 20000 HOURS OF A TWO-STROKE COMPRESSOR AND 3 STAGES AJAX DPC-600 AS A RECOMMENDATION FROM CBM AND RELIABILITY.\*

**AUTHORS:** NICOLAS MORALES GARCIA, JAIME ARLEY SANDOVAL DELGADO\*\*

**KEYWORDS:** MAINTENANCE, RELIABILITY, AVAILABILITY, BAD ACTORS, CONDITION BASED MAINTENANCE, SCOPE, DETAILED WORK PLAN, STAKEHOLDERS

This paper clearly describes the design of a methodology for implementing a maintenance plan TOP END 20000 hours of a two-stroke compressor and 3 stages AJAX DPC-600 as a recommendation from CBM and reliability department. The compressor is located at the compressor station Llanito at 35 minutes from Barrancabermeja Santander.

This document contains analysis of dynamic performance, oil analysis, Pareto analysis, availability and reliability of equipment months before being intervened. It also contains the scope of the maintenance given by the CBM and reliability team such as: list of spare parts, detailed work with their activities, runtimes and the necessary staff for the implementation of this intervention plan.

In addition is described the most used predictive techniques in the petrochemical industry for reciprocating and rotating equipment which are: Thermography and analysis of oil and dynamic Performance.

Confiability engineering techniques are further applied in order to identify wrong actors, unscheduled stops, mean time between failures, mean time to repair, availability, reliability, Mean time to failure and failure modes. Techniques such as Pareto analysis are used to organize all the information.

The reliability team must analyze the data in order to increase the operating time of the equipment, increasing the life of the internal components and identify faults at an early stage, before it may affect the safety, production or facilities

---

\* Monograph

\*\* Faculty of Physical Ingenierias-Mechanic Maintenance Management Specialization. Directed by Luis Gerardo Gomez Bueno

## INTRODUCCION

En el mantenimiento de equipos se destacan técnicas preventivas, predictivas y correctivas, con el fin de mantener y aumentar la confiabilidad de los mismos, alargar su vida útil, evitar fallas repentinas, tener históricos de estados de funcionamiento, conocer el ciclo de operación para obtener costos de vida económicos y aumentar la disponibilidad del equipo, obteniendo una operación en los procesos óptima y efectiva. Este proyecto pretende establecer una relación costo/beneficio, en la implementación del mantenimiento TOP END 20000 horas de un moto compresor de dos tiempos y 3 etapas AJAX DPC-600 en la estación Compresora Llanito ubicada en la Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM) de Ecopetrol S.A., basándose en las recomendaciones dadas por el Frente del mantenimiento realizado bajo condición (CBM) y Confiabilidad, efectuando técnicas preventivas y predictivas, las cuales ya se encuentran dentro del programa de Ecopetrol S.A. previamente acordado y con una frecuencia establecida durante la operación del equipo, la importancia de adicionar este mantenimiento a dicho programa radica en aumentar la confiabilidad de la máquina.

Finalmente cada una de las etapas de este documento pretende explicar las recomendaciones, actividades, condiciones y acciones, que conllevan a justificar la ejecución de esta rutina adicional al programa y obtener como conclusión el beneficio económico y operativo que se tiene al aumentar la confiabilidad del equipo dentro del proceso de operación de esta estación Compresora.

## 1. ECOPETROL S.A

### 1.1. RESENA HISTORICA

Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, donde su misión y visión son las siguientes:

**1.1.1. Misión.** Encontrar y convertir fuentes de energía en valor para los clientes y accionistas, asegurando la integridad de las personas, la seguridad de los procesos y el cuidado del medio ambiente, contribuyendo al bienestar de las áreas donde opera, con personal comprometido que busca la excelencia, su desarrollo integral y la construcción de relaciones de largo plazo con los grupos de interés.

**1.1.2. Visión.** Ecopetrol, Grupo Empresarial enfocado en petróleo, gas, petroquímica y combustibles alternativos, será una de las 30 principales compañías de la industria petrolera, reconocida por su posicionamiento internacional, su innovación y compromiso con el desarrollo sostenible.

Ecopetrol como empresa Colombiana se encuentra dividida en diferentes Gerencias dentro de las cuales para efectos de este proyecto se tendrá en cuenta básicamente la **Gerencia Regional Magdalena Medio**, la cual fue creada en el 2004 como parte de las Gerencias Operativas haciendo parte de la Vicepresidencia de Producción. La Gerencia comprende las áreas que en la estructura anterior estaban bajo la responsabilidad de la Gerencia Alto Magdalena (GAM); así como la gestión, en calidad de asociado de los campos que se encuentran bajo la modalidad de Contratos de Asociación.

Está conformada por cuatro Superintendencias, donde tres son Operativas: Superintendencia de Operaciones de Mares (SOM), Superintendencia de Operaciones del Rio (SOR) y Superintendencia de Operaciones de La Cira Infantas (SCI). Adicionalmente una Superintendencia de activos en Asociación (SAM). Como soporte y apoyo a las 4 Superintendencias y a la Gerencia en temas como gestión financiera, portafolio de inversiones y gastos y seguimiento de la gestión, se encuentra conformado el Departamento de Gestión y crecimiento (PGS).

## 1.2. ORGANIGRAMA

El organigrama general de Ecopetrol se encuentra dado como se muestra en el siguiente gráfico:

**Figura 1. Organigrama General de Ecopetrol S.A.**



Fuente: Ecopetrol S.A

Como se muestra en el organigrama la Superintendencia de Operaciones de Mares se encuentra regida por la Vicepresidencia Ejecutiva de Exploración y Producción de Ecopetrol.<sup>1</sup>

### 1.3. UBICACIÓN

Dentro de la Superintendencia de Operaciones de Mares se localiza la Estación Compresora de Gas Llanito, ubicada en la Zona Norte (Llanito) el cual se encuentra aledaño al Municipio de Barrancabermeja – Santander. A esta estación llega el gas producido en dicha zona por los campos Galán, Gala, Llanito y Cardales, donde se obtiene el gas seco para satisfacer la demanda operativa de combustible y el excedente se envía hasta el Complejo Industrial de Barrancabermeja (Refinería).<sup>2</sup>

Figura 2. Gráfico de la Estación Compresora de Gas Llanito (SOM)



Fuente: Confipetrol S.A

1 MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. [documento en línea] Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/res\\_1641\\_070907.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_1641_070907.pdf) citado 10 de enero de 2014

2 ECOPETROL. Marco Estratégico.[en línea] Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?conID=484&catID=532&parID=27326>. Citado 20 de febrero de 2014

En esta estación se encuentran dos Motor compresoras AJAX DPC – 600 las cuales cada una comprime de 1,8 a 2,2 MPCD y tienen las siguientes características:

**DATOS DE FABRICACIÓN COMPRESOR:**

MODELO: DPC-600

MARCA: AJAX CONTRAC 7464

SERIE: 81592

VELOCIDAD: 400 RPM

POTENCIA: 600 HP

**CARACTERISTICAS MECÁNICAS:**

TIPO: AJAX CONTRAC 7464

Nº DE CILINDROS MOTOR: 3

CIL 1, 2, 3 BORE & STROCK MOTOR: 15 X 16

CIL 1 BORE & STROCK COMPRESOR: 21 X 11

CIL 2 BORE & STROCK COMPRESOR: 15 X 11

CIL 3 BORE & STROCK COMPRESOR: 8 X 11

CRANSHAFT ROTATIONS: MANECILLAS DEL RELOJ

NUMERO CILINDROS COMPRESOR: 3

FLUIDO GAS

Nº DE ETAPAS: 3

**ESPECIFICACIONES TECNICA DE LAS ETAPAS COMPRESORES:**

**ETAPA 1:**

DESCARGA: 70 PSIA

PRES. SUCCI: 5 PSIA

VALV. SUCC TIPO: YVS-88 DE D: 21”

VALV. DESC TIPO: YVD-88 DE D: 21”

SERIAL CILINDRO 1: SN-8683

MODELO CILINDRO: YK11L

## **ETAPA 2**

DESCARGA: 200 PSIA

PRES. SUCCI.: 70 PSIA

VALV. SUCC TIPO: YVS-42 DE D: 15”

VALV. DESC TIPO: YVD-42 DE D: 15”

SERIAL CILINDRO 2: SN-8661RR

MODELO CILINDRO: YK11FGT

## **ETAPA 3**

DESCARGA: 400 PSIA

PRES. SUCCI.: 200 PSIA

VALV. SUCC TIPO: YVS-76-4 DE D: 8”

VALV. DESC TIPO: YVD-76-4 DE D: 8”

SERIAL CILINDRO 2: SN-8661RR

MODELO CILINDRO: YK11FGT

**Figura 3. Motor Compresor K1 Llanito.**



Fuente: Confipetrol S.A

En la anterior Figura se puede ilustrar la máquina en físico tal cual como se encuentra en la estación compresora anteriormente mencionada.

## **2. MARCO TEORICO**

### **2.1. MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Mantenimiento Predictivo es la aplicación racional de tecnologías de punta con el objetivo de identificar y monitorear las fallas, para planificar en forma conveniente su reparación, minimizando las perdidas en la producción por parada de la máquina.

Los principales éxitos de Mantenimiento Predictivo en la gran mayoría de plantas industriales, han sido los significativos ahorros que ha logrado, al evitar paradas de planta por fallas imprevistas en las maquinas principales de las líneas de producción, luego su área de responsabilidad se ha extendido a los demás equipos de la planta industrial, eliminándose paulatinamente el Mantenimiento Preventivo en la mayoría de los equipos rotativos y ejecutándose los mantenimientos a solucionar fallas específicas que presentan cada máquina en particular.

En la actualidad la información que maneja Mantenimiento Predictivo sirve para planificar los Programas Anuales de Mantenimiento.

#### **2.1.1. Principales Objetivos del Mantenimiento Predictivo**

- Reducir las pérdidas por paradas de planta imprevistas.
- Reducir los costos de mantenimiento.
- Minimizar las fallas imprevistas.
- Ejecutar los mantenimientos de los equipos en forma específica y solo cuando es absolutamente necesario.

- Mantener elevada la confiabilidad de los equipos.

### **2.1.2. Ventajas del Mantenimiento Predictivo**

- Se maximiza la vida útil de los componentes de una máquina o equipo.
- Permite visualizar la evolución de una falla en el tiempo.
- Optimiza la gestión del personal de mantenimiento.
- Permite confeccionar un archivo histórico del comportamiento mecánico y operacional de las máquinas.
- Facilita el análisis de las fallas.
- Permite el análisis estadístico de los sistemas.
- Transforma las reparaciones inesperadas en programadas.
- Optimiza las labores de mantenimiento.
- Minimiza el consumo de repuestos.
- Aumenta la confiabilidad y disponibilidad de las máquinas<sup>3</sup>

**2.1.3. Tecnologías Empleadas Por Mantenimiento Predictivo.** Las tecnologías empleadas para el diagnóstico de máquinas son las siguientes:

**2.1.3.1. Monitoreo de Vibraciones y Señales de Muy Alta Frecuencia:** El control y análisis vibracional espectral es la herramienta principal del Mantenimiento Predictivo, se basa en que las máquinas tienen un nivel normal de vibración, como resultado de estar dentro de las tolerancias de las especificaciones de fabricación, montaje y operación.

Sí hay algún parámetro fuera de especificación entonces es una falla que causará el incremento del nivel vibracional, esta falla puede ser identificada por su comportamiento dinámico (amplitud, frecuencia y ángulo de fase), por

---

<sup>3</sup> ARRASATE FAGOR Resultados del proyecto de Cooperación UET "Sesdam" registrado con el numero C096 FROI, ONA pres, Copreci e Ikerlan y finalizado en junio de 1998

ejemplo; un engranaje de dientes rectos excéntrico produce vibraciones de las siguientes características, alta vibración en el sentido radial en la línea que une los centros de los engranajes, a las siguientes frecuencias:

- 1 x RPM: velocidad de giro del engranaje excéntrico.
- GMF: # de dientes x RPM del engranaje excéntrico.

Los impactos mecánicos repetitivos, generan picos de energía que excitan las frecuencias naturales de los elementos que son golpeados, los impactos son a baja frecuencia y las frecuencias naturales son a muy alta frecuencia y se producen con la fricción entre dos superficies.

La medición a muy alta frecuencia es utilizada para detectar defectos incipientes en; rodamientos, engranajes, ejes y cojinetes por rozamiento al fallar la lubricación, cavitación, solturas, etc.

El mantenimiento de una máquina depende de los niveles máximos tolerables de vibración espectral o de señales de muy alta frecuencia, establecidos sobre la base de estándares internacionales de máquinas similares o que son calculados en forma estadística en base a los valores históricos tomados en dicha planta<sup>4</sup>.

### **2.1.3.2. Monitoreo del Aceite Lubricante**

Hay varias técnicas disponibles sin embargo es importante no olvidar que:

- Visual, inspección del almacenaje a granel para ver señales de agua o aeración severa, el color resaltará cualquier cambio del estado de aceite.

---

<sup>4</sup> Ibid

- Olores, los olores picantes indicarán oxidación del aceite y aditivos, los olores desagradables indicarán el crecimiento microbiano.
- La prueba del papel secante, es útil en aceites para motores diesel, varios problemas son identificados fácilmente, tales como: productos de oxidación, lodo, glicol y agua.
- La prueba del chasquido de la humedad, cuando la humedad o el agua está presente en el aceite, será evidente con un chasquido, cuando el aceite se somete a una alta temperatura, al dejar caer una gota sobre una plancha caliente ( $>125^{\circ}\text{C}$ ) y se escucha el chasquido, si no se oye entonces el aceite está debajo del punto de saturación.
- La vida del Filtro, la vida corta del elemento del filtro, identificará el problema real, el cual requiere ser analizado.
- La prueba Magnética, sólo para desgastes ferrosos.

Otra herramienta importante del Mantenimiento Predictivo, es el control de parámetros de lubricantes tales como;

- Metales (ppm): ASTM D-5185, cantidad de partículas metálicas contenidas en el aceite (Análisis por absorción atómica).
- Viscosidad (cst): ASTM D-445.
- FTIR: Degradación, Oxidación y sulfuros; Contaminación, Cenizas (TGA), glicol, agua y combustible (Análisis espectro métrico por rayos infrarrojos).
- TAN: ASTM D-664 y ASTM D-974.
- TBN: ASTM D-664 y ASTM D-2896.
- Color: ST-061

Los valores máximos permisibles son obtenidos de las normas internacionales, es importante considerar la repetición de los datos para el establecimiento la supervisión de las tendencias.

La ferrografía, es una técnica que analiza las partículas (de 0.1 - 500 micrones) de desgaste por fricción de los componentes de una máquina, el objetivo es determinar los problemas internos que se presentan. Para poder emitir un diagnóstico confiable se deberá analizar la forma y los tamaños de las partículas con un microscopio y comparar con los patrones de identificación.

Todos los resultados de los análisis (perfil de distribución y concentración de partículas) se registrarán en una base de datos a fin de poder evaluar su comportamiento en el tiempo<sup>5</sup>.

**2.1.3.3. Termografía.** La cantidad de energía que emite todo cuerpo desde su superficie esta en relación directa con su temperatura. La temperatura de los cuerpos determina el tipo de luz que emite cuanto más frío está el objeto mayor es su longitud de onda de brillo, esta es la energía infrarroja que es invisible al ojo humano, pero a través de instrumentos termográficos se puede ver esta energía y transformar en imágenes visibles.

### **Ventajas de la Termografía**

- Se tiene un registro de la distribución de temperaturas.
- No interrumpe el funcionamiento del equipo.
- Permite analizar grandes áreas en tiempos reducidos.
- No requiere contacto físico con el equipo inspeccionado.
- Sistema portátil y autónomo.
- Gran sensibilidad que permite tomar mediciones a distancia.
- Permite identificar de forma rápida y segura los puntos calientes asociados a fallas tales como; cortocircuitos, conectores defectuosos.

---

<sup>5</sup> M<sup>a</sup>. C. Carnero, E. Latorre y J. Conde Crónicas del Congreso - sección monitorización y Diagnóstico. Diagnóstico de fallas en máquinas- herramientas mediante análisis de lubricantes. de la E.T.S.I.I. de la Universidad de Castilla-La Mancha y M. Ugalde de la E: T.S.I.I. de la Universidad de Navarra.

- Pérdidas de calor o frío por defecto del aislamiento térmico o refractario, etc.

### Aplicación en equipos rotativos

- Evaluación del estado de rodamientos.
- Evaluación del balance térmico en cámaras de combustión de turbinas a gas.
- Estado de los inyectores de combustible en motores diesel (dosificación de combustible por la distribución térmica en los cilindros)
- Fallas en las válvulas o inyectores y bloqueo de los tubos del radiador en motores diesel.
- Fricción por interacción entre la polea y las fajas.
- Fugas de gases por uniones de las turbinas a gas o vapor.

**Figura 4. Termo grama en válvulas de cilindro compresor #1**



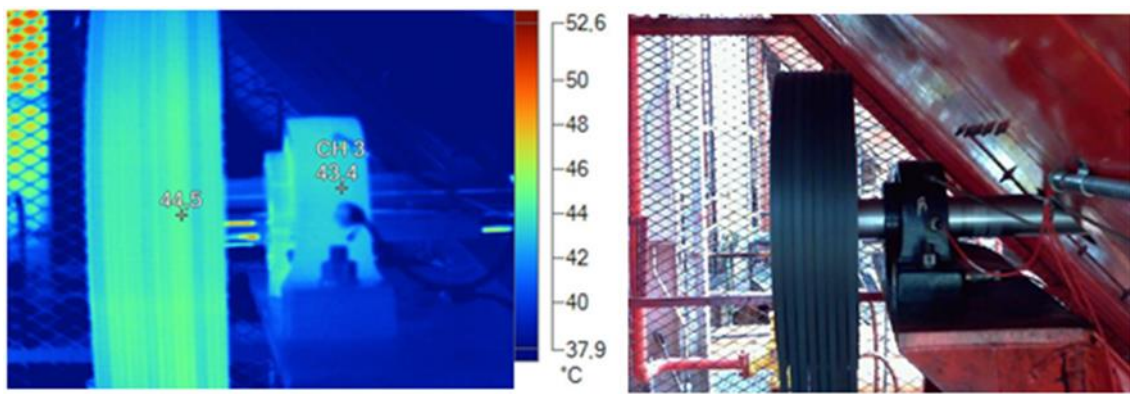
Fuente: Confipetrol S.A

### Aplicación en el mantenimiento eléctrico

- Oxidación de contactos.

- Envejecimiento del material.
- Sobrecargas.
- Aislamientos térmicos.
- Detecta el estado de envejecimiento de los aisladores eléctricos, porque cuando la temperatura excede la temperatura máxima permisible de operación, la vida esperada del aislamiento se reduce en un 50% (es un efecto irreversible).

**Figura 5. Termograma Polea Y rodamiento De Ventilador.**



Fuente: Confipetrol S.A

- Emite verificar la calidad de montaje de aislamiento
- Motores eléctricos.
- Centros de transformación de Media Tensión (transformadores, interruptores automáticos, fusibles)
- Líneas de distribución ( aisladores, secciones en tendidos aéreos)
- Subestaciones transformadoras de Alta Tensión.

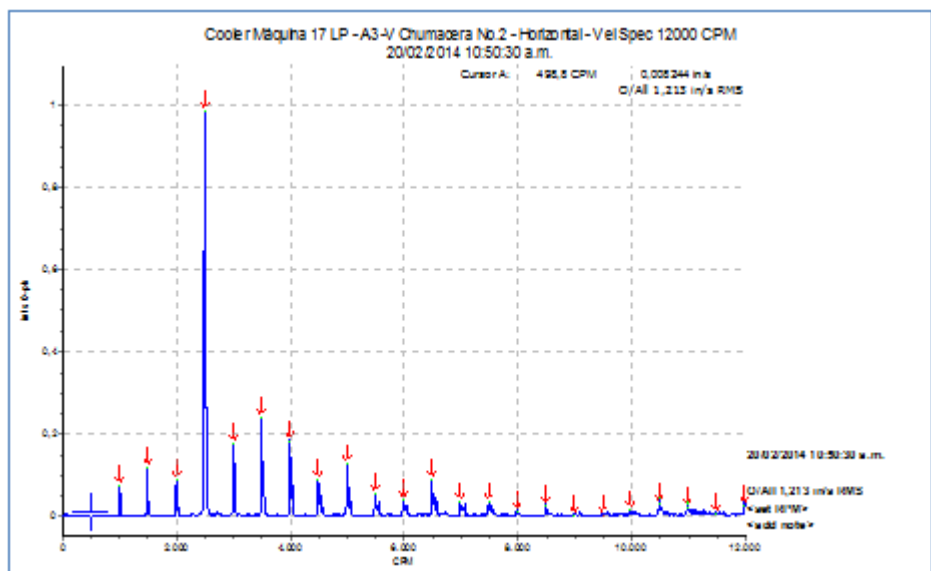
### **Aplicación en la Industria Química y de Proceso**

- Evaluación del estado de refractarios: desgaste, fisuras, pérdida de resistencia térmica.
- Evaluación del estado de Hornos rotativos, calderas, chimeneas
- Inspección de Hornos continuos y de tratamientos térmicos.
- Inspección de aislamiento y fugas en tuberías.

- Fugas por la carcasa del caldero

**2.1.3.4. Monitoreo de Corrientes en Motores Eléctricos:** La mayoría de fabricantes de Colectores FFT son suministrados con un software experto para el diagnóstico de fallas por corrientes en motores de inducción, la corriente de las fases son medidas por un transformador de corriente que pueden ser medidas en el circuito secundario o en las fases principales, la medida de corriente es transformada en voltaje y también se utiliza un filtro pasa alta para la prueba de excentricidad.

**Figura 6. Espectro de Rodamientos de un soporte.**



Fuente: Confipetrol S.A

Las fallas del motor eléctrico podrían ser: barras rotas del rotor, excentricidad estática y dinámica, fallas electromecánicas, tales como defectos en la fabricación y de la fundición. El software experto analiza el espectro de corriente y emite un diagnóstico electromagnético<sup>6</sup>.

<sup>6</sup> Berggren J. Charles; Diagnosing Faults in Rolling Element Bearings Part II. Alternative Analytical Methods; Monsanto Chemical Co. Pensacola Florida; Vibrations June 1988, Vibration Institute.

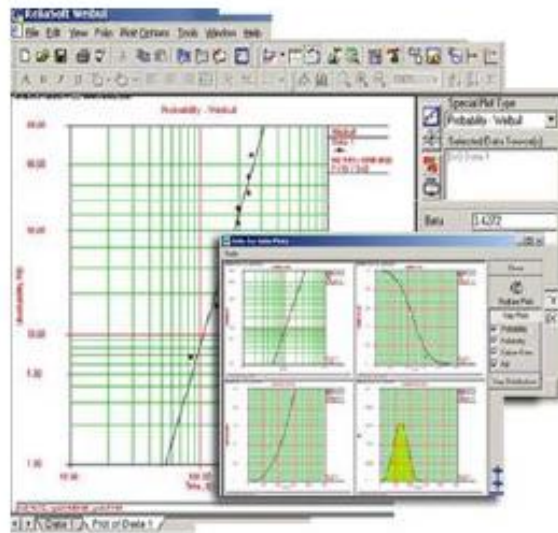
## 2.2 MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

**2.2.1 Confiabilidad.** Confiabilidad es la probabilidad que un equipo o sistema NO falle en un intervalo de tiempo determinado con unos parámetros operacionales definidos.

**2.2.1.1 Ingeniería de Confiabilidad.** La Ingeniería de Confiabilidad proporciona las herramientas teóricas y prácticas para analizar la probabilidad de Falla y capacidad de las partes, componentes, equipos, subsistemas.

Permite analizar que los equipos cumplan con la función y desempeño para evitar fallas y periodos largos de baja productividad, aumentando la confiabilidad, prediciendo Fallas y Analizando las condiciones de uso, así como su Mantenibilidad, Disponibilidad, seguridad y nivel de calidad.<sup>7</sup>

**Figura 7. Software Weibull +++**



Fuente: Manual Reliasoft Weibull +++

<sup>7</sup> NORMA ISO 14224- Primera edición 15-07-1999 PAG 5 - 10

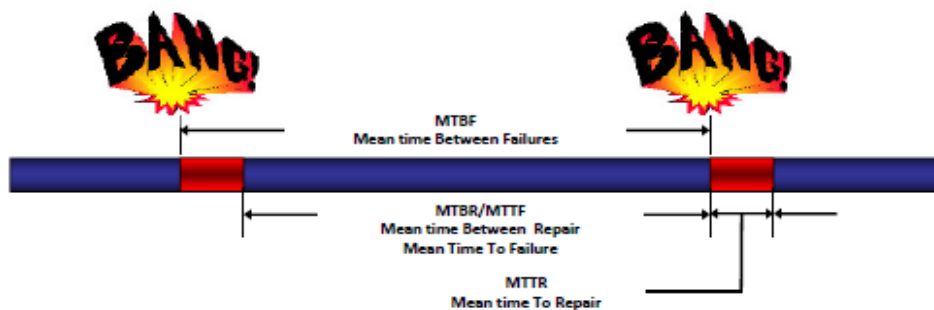
**2.2.1.2 ¿Por Que La Ingenieria De Confiabilidad?.** Cada negocio está bajo la gran presión por lograr niveles más altos de rentabilidad mientras soporta la presión competitiva cambiante rápidamente.

La Ingeniería de Confiabilidad permite optimizar el rendimiento de los recursos actuales, y mejora la actuación potencial con nuevos recursos.

**2.2.1.3 Indicadores de Confiabilidad.** Dentro de los indicadores más comunes e importantes que se deben medir en cada una de las organizaciones, con el fin de revisar el estado actual de cada uno de los equipos son los siguientes.

- **Disponibilidad:** la disponibilidad es medida para conducir la eliminación de actividades de mantenimiento intrusivas.
- **Confiabilidad:** Es medida para conducir a la eliminación de paradas recurrentes no planeadas.
- **MTTF (Tiempo medio hasta falla):** es medida para identificar fallas comunes y malos actores en una población de equipos.
- **MTTR (Tiempo medio para reparar):** Es una medida de la mantenibilidad.<sup>8</sup>

**Figura 8. Intervalo MTBF, MTBR, MTTF**



**Fuente:** Diplomado en mantenimiento centrado en confiabilidad. Universidad pontificia bolivariana. Rossvan Plata. 2010

<sup>8</sup> Diplomado en mantenimiento centrado en confiabilidad. Universidad pontificia bolivariana. Rossvan Plata. 2010. Bucaramanga Pag 10-50

**2.2.2 Disponibilidad.** Capacidad que tiene un aparato de desempeñar una función requerida bajo determinadas condiciones, en un momento determinado o durante un intervalo de tiempo específico, asumiendo que existan los recursos externos requeridos<sup>9</sup>

**2.2.3 Análisis Pareto.** El análisis de Pareto es una comparación ordenada de factores relativos a un problema. Esta comparación nos va a ayudar a identificar y enfocar los pocos factores vitales diferenciándolos de los muchos factores útiles. Esta herramienta es especialmente valiosa en la Asignación de prioridades a los problemas de calidad, en el Diagnóstico de Causas y en la Solución de las mismas.

### **¿Cómo interpretar un análisis de Pareto?**

El objetivo es utilizar los hechos para encontrar la máxima concentración de potencial de mejora con el mínimo número de soluciones, separando los pocos elementos pero vitales relativos al problema, de los muchos y útiles. El equipo responsable del proyecto identificará los elementos vitales mediante el porcentaje acumulado del total, que nos dirá qué elementos (pocos) contribuyen en el problema en un alto porcentaje. Normalmente, este bajo número de elementos, sobre el 20%, constituirá aproximadamente un 80% del problema. La solución se focaliza entonces en estos pocos elementos, pero vitales, separados del resto por un Punto de Inflexión en el gráfico lineal del porcentaje acumulado del total.

### **¿Cómo elaborar un análisis de Pareto?**

1. Cuantificar los factores del problema y sumar los efectos parciales hallando el total.
2. Reordenar los elementos de mayor a menor.
3. Determinar el % acumulado del total para cada elemento de la lista ordenada.

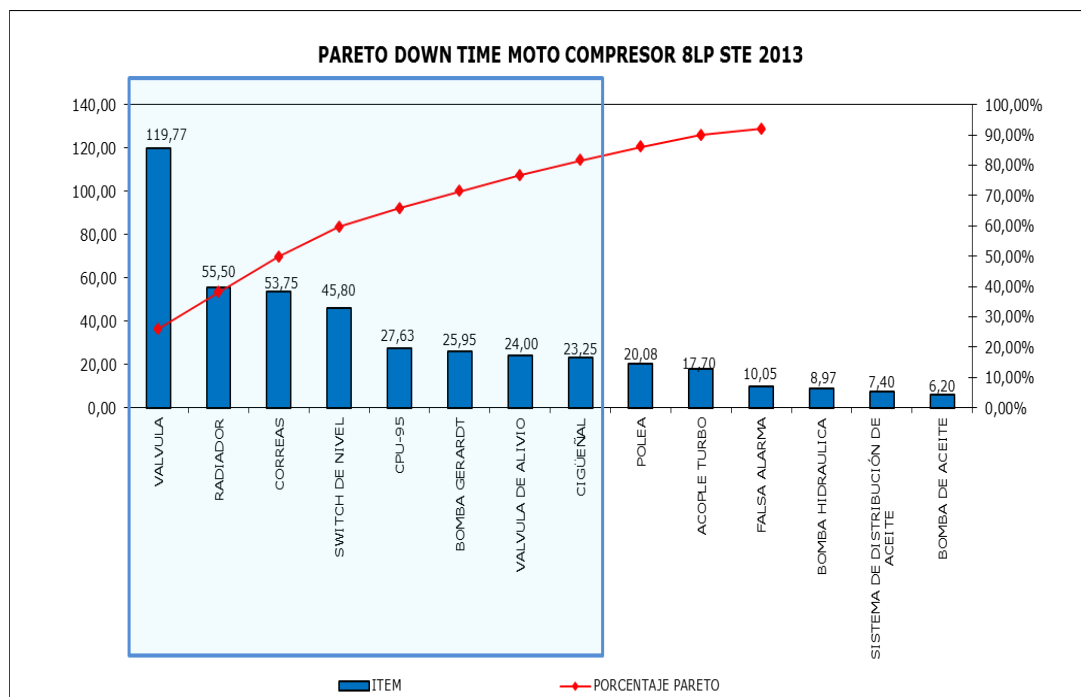
---

<sup>9</sup> NORMA ISO 14224- Primera edición 15-07-1999 PAG 5 - 10

4. Trazar y rotular el eje vertical izquierdo (unidades).
5. Trazar y rotular el eje horizontal (elementos).
6. Trazar y rotular el eje vertical derecho (porcentajes).
7. Dibujar las barras correspondientes a cada elemento.
8. Trazar un gráfico lineal representando el porcentaje acumulado.
9. Analizar el diagrama localizando el "Punto de inflexión" en este último gráfico<sup>10</sup>.

A continuación se ilustra un análisis Pareto para identificar los malos actores de una maquina moto compresora:

**Figura 9. Análisis Pareto Maquina 8LP estación Suerte**



Fuente: Autor

<sup>10</sup> ARAGON EMPRESA[en línea]. Disponible en: [http://www.aragonempresa.com/paginas/excelencia\\_herramientas\\_pareto](http://www.aragonempresa.com/paginas/excelencia_herramientas_pareto). Citado 15 de febrero de 2014

## 2.3 MANTENIMIENTOS MAYORES

Es el mantenimiento aplicado a un equipo o instalación donde su alcance en cuanto a la cantidad de trabajos incluidos, el tiempo de ejecución, nivel de inversión o costo del mantenimiento y requerimientos de planificación y programación son de elevada magnitud.

La razón de este tipo de mantenimiento reside en la restitución general de las condiciones de servicio del activo, bien desde el punto de vista de diseño o para satisfacer un periodo de tiempo considerable con la mínima probabilidad de falla o interrupción del servicio y dentro de los niveles de desempeño o eficiencia requeridos.

La frecuencia con que se aplica el mismo es sumamente alta. Oscila entre cuatro y quince años dependiendo del grado de severidad del ambiente en que está expuesto el componente, la complejidad del proceso operacional, disponibilidad corporativa de las instalaciones, estrategias de mercado, nivel tecnológico de componentes y materiales, políticas de inversiones y disponibilidad presupuestaria.

**2.3.1 Mayor Overhaul.** El mantenimiento Mayor Overhaul en moto compresores reciprocantes, se puede definir como un mantenimiento total de la unidad. En la que incluimos Kits de reparación, repuestos de componentes sometidos a desgaste entre otros.

El alcance de este mantenimiento es total, en este tipo de intervención se ejecutan actividades desde la remoción de Grouting (Base de Concreto) hasta el cambio de todos los componentes. Dentro de las actividades más relevantes que están incluidos en un Mayor Overhaul encontramos:

- Demolición y construcción de Grouting
- Levantamiento y metrología de cigüeñal
- Alineación de Bancadas y asentamiento del cigüeñal.
- Cambio de Casquetes de biela y bancada
- Cambio de bielas
- Cambio de pistones
- Cambio de culatas
- Metrología y/o cambio del árbol de levas.
- Cambio de anillos de pistones motrices y compresores.
- Cambio de toda la instrumentación de la unidad moto compresora.
- Mantenimiento a botellas de pulsación.
- Mantenimiento a scrubbers o separadores.
- Mantenimiento al Cooler.
- Cambio o encamisado de cilindros compresores.
- Cambio de cilindros motrices.

### **2.3.2 Top Overhaul**

El mantenimiento mayor TOP END, es el cual que su alcance es parcial y no incluye actividades tales como:

- Cambio de Grouting
- Levantamiento del Bloque.
- Levantamiento y/o Asentamiento de cigüeñal.
- Cambio de casquetes de bancada.
- Cambio de camisas motrices
- Encamisado de cilindros compresores.
- Cambio de instrumentación.

Como se puede ver el alcance de este mantenimiento, comprende el cambio de componentes de la parte superior de la unidad, metrología de todos los componentes sometidos a desgaste y pruebas de funcionamiento de la instrumentación.

## **2.4 GESTION DE PROYECTOS**

**2.4.1 Proyecto.** Un proyecto es un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un productp, servicio o resultado único. La naturaleza temporal de los proyectos indica un principio y un final definidos en el alcance inicial. El final se alcanza cuando se logran los objetivos del proyecto o cuando se termina el proyecto porque sus objetivos no se cumplirán o no pueden ser cumplidos, o cuando ya no existe necesidad que dio origen al proyecto<sup>11</sup>

Un proyecto puede generar:

- Un producto que puede ser un componente de otro elemento o un elemento final en sí mismo.
- La capacidad de realizar un servicio.
- Un resultado tal como un producto o un documento.

**2.4.2 Dirección De Proyectos.** La dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Esto se logra aplicando los 5 grupos de procesos en la gestión de proyectos:

Iniciación.

- Planificación.

---

<sup>11</sup> Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK).Cuarta edición Pag 1-50

- Ejecución.
- Seguimiento y control
- Cierre

**2.4.3 Ciclo De Vida Del Proyecto.** El ciclo de vida del proyecto es un conjunto de fases del mismo, generalmente secuenciales y en ocasiones superpuestas, cuyo nombre y número se determinan por las necesidades de gestión y control de la organización u organizaciones que participan en el proyecto, la naturaleza propia del proyecto y su área de aplicación.

Los proyectos varían en su tamaño y complejidad. Todos los proyectos, sin importar cuan pequeños o grandes, o cuan sencillos o complejos sean pueden configurar dentro de la siguiente estructura del ciclo de vida:

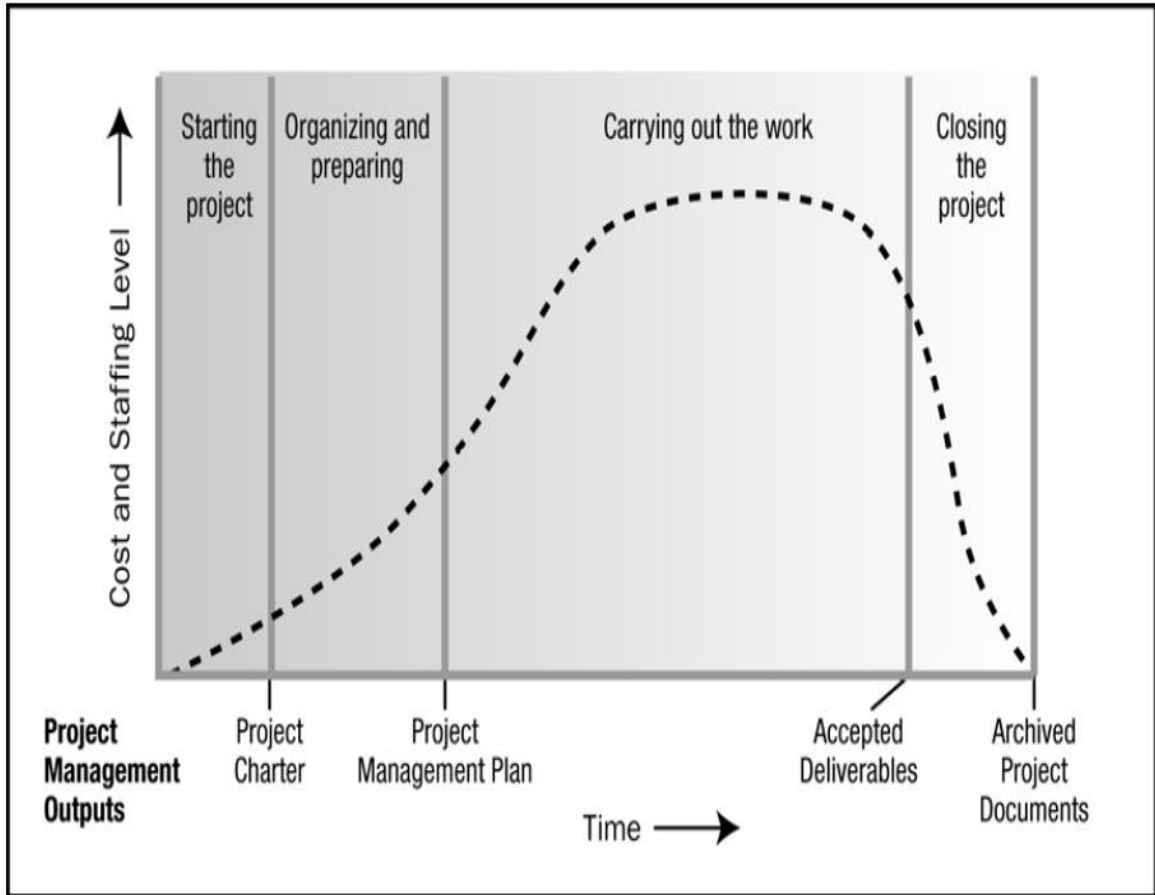
- Inicio.
- Organización y preparación.
- Ejecución del trabajo
- Cierre

A continuación se muestra la gráfica en la que se describe claramente los ciclos de vida de un proyecto<sup>12</sup>

---

<sup>12</sup> ibid

**Figura 10. Análisis Típicos de costo y dotación de personal durante el ciclo de vida del proyecto**

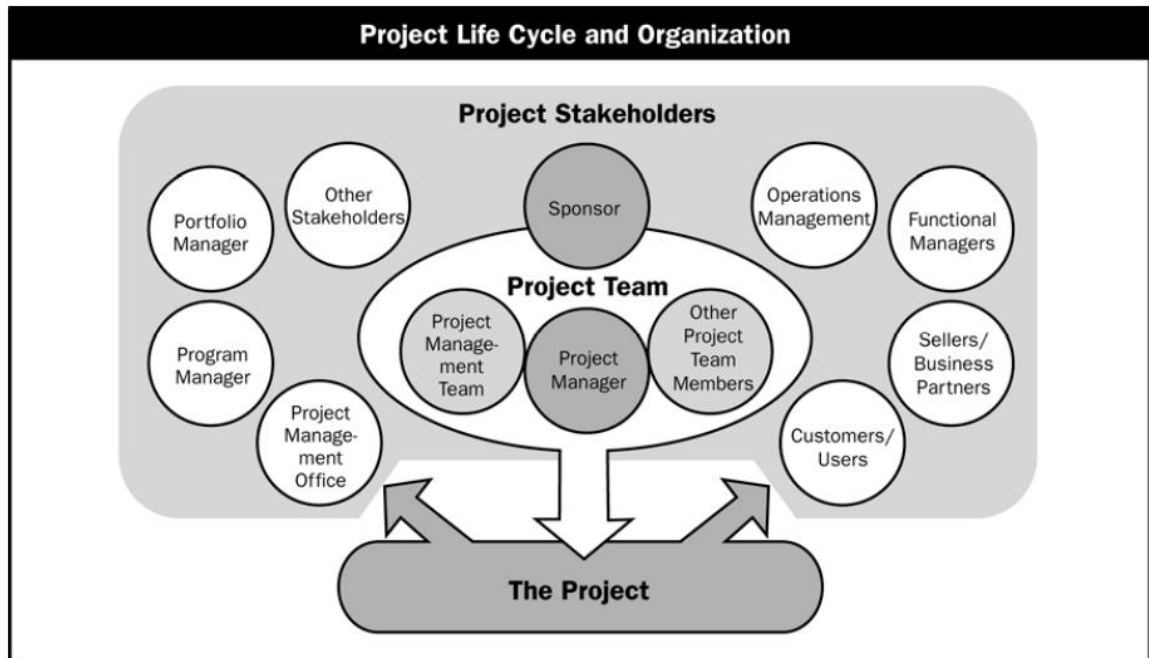


Fuente: Guía del PMBOK 4 Edición

**2.4.4 Interesados.** Los interesados son personas u organizaciones, que participan activamente en el proyecto, o cuyos interesados pueden verse afectados positiva o negativamente por la ejecución o terminación del proyecto. Los interesados también pueden ejercer influencia sobre el proyecto, los entregables y los miembros del equipo. El equipo de dirección de proyecto debe identificar tanto a los interesados internos como externos, con objeto de determinar los requisitos del proyecto y las expectativas de todas las partes involucradas<sup>13</sup>.

<sup>13</sup> ibid

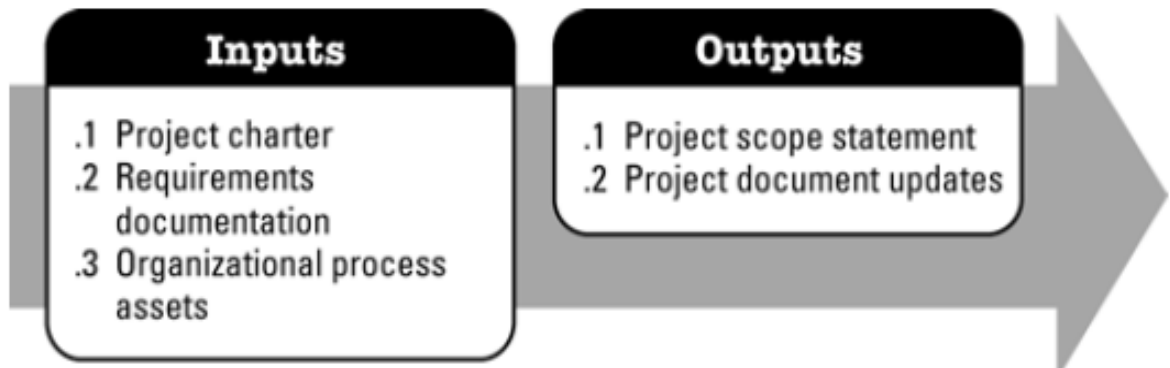
**Figura 11. Relación entre los interesados y el proyecto**



Fuente: Guía del PMBOK Edición

**2.4.5 Alcance.** Definir el alcance es la tarea más importante y detallada que debe tener un proyecto, ya que en él se plasma todo el alcance real del proyecto<sup>14</sup>

**Figura 12. Alcance: Entradas y Salidas de un Proyecto**



Fuente: Guía del PMBOK 4 Edición

<sup>14</sup> ibid

**2.4.6 Plan Detallado De Trabajo (PDT).** EDT: la estructura de desglose de trabajo es el proceso que consiste en subdividir los entregables y el trabajo de un proyecto en componentes más pequeños y más fáciles de dirigir.

**Definir las Actividades:** es identificar las actividades o acciones específicas a ser realizadas y documentadas secuencialmente respetando las dependencias entre tareas para lograr el entregable final del proyecto.

**Estimar los recursos de las actividades:** es el proceso que consiste en es estimar el tipo y las cantidades de materiales, personas, equipos o suministros queridos para ejecutar cada una de las actividades definidas.

**Estimar duración de actividades:** consiste en establecer aproximadamente la cantidad de periodos de trabajo necesarios para finalizar cada actividad con los recursos estimados.

**Desarrollar el cronograma:** es analizar el orden de las actividades, su duración, los requisitos de recursos y las restricciones del cronograma para crear el cronograma del proyecto.

**Planificar la calidad:** es el proceso por el cual se identifican los requisitos de calidad y/o normas para el proyecto y el producto, y se documenta la manera en que el proyecto demostrara el cumplimiento de los mismos<sup>15</sup>

---

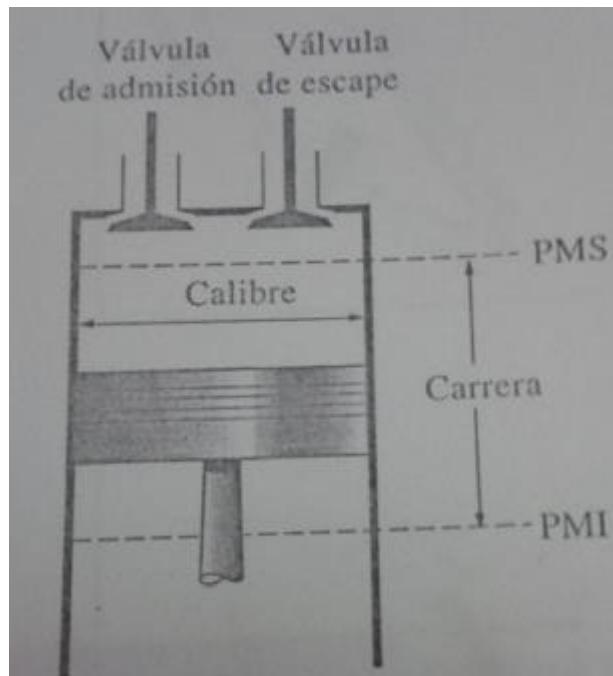
<sup>15</sup> Ibid

## 2.5 MOTORES Y COMPRESORES RECIPROCANTES

A pesar de su simplicidad, la máquina recíproca (un dispositivo de cilindro émbolo) es una de las raras invenciones que ha probado ser muy flexible y tener una amplia variedad de aplicaciones. Es la central de fuerza de automóviles, camiones, pequeños aviones, barcos y generadores de energía eléctrica así como de muchos otros dispositivos.

Los componentes básicos de una máquina recíproca se muestran en la figura 13.

**Figura 13. Nomenclaturas para motores Recíprocos**

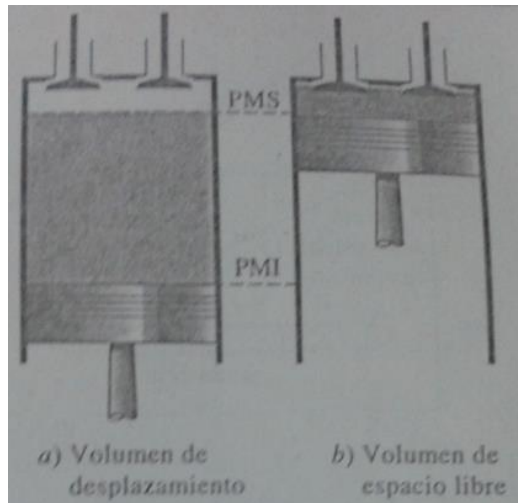


Fuente: CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición.

El embolo se alterna en el cilindro entre dos posiciones fijas llamadas punto muerto superior (PMS) La posición del embolo cuando forma el menor volumen en el cilindro, y punto muerto inferior (PMI) La posición del embolo cuando forma el volumen más grande en el cilindro, la distancia entre el PMS y el PMI es la más larga que el embolo puede recorrer en una dirección y recibe el nombre de Carrera del motor. El diámetro del pistón se llama calibre. El aire o una mezcla de aire combustible se introducen al cilindro por la válvula de admisión, y los productos de combustión se expelen del cilindro por la válvula de escape

El mínimo volumen formado en el cilindro cuando el pistón está en el PMS se denomina Volumen de espacio libre (figura 14).

**Figura 14. Volúmenes de desplazamiento y espacio libre en un motor reciprocante**



Fuente: CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición.

El volumen desplazado por el embolo cuando se mueve entre el PMS y PMI, se llama Volumen de desplazamiento. La relación entre el máximo volumen

formado en el cilindro y el volumen mínimo (espacio libre) recibe el nombre de Relación de compresión

**Figura 15. Ecuación relación de Compresión**

$$r = \frac{V_{\text{máx}}}{V_{\text{mín}}} = \frac{V_{\text{PMI}}}{V_{\text{PMS}}}$$

Fuente: CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición.

Advierta que la relación de compresión es una relación de volumen y no debe confundirse con la relación de presión.

Otro término empleado en las maquinas reciprocantes es La presión media efectiva (PME) Es una presión ficticia que, si actuara sobre el embolo durante la carrera de potencia completa, produciría la misma cantidad de trabajo neto que el producido durante el ciclo real (figura 16)<sup>16</sup>

$W_{\text{neto}} = \text{PME} \times \text{área de embolo} \times \text{Carrera} = \text{PME} \times \text{Volumen de desplazamiento O};$

**Figura 16. Ecuación de trabajo neto producido durante un ciclo.**

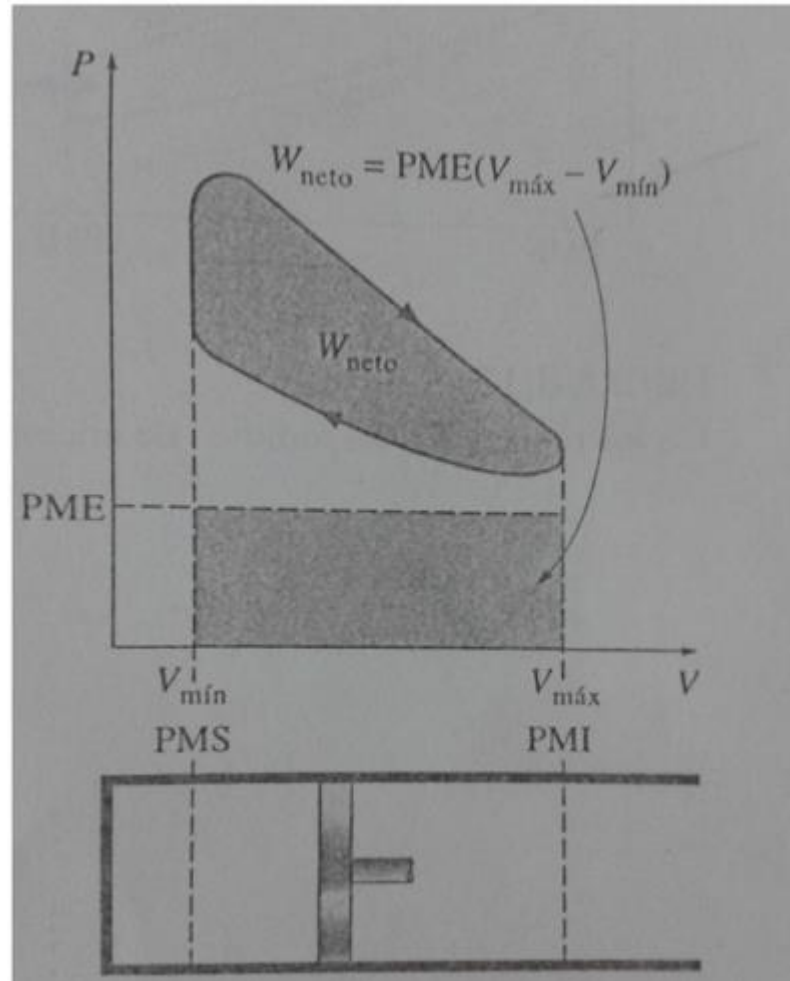
$$\text{PME} = \frac{W_{\text{neto}}}{V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}}} = \frac{W_{\text{neto}}}{v_{\text{máx}} - v_{\text{mín}}}$$

Fuente: CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición.

<sup>16</sup> CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición pág. 444- 451

La presión media efectiva se toma como parámetro

**Figura 17. Salida neta de trabajo.**

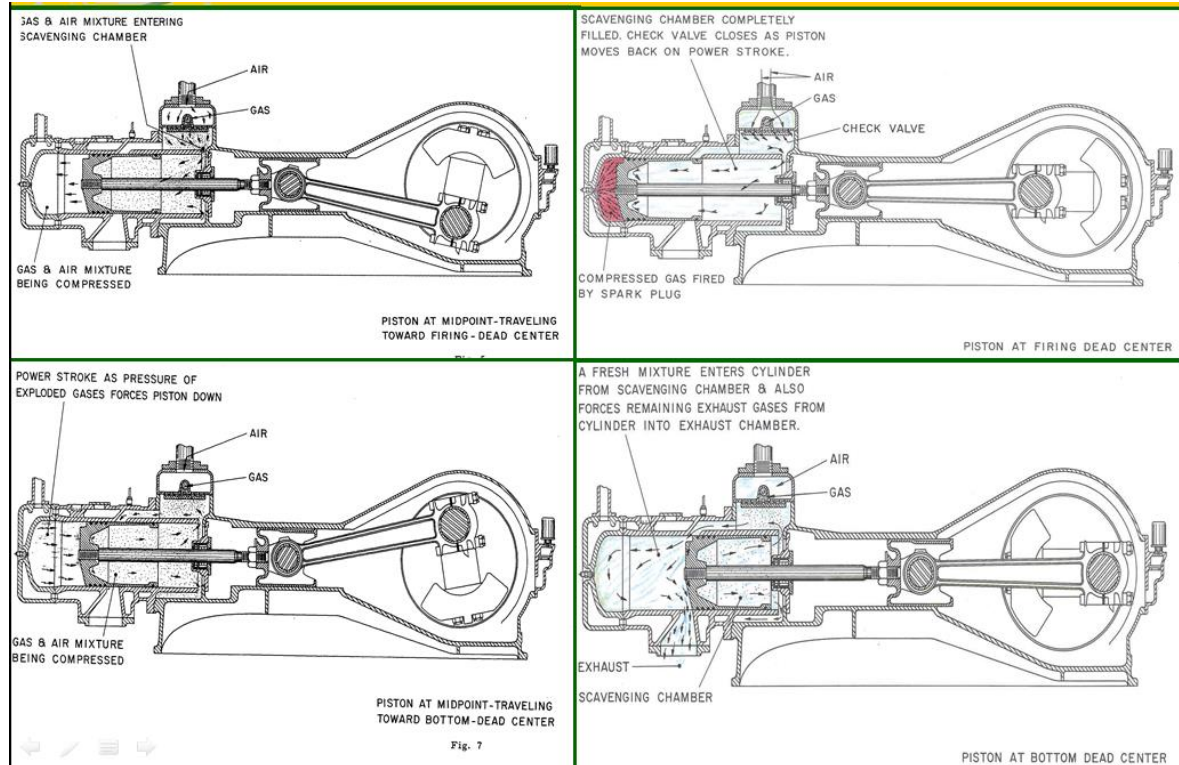


Fuente: CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición.

**2.5.1 Motor de dos Tiempos.** El motor de dos tiempos, también denominado motor de ciclos, es un motor de combustión interna que realiza las cuatro etapas del ciclo termodinámico (admisión, compresión, explosión y escape) en dos movimientos lineales del pistón (una vuelta del cigüeñal)

En un motor 2 tiempos se produce una explosión por cada vuelta de cigüeñal mientras que en un motor 4 tiempos se produce una explosión por cada dos vueltas de cigüeñal, lo que significa que a misma cilindrada se genera mayor potencia, pero también un mayor consumo de combustible<sup>17</sup>.

**Figura 18. Ciclos de un motor de dos tiempos.**



Fuente: Manual de entrenamiento Cooper Compression 2010

**2.5.2 Motor De Cuatro Tiempos.** Se denomina motor de cuatro tiempos al motor de combustión interna alternativo tanto de ciclo Otto como ciclo del diésel, que precisa cuatro, o en ocasiones cinco, carreras del pistón o émbolo (dos vueltas completas del cigüeñal) para completar el ciclo termodinámico de combustión. Estos cuatro tiempos son:

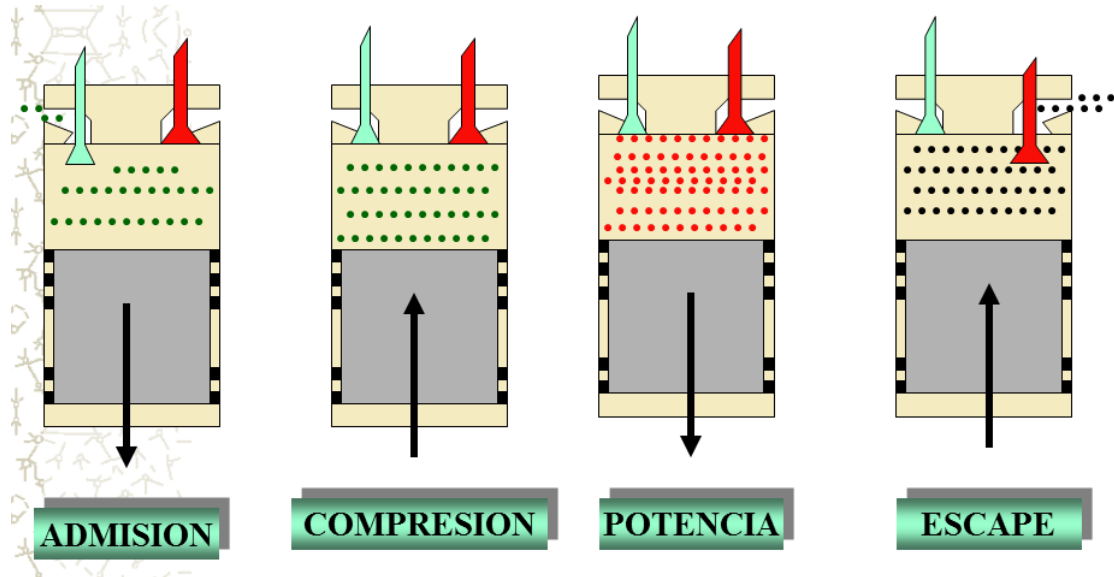
<sup>17</sup> Ibid

- **Primer tiempo o admisión:** en esta fase el descenso del pistón aspira la mezcla aire combustible en los motores de encendido provocado o el aire en motores de encendido por compresión. La válvula de escape permanece cerrada, mientras que la de admisión está abierta. En el primer tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  y el árbol de levas da  $90^\circ$  y la válvula de admisión se encuentra abierta y su carrera es descendente.
- **Segundo tiempo o compresión:** al llegar al final de la carrera inferior, la válvula de admisión se cierra, comprimiéndose el gas contenido en la cámara por el ascenso del pistón. En el 2º tiempo el cigüeñal da  $360^\circ$  y el árbol de levas da  $180^\circ$ , y además ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es ascendente.
- **Tercer tiempo o explosión/expansión:** al llegar al final de la carrera superior el gas ha alcanzado la presión máxima. En los motores de encendido provocado o de ciclo Otto salta la chispa en la bujía, provocando la inflamación de la mezcla, mientras que en los motores diésel, se inyecta a través del inyector el combustible muy pulverizado, que se autoinflama por la presión y temperatura existentes en el interior del cilindro. En ambos casos, una vez iniciada la combustión, esta progresa rápidamente incrementando la temperatura y la presión en el interior del cilindro y expandiendo los gases que empujan el pistón. Esta es la única fase en la que se obtiene trabajo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  mientras que el árbol de levas gira  $90^\circ$  respectivamente, ambas válvulas se encuentran cerradas y su carrera es descendente.
- **Cuarto tiempo o escape:** en esta fase el pistón empuja, en su movimiento ascendente, los gases de la combustión que salen a través de la válvula de escape que permanece abierta. Al llegar al punto máximo de carrera superior, se cierra la válvula de escape y se abre la de admisión, reiniciándose el ciclo. En este tiempo el cigüeñal gira  $180^\circ$  y el árbol de levas gira  $90^\circ$ <sup>18</sup>.

---

<sup>18</sup> Ibid

**Figura 19. Ciclos de un motor de 4 tiempos.**



Fuente: Manual de entrenamiento Cooper Compression 2010

**2.5.3 Compresor Integral.** Estos compresores tienen un cigüeñal común tanto para los cilindros de impulsión o motrices como para los de compresión, y por lo tanto el accionamiento primario y compresor se combinan en un solo grupo<sup>19</sup>.

**Figura 20. Unidad Compresora de Baja Presión IR 12SVG**



Fuente: Confipetrol S.A

<sup>19</sup> Manual de manejo y mantenimiento compresores de motor integradoDPC-600 AJAX, Cooper Energy Services

**2.5.4 Compresor Independiente.** Fundamentalmente, se utiliza para elevar la presión de un gas pasando de presión baja a otra más alta. Una variante adicional de esta máquina sirve para producir vacío, sin embargo no estudiaremos esta variante porque la demanda para esta aplicación es muy escasa.

Que es un grupo de compresor autónomo?

Abarca un grupo completo montado en uno o varios patines formado por el accionamiento primario, compresor, aparatos necesarios para refrigeración, depuradores, colectores de humedad, mandos de seguridad y tuberías. O sea un grupo completo para conectarlo con las tuberías de succión y descarga<sup>20</sup>.

Utilización del compresor.

Los compresores se utilizan para:

- Aumentar la presión del pozo hasta las tuberías utilizadas para remitir el fluido.
- Aumentar la presión del gas y volverlo a la formación petrolífera para mantener la presión o aumentar la presión del yacimiento.
- Devolver el gas a la formación cuando el propietario desea reducir la producción de gas- petróleo, algunos estados limitan la cantidad de gas que se puede producir o vender por barril de petróleo producido por lo tanto, el propietario de los pozos que producen demasiado gas por barril de petróleo tiene que devolver parte del gas al yacimiento para obtener más petróleo.
- Empuje del gas
- Aumento de la presión en la tubería
- Comprimir aire para distintas aplicaciones.

---

<sup>20</sup> Ibid

## Tipos de compresores

- Refrigerados por aire
- Rotativos
- Verticales
- Horizontales
- Generalmente pequeños
- Para bajas presiones
- Funcionan a gran velocidad
- Velocidad media
- Tipo integrado – baja velocidad.<sup>21</sup>

**Figura 21. Unidad Compresora Independiente G3608 – 6HOS4**



Fuente: Confipetrol S.A

---

<sup>21</sup> Manual De Manejo Y Mantenimiento Compresores De Motor Integrado dpc-600 AJAX, Cooper Energy Services

### 3. DISEÑO DEL PLAN DE MANTENIMIENTO

#### 3.1 LEVANTAMIENTO DE INFORMACION

3.1.1 Datos Operacionales. A continuación se presenta el levantamiento realizado de los parámetros operacionales más relevantes de todo el año 2013 y Enero y Febrero de 2014

Tabla 1. Datos Operacionales Maquina K1 Compresora Llanito

MES	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MEJOR	PEJOR	PROMEDIO		
HORAS	1784,6	1.834	1.970	2.171	2.350	2.477	2.630	2.779	3.015	3.073	3.157	3.303	3.367	3.681	1784,6	3.681	2.754		
R.P.M	812	815	824	811	832	816	821	816	824	830	816	804	798	820	798	832	817		
PRESIONES EN P.S.I	SUCC. 4" Hg / 2 psi	-5,0	-5,2	-5,3	-6,0	-4,9	-5,7	-5,9	-6,3	-5,7	-6,0	-6,2	-6,6	-7,0	-5,3	-4,9	-7,0	-6	
	DESC. 1ª	40	39,1	38	38	38	35	36	36	35	34	34	33	34	33	40	36		
	DESC. 2ª	170	163	166	170	159	151	152	151	147	146	145	143	142	144	142	170	154	
	DESC. 3ª	617,2	618	642	623	599	596	586	594	585	580	600	609	603	609	580	642	604	
TEMPERATURAS EN °F	CIL. No 1 190 / 330	284	282	284	272	255	260	255	267	275	267	265	266	268	272	255	284	269	
	CIL. No 2 190 / 330	287	292	294	279	271	273	268	273	285	281	274	275	272	276	271	294	279	
	CIL. No 3 190 / 330	272	268	271	260	249	252	249	257	266	257	257	255	256	263	249	272	259	
	CIL. No 4 190 / 330	307	305	309	292	276	278	277	283	296	285	265	284	283	291	265	309	288	
AGUA MAQ 160 / 215.	171	167	167	153	147	149	145	154	159	152	150	147	148	156	145	171	155		
ACEITE MAQ. 150 / 225	183	180	177	168	165	165	153	170	173	168	165	163	162	169	153	183	169		
ACEITE COMP. 150 / 225	173	170	170	157	152	154	151	157	163	157	155	153	153	160	151	173	159		
PRESIONES EN P.S.I	AGUA MAQ. 10 / 60	39	38,9	39,8	38,6	41	40	40	39	40	41	39	39	38	40	38	40	40	
	ACEITE MAQ. 30 / 75	49	50	50,4	51	52	52	53	51	51	52	52	52	51	49	53	51		
	ACEITE COMP. 30 / 60	33,1	34,5	35,1	40	45	43	45	41	38	42	42	43	42	40	33,1	45	40	
	GAS COMB. 10 / 60	19,4	19,6	20,1	20	20,5	21	20	21	21	21	21	22	22	21	19,4	22	21	
PRE-CARB. H2O	-0,6	2,8	7,3	20	20,3	20,3	20,3	15,5	9,6	13,4	20,3	20,3	20,3	17,6	-0,6	20,3	15		
PRESION AIRE	132	142,1	131,5	131	131,3	132	132	135	133	132	132	132	130	132	131	142,1	133		
TEMPERATURAS CILINDROS MOTRICES °F	PARAMETROS MIN: 980 MAX: 1.300 °F	CIL. No 1	1130	1147	1126	1123	1118	1103	1107	1108	1115	1122	1111	1113	1111	1127	1103	1147	1.119
		CIL. No 2	1123	1126	1125	1122	1169	1140	1130	1133	1135	1130	1157	1151	1140	1141	1122	1169	1.137
		CIL. No 3	1110	1108	1104	1089	717	900	1054	830	846	1157	1066	1001	833	1112	717	1157	995
		CIL. No 4	999	991	1011	1043	1126	1114	970	976	987	980	983	982	990	1003	970	1126	1.011
		CIL. No 5	1149	1157	1161	1162	1153	1144	1144	1143	1152	1163	1155	1161	1162	1168	1143	1168	1.155
		CIL. No 6	1181	1181	1190	1194	1195	1147	1202	1143	1214	1192	1161	1196	1185	1220	1143	1220	1.186
		CIL. No 7	1109	1101	1109	1088	1118	1080	1108	1086	1096	1103	1089	1099	1094	1142	1080	1142	1.102
		CIL. No 8	1103	1103	1106	1090	1096	1086	1092	1086	1100	1104	1099	1092	1084	1110	1084	1110	1.097
		CIL. No 9	1121	1125	1130	1103	1102	1090	1084	1076	1084	1081	1086	1077	1082	1116	1076	1130	1.097
		CIL. No 10	1197	1091	1099	1088	1104	1087	1084	1073	1077	1076	1072	1078	1069	1093	1069	1197	1.092
		CIL. No 11	1148	1157	1155	1152	1183	1150	1130	1143	1127	1131	1117	1134	1122	1163	1117	1183	1.144
		CIL. No 12	1191	1204	1206	1190	1201	1182	1206	1178	1187	1188	1109	1189	1177	1217	1109	1217	1.188
TEMPERATURAS BANCADAS °F	PARAMETROS: MAX: 232 °F	No 1	194	191	191	191	179	177	182	186	182	180	178	178	184	177	194	184	
		No 2	191	188	183	178	175	175	173	179	183	179	176	174	174	181	173	191	179
		No 3	198	196	196	186	184	184	182	187	191	187	185	183	183	189	182	198	188
		No 4	195	192	193	183	182	181	180	184	189	185	182	180	180	186	180	195	185
		No 5	188	185	185	175	173	173	171	176	180	177	174	172	172	178	171	188	177
		No 6	187	184	184	173	171	171	169	175	179	174	172	170	170	176	169	187	175
		No 7	189	186	186	176	173	173	172	177	181	176	174	172	172	178	172	189	178

**3.1.2 Análisis De Desempeño Dinámico.** Tomando como referencia el monitoreo de desempeño realizado a la unidad compresora K1 de la estación Llanito se emiten las siguientes recomendaciones (Ver Anexo 1 Monitoreo Completo):

#### INFORME DE ESTADO MOTOCOMPRESOR K1 LLANITO

##### **Acciones por planear en el motor:**

1. Programar para antes de 500 horas la inspección de los casquetes de la bancada No.3 y de biela No.2, conforme los hallazgos revisar los otros casquetes.
2. Revisar tolerancia en el buje del bulón y cruceta del pistón motriz No. 2
3. Revisar el cableado y las bujías de circuitos de ignición de los cilindros 1 y 3.
4. Revisar la condición de la válvula de gas combustible del cilindro No.1.
5. Verificar el goteo de la bomba de lubricación forzada.

##### **Acciones por planear en el compresor:**

1. En tercera etapa verificar la condición de las válvulas, anillos y empaquetadura.
2. Realizar mediciones de tolerancia del recorrido vertical y horizontal de la barra en frío (ronud out), en el cilindro 2. Comparar con valores límites de aceptación y registrar.
- 3, Realizar verificación y ajuste de pernos de sujeción entre cilindros y distance piece.
4. Verificar el goteo de la bomba de lubricación forzada.
5. Se recomienda ajuste de los pernos de anclaje de los scrubber de primera y segunda etapa.

## **Estado General del Motor:**

**Ignición:** en los registros de ignición del cilindro 1 es evidente el mal funcionamiento de la bujía de abajo, el patrón se asocia con mala condición del cable de alta y/o de daño de bujía, lo anterior está afectando el desempeño de ese cilindro (Esta condición se atribuye a soltura del cable primario de la bobina, se reportó durante la medición la cual fue corregida de forma inmediata por el mismo personal de CBM). En los registros de ignición del cilindro 3, se evidencia que el gap de la bujía de abajo está muy cerrado. Sin eventos relevantes para el circuito del cilindro No.2.

**Aspiración e inyección:** En el cilindro No.1, la válvula flapper registra actividad en vibración y ultrasonido durante el descenso del pistón (asociada con mal asentamiento) y la válvula rebeca presenta vibración después del cierre (condición asociada con defectos en la empaquetadura). Este cilindro es el que presenta más baja compresión y registra un funcionamiento irregular, (periodos muertos, leves y con sobrepresión), por consiguiente refleja su regular desempeño. En los tres cilindros los registros de vibración de paso de los anillos por las lumbreras, se están haciendo extendiendo, pero no afectan de manera severa el desempeño del motor. Durante la medición la unidad motriz estaba entregando 559 bhp de los 660. En los registros de las válvulas flapper y rebeca de los cilindros 2 y 3 no hay eventos relevantes.

**Bancadas:** En la bancada 3, se mantiene un evento ocasional, asociado con la tolerancia del casquete del muñón de biela No.2, (los casquetes de las bancadas centrales 2 y 3, y/o bulón y cruceta).

**Accesorios:** los registros de vibración de los accesorios se mantienen estables.

Motor con seguimiento especial a la condición de los casquetes de las bancadas centrales del cigüeñal y a la revisión de la válvula rebeca y del sistema del sistema de ignición de los cilindros 1 y 3.

**Estado General del Compresor:** Para las condiciones de temperatura, presiones y velocidad (400 RPM) la unidad comprimía 2,14 mmscfd y requería de 437 bhp de los 559 bhp que generaba el motor.

**Válvulas:** En las válvulas de primera y segunda etapa no hay eventos relevantes. En 3ra etapa las válvulas registran cierres extendidos asociados con fugas severas por las Válvulas, empaquetaduras de gas y/o desgaste de anillos.

**Cilindros, pistones y anillos:** los cierres extendidos en todas las válvulas se asocian con desgaste de los anillos en 3ra etapa.

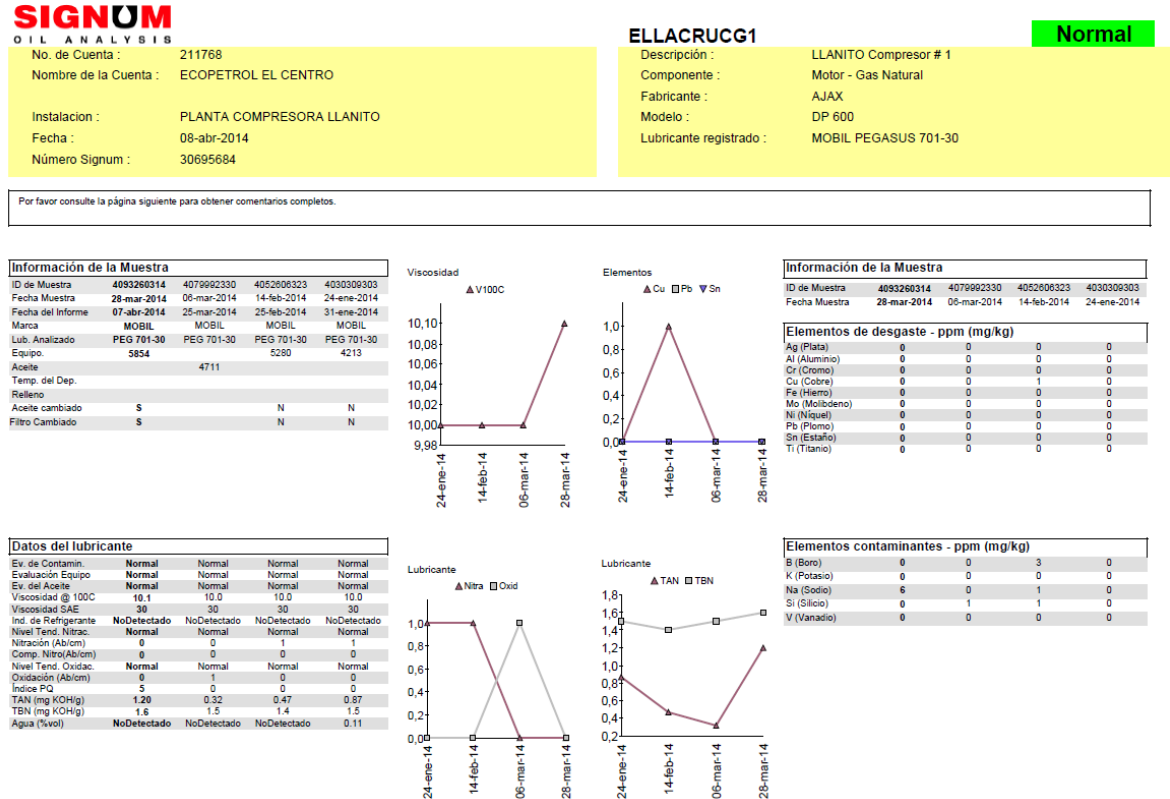
**Empaquetaduras:** En la 3ra etapa el flow balance es indicio de fuga por esa empaquetadura.

**Accesorios:** en los registros de FFT, de los cilindros compresores, tuberías y scrubbers, se tiene en seguimiento la amplitud de la 1x, en este monitoreo las amplitudes que se registran no superan las 13 mils. Seguimiento a la recomendación de verificar los torques de la tornillería de los accesorios de anclaje.

Compresor con seguimiento a la condición del cilindro de 3ra etapa.

### 3.1.3 Análisis de Aceite

Figura 22. Estado de Lubricante Motor- Compresor K1 Llanito



Fuente: Confipetrol S.A

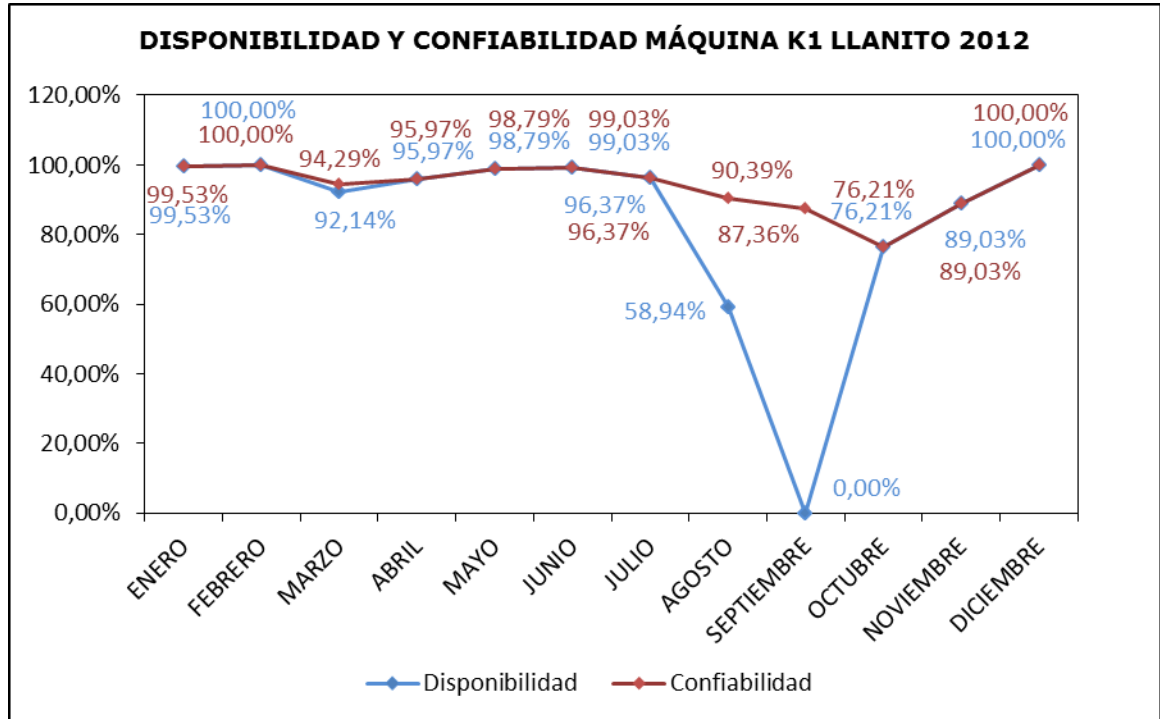
**DIAGNÓSTICO:** De acuerdo a la muestra realizada el día 28 de marzo del 2014 y el informe enviado por **Mobil** el día 07 de Abril del 2014, El estado del lubricante está en condiciones normales de operación, la viscosidad y acides están dentro del rango de operación para un lubricante Pegasus 701, de igual forma no se evidencian contenidos de partículas metálicas ( Hierro, Aluminio ).

**Recomendaciones:** No se requiere acción alguna sobre el lubricante. Todos los resultados están dentro de los rangos aceptables. Examine cambios progresivos y resultados en busca de tendencias cambiantes. Retome la muestra en el próximo intervalo programado. (Anexo 2)

### 3.1.4 Confiabilidad de la Unidad

## COMPORTAMIENTO INDICADORES DE DISPONIBILIDAD & CONFIABILIDAD AÑO 2012

Figura 23. Comportamiento Disponibilidad y Confiabilidad 2012



Fuente: Autor

En el año 2012 la máquina en mención presentó un valor promedio de disponibilidad del 83.83% y confiabilidad del 71.33%. De acuerdo a lo observado en la gráfica anterior donde se evidencia el comportamiento de los indicadores de disponibilidad & confiabilidad se observa que en el mes de septiembre se presentó el mayor impacto de dichos indicadores.

La máquina K1 en el año 2012 presento un tiempo de operación de 4434.5 horas, se han presentado 34 trips generando 536.5 horas de Down time, estuvo 2985 horas en stand by y se programaron 879 horas para mantenimiento preventivo.

Las causas que afectaron el comportamiento de los indicadores en el año 2012 fueron las siguientes:

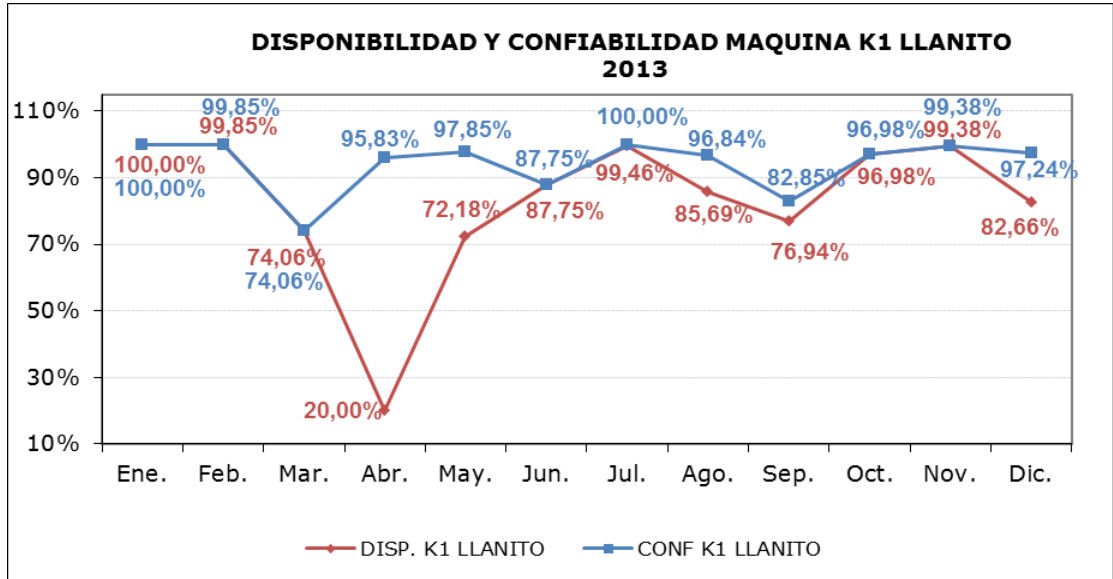
- **Agosto (A: 58.94%, R: 17.85%):** Ejecución de rutina de mantenimiento de 10000 horas, alta presión en cilindro compresor # 2, parada de la máquina por Sobre revolución, cambio de válvulas compresoras de cilindro compresor # 2, mantenimiento cilindro compresor # 1.
- **Septiembre (A: 0.0%, R: 87.36%):** Continuación de rutina de mantenimiento de 10000 horas, falla en cruceta motriz # 2.

**La rutina de mantenimiento de 10000 horas presento demoras por el cese de actividades que ocurrió en el mes de septiembre.**

- **Octubre (A&R: 76.21%):** Continuación en la reparación de la falla de la cruceta motriz # 2, cambio de válvulas en cilindros compresores de 2da y 3ra etapa, entrada de aire a inyectores de gas combustible, alta presión de descarga 1ra etapa.
- **Noviembre (A&R: 89.03%):** Problemas de alta presión en inter etapas, alto nivel de líquidos en separadores de 1ra etapa, cambio de switch eléctrico de nivel de 2da etapa.

## COMPORTAMIENTO INDICADORES DE DISPONIBILIDAD & CONFIABILIDAD AÑO 2013

Figura 24. Comportamiento Disponibilidad y Confiabilidad 2013



Fuente: Autor

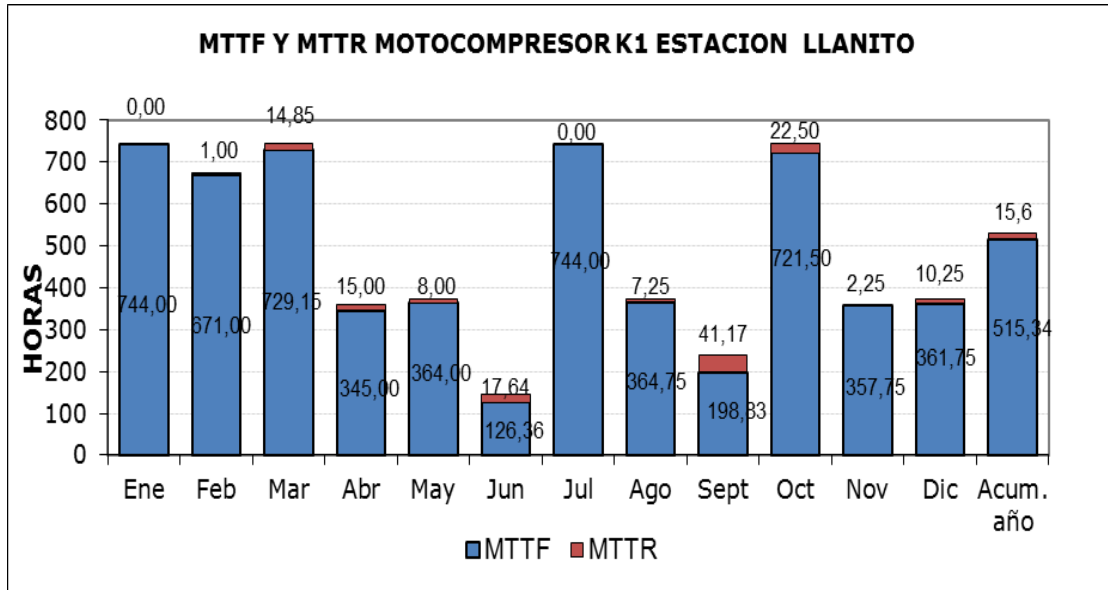
En la gráfica se observan los resultados de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad calculados mes a mes para la máquina compresora K1 de la estación Llanito con valores variables durante el año 2013, los meses que registran tendencia negativa con denotación en el indicador de disponibilidad son: Marzo, Abril, Mayo, Junio, Agosto y Septiembre

El Motocompresor K1 de la Estación Llanito en el año 2013 operó **3793,8 horas**, estuvo **3375 horas** como equipo auxiliar del sistema y se presentaron **33 Trips** generando **1488,7 horas** de Down time.

Las causas que afectaron el comportamiento de los indicadores en el año 2013 fueron las siguientes:

- **Marzo (A: 74,06%; R: 74,06%):** Rotura de líneas de lubricación, taponamiento en línea neumática que lleva la señal de descarga de 1era etapa al tablero de control, swiche de nivel del tanque auxiliar de agua, Alta presión de descarga 2da etapa, se cambiaron 4 válvulas de 3 etapa, Control de nivel de aceite de lubricación.
- **Abril (A: 20,00%; R: 95,83%):** Corrección fuga línea lubricación forzada CM No. 3, rotura de la tubería de lubricación CF No. 3. (No hay repuestos), ejecución de mantenimiento programado de 20000 horas.
- **Mayo (A: 72,18%; R: 97,85%):** Ejecución de mantenimiento programado de 20000 horas, Cambio de aceite, cambio pistón CF No. 1. (Mantenimiento 250 después del Overhaul), daño en el motor de arranque.
- **Junio (A: 87,75%; R: 87,75%):** Daño en el flotador de control de nivel del tanque de agua auxiliar. (No hay repuesto), alta presión de descarga de la 3era etapa, cambio de línea separador 1er y 2do corte.
- **Agosto (A: 85,69%; R: 96,84%):** Recomendaciones de CBM, válvula de corte de gas combustible (No hay repuestos), cambio de motor de arranque y válvula amot.
- **Septiembre (A: 76,94%; R: 82,85%):** Bobina de la válvula de gas combustible quemada (no hay repuestos), mantenimiento programado para cambio de anillos CF No. 3, alta temperatura CF N. 3 (Se cambiaron 2 inyectores), conexión eléctrica switch de temperatura termocupla motor (se encontró un cable eléctrico haciendo contacto con la carcasa).

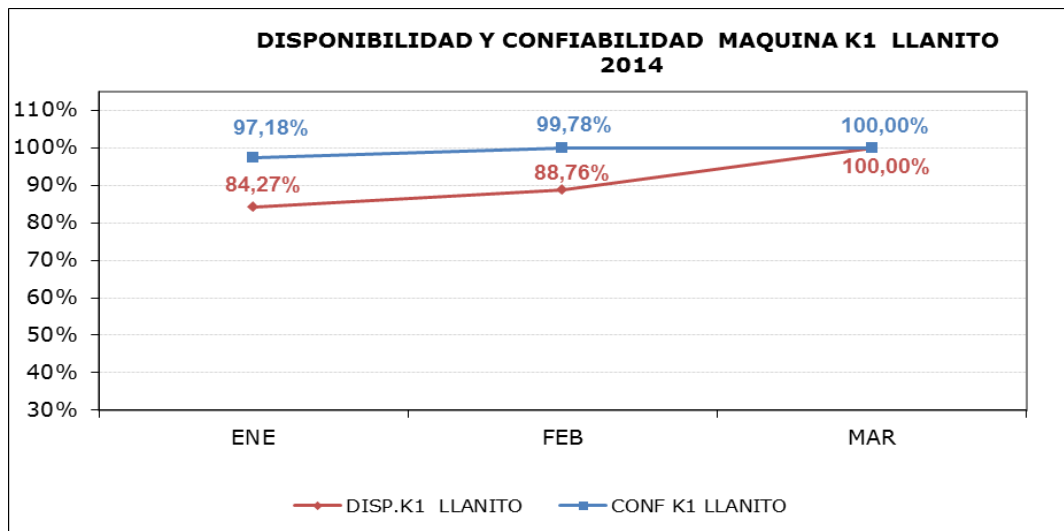
**Figura 25. Indicadores de confiabilidad (MTTR Y MTTF) 2013**



Fuente: Autor

Con un **MTTR de 15,6** y **MTTF de 515,34** en al año 2013

**Figura 26. Comportamiento indicadores de disponibilidad & confiabilidad año 2014**



Fuente: Autor

El comportamiento de los indicadores de la unidad compresora K1 de Llanito en el primer trimestre del año 2014 presenta tendencia negativa en cuanto al indicador de disponibilidad en los meses de Enero y Febrero, como se evidencia en la gráfica.

El Motocompresor K1 de la Estación Llanito en el año 2014 ha operado hasta el 01 de Abril **1298 horas**, ha estado **688,5 horas** como equipo auxiliar del sistema, se han presentado **6 Trips** generando **192,5 horas** de Down time.

Las causas que afectaron el comportamiento de los indicadores en el año 2014 son las siguientes:

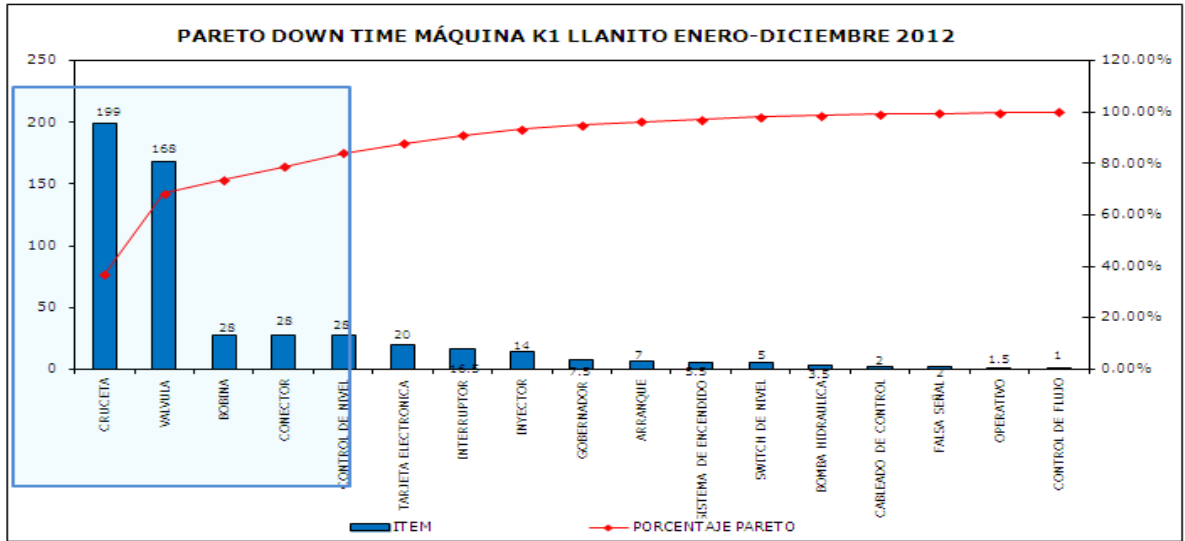
- **Enero (A: 84,27%, R: 97,18%):** Alta presión de descarga de la 3era etapa, ejecución de mantenimiento programado de 2500 horas, Cambio de válvulas compresor, calibrador del traductor de presión de 3era etapa.
- **Febrero (A: 88,76%, R: 99,78%):** Mantenimiento programado por alto consumo de aceite, revisión en los empaques de los pistones de fuerza del motor

### **3.1.5 Análisis Pareto**

#### **MALOS ACTORES AÑO 2012**

De acuerdo al comportamiento observado anteriormente de los indicadores de disponibilidad y confiabilidad se tiene que los malos actores que han ocasionado las horas de Down Time son los siguientes (se realiza un análisis Pareto):

**Figura 27. Análisis Pareto Malos Actores 2012**



Fuente: Autor

**Tabla 2. Datos analisis Pareto Malos Actores 2012**

MÁQUINA K1 LLANITO								
ROTULOS DE FILA	PARADAS	Hrs. NO PROG.	MTTR	MTTF	MTBF	CALCULO	PARETO	
CRUCETA	1	199	199.0	8585.0	8784	199	37.09%	
VALVULA	11	168	15.3	783.3	799	367	68.41%	
BOBINA	1	28	28.0	8756.0	8784	395	73.63%	
CONECTOR	3	28	9.3	2918.7	2928	423	78.84%	
CONTROL DE NIVEL	2	28	14.0	4378.0	4392	451	84.06%	
TARJETA ELECTRONICA	2	20	10.0	4382.0	4392	471	87.79%	
INTERRUPTOR	2	16.5	8.3	4383.8	4392	487.5	90.87%	
INYECTOR	2	14	7.0	4385.0	4392	501.5	93.48%	
GOBERNADOR	1	7.5	7.5	8776.5	8784	509	94.87%	
ARRANQUE	2	7	3.5	4388.5	4392	516	96.18%	
SISTEMA DE ENCENDIDO	1	5.5	5.5	8778.5	8784	521.5	97.20%	
SWITCH DE NIVEL	1	5	5.0	8779.0	8784	526.5	98.14%	
BOMBA HIDRAULICA	1	3.5	3.5	8780.5	8784	530	98.79%	
CABLEADO DE CONTROL	1	2	2.0	8782.0	8784	532	99.16%	
FALSA SEÑAL	1	2	2.0	8782.0	8784	534	99.53%	
OPERATIVO	1	1.5	1.5	8782.5	8784	535.5	99.81%	
CONTROL DE FLUJO	1	1	1.0	8783.0	8784	536.5	100.00%	

Los malos actores que se encuentran en la franja azul representan el 80% del Down Time generado en la máquina durante el año 2012.

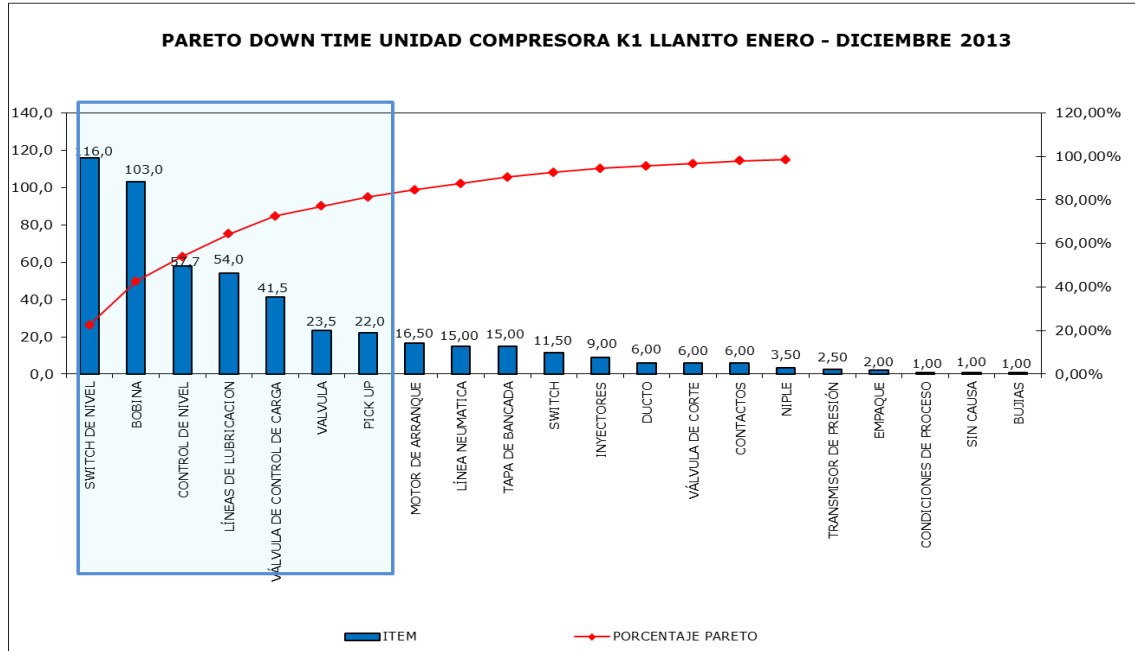
Se evidencia en la tabla y gráfica anterior que el principal mal actor en cuanto a Down time es la cruceta, en este caso una cruceta motriz, esto se dio por la falla presentada en el mes de septiembre en la cruceta motriz # 2 en las pruebas operacionales después del mantenimiento de 10000 horas.

Con respecto a lo anterior se realizó un análisis de causa raíz con un grupo interdisciplinario de Confipetrol para encontrar las causas raíces latentes de la falla, dentro de esta investigación se emitieron las siguientes recomendaciones:

- Gestionar la compra de una herramienta adecuada para realizar un correcto procedimiento de torqueo a las diferentes tuercas de sujeción del pistón con la cruceta en los cilindros motrices.
- Realizar un seguimiento o aval por parte del cliente (mediante un formato de entrega de equipo) del montaje de componentes fuera de especificaciones con previas recomendaciones del profesional QAQC.
- Realizar seguimiento a la ejecución de las diferentes rutinas de mantenimiento mayor para garantizar la integridad de los diferentes componentes de las máquinas.
- Tomar metrología de cigüeñal y holguras entre casquetes de biela y bancada, con el fin de descartar cualquier desgaste.
- Revisar los anclajes del bloque.

## MALOS ACTORES 2013

**Figura 28. Análisis Pareto Malos Actores 2013**



Fuente: Autor

**Tabla 3. Datos Análisis Pareto Malos Actores 2013**

MOTO COMPRESOR K1 LLANITO 2013							
ROTULOS DE FILA	PARADAS	Hrs. NO PROG.	MTTR	MTTF	MTBF	CALCULO	PARETO
SWITCH DE NIVEL	3,0	116,0	38,7	26241,3	26280	116,00	22,58%
BOBINA	1,0	103,0	103,0	78737,0	78840	219,00	42,63%
CONTROL DE NIVEL	3,0	57,7	19,2	26260,8	26280	276,70	53,86%
LÍNEAS DE LUBRICACION	3,0	54,0	18,0	26262,0	26280	330,70	64,38%
VÁLVULA DE CONTROL DE CARGA	3,0	41,5	13,8	26266,2	26280	372,20	72,45%
VALVULA	3,0	23,5	7,8	26272,2	26280	395,70	77,03%
PICK UP	1,0	22,0	22,0	78818,0	78840	417,70	81,31%
MOTOR DE ARRANQUE	2,00	16,50	8,3	39411,8	39420	434,20	84,52%
LÍNEA NEUMÁTICA	1,00	15,00	15,0	78825,0	78840	449,20	87,44%
TAPA DE BANCADA	1,00	15,00	15,0	78825,0	78840	464,20	90,36%
SWITCH	1,00	11,50	11,5	78828,5	78840	475,70	92,60%
INYECTORES	1,00	9,00	9,0	78831,0	78840	484,70	94,35%
DUCTO	2,00	6,00	3,0	39417,0	39420	490,70	95,52%
VÁLVULA DE CORTE	1,00	6,00	6,0	78834,0	78840	496,70	96,69%
CONTACTOS	2,00	6,00	3,0	39417,0	39420	502,70	97,86%
NIPLE	1,00	3,50	3,5	78836,5	78840	506,20	98,54%
TRANSMISOR DE PRESIÓN	1,00	2,50	2,5	78837,5	78840	508,70	99,03%
EMPAQUE	1,00	2,00	2,00	78838,00	78840	510,70	99,42%
CONDICIONES DE PROCESO	1,00	1,00	1,00	78839,00	78840	511,70	99,61%
SIN CAUSA	1,00	1,00	1,00	78839,00	78840	512,70	99,81%
BUJIAS	1,00	1,00	1,00	78839,00	78840	513,70	100,00%
<b>Total general</b>	<b>34,00</b>	<b>513,70</b>	<b>15,11</b>	<b>2106,77</b>	<b>2121,88</b>		

En las gráficas anteriores se evidencia que para el año 2013 en la maquina K1 de la estación compresora Llanito los malos actores que generaron el 80% del Down Time y Trips del año 2013 se enfocan primordialmente en los componentes de instrumentación, para estos elementos no se cuenta con una curva de falla definida, ya que el modo de falla es aleatorio.

Con respecto a la falla en válvulas compresoras, esto se deriva de continuos mantenimiento al gasoducto, lo que aumenta la presión de succión de la unidad y arrastra trasas de crudo, las cuales van a parar a las válvulas compresora fisurando los platos y dañando los resortes.

Como recomendación para el mantenimiento de 20000 horas se tiene la revisión del Grouting de la unidad y la inspección de tolerancias en los bulones de las bielas compresoras.

### **3.2 DEFINICION DEL ALCANCE**

Se realiza el alcance de las actividades a ejecutar en el mantenimiento TOP END de acuerdo con las recomendaciones emitidas por el grupo CBM y Confiabilidad en las cuales se detalla los siguientes posibilidades de intervención:

- Cambio.
- Mantenimiento.
- Prueba funcional.

- Metrología y medición
- Inspección interna.
- Cambio por condición.
- Limpieza.
- No se interviene.
- Prueba de lazo.
- Calibración y/o ajuste

Revisar anexo 4 en el cual se detalla claramente las actividades a ejecutar a cada uno de los componentes.

### **3.3 GENERACIÓN DE APL**

**3.3.1 APL Mecanico.** De acuerdo a a las recomendaciones CBM y confiabilidad, se enlistan repuestos requeridos para el cambio de componentes que por medio de la predicción y estadística se encuentran con excesivo desgaste, adicional se encuentran incluidos repuestos comunes para una rutina de 20000 horas ordinaria.

**Tabla 4. Listado de Repuestos Mecanicos**

ITEM	SISTEMA	Codigo Elipse	Parte Numero	Descripcion material	U/D	CANT INST
1	EXOSTO	2259323	A-4514	EMPAQUE TUBO DE ESCAPE	EA	3
2	SISTEMA DE IGNICION		SSS825L / SS850L	MOTOR DE ARRANQUE	EA	1
3	SISTEMA DE IGNICION	4352571	593121-18	CABLES DE IGNICIÓN(SECUNDARIO)	EA	6
4	SISTEMA DE IGNICION	2259836	BM-11534-A	LUBRICADOR MOTORES DE ARRANQUE	EA	1
5	SISTEMA DE IGNICION	2051928	SPEC7456-C	KIT ORING DE INYECTO A GAS	EA	3
6	SISTEMA DE IGNICION	2051969	BM-16348-F-214	SELLO DEL SISTEMA HIDRAULICO 3	EA	3
7	SISTEMA DE IGNICION	2259422	BM-16348-A212	ORINGS DEL SISTEMA HIDRAULICO 3	EA	6
8	SISTEMA DE IGNICION	2259430	BM-16348A215	ORINGS DEL SISTEMA HIDRAULICO 3	EA	6
9	SISTEMA DE IGNICION	2051985	BM11736A	ORINGS DEL PISTON INYECTOR	EA	3
10	SISTEMA DE IGNICION	2259604	D44-3065-0007-001	GASKET DE CODOS INYECT/GAS	EA	8
11	SISTEMA DE IGNICION	4103156	591010-S	BOBINAS (MODELO UOVO ALTRONIC)	EA	6
12	SISTEMA DE IGNICION	2430593	YAE-5098-T-1	INYECTOR DE GAS COMPLETO	EA	3
13	SISTEMA DE IGNICION	4284477	RB118SD	BUJIAS( MODELO NUEVOS MARCA ALTRONIC)	EA	6
14	SISTEMA DE IGNICION	2372167	593027-18	CABLES PRIMARIO IGNICIÓN(PRIMARIO)	EA	1
15	SISTEMA DE IGNICION	2260222	BM-11738	GRASA PARA INYECTORES	EA	1
16	SISTEMA DE AIRE	2707412	BM-16315-12	FILTRO DE AIRE PURIFICADOR	EA	4
17	SISTEMA DE AIRE		YK-8236-A	MANIFOLD DE AIRE	EA	3
18	SISTEMA DE AIRE		YK-8236-A-1	MANIFOLD DE AIRE	EA	3
19	SISTEMA DE AIRE		YK-8236-A-2	MANIFOLD DE AIRE	EA	3
20	SISTEMA DE AIRE	FACI	YAE-150-B	VALVULA ATMOSFERICA COMPLETA	EA	3
21	SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	2125151	B128	CORREA BOMBA DE AGUA, B-128	EA	1
22	SISTEMA DE AGUA DE ENFRIAMIENTO	2265122	2687626	SELLO MECANICO P/BOMBA DE AGUA D/COMPRES	EA	1
23	SISTEMA MOTRIZ	2430585	A-4502-E	CULATAS DE FUERZA	EA	3
24	SISTEMA MOTRIZ	2430643	1-04F-001-108-106	TORNILLOS CULATA DE FUERZA	EA	52
25	SISTEMA MOTRIZ	2430650	1-08F-005-108	TUERCA DE LAS CULATAS DE FUERZA	EA	42
26	SISTEMA MOTRIZ	2430668	BM 11808	ARANDELAS CULATA DE FUERZA	EA	52
27	SISTEMA MOTRIZ	2707800	A-4513-B	EMPAQUE DE CULATA FUERZA	EA	3
28	SISTEMA MOTRIZ	2430676	SF-115-2-036	ARANDELAS DE FONDO DEL ESPARRAGO DE LOS TORNILLOS DE LA CULATA DE FUERZA	EA	52
29	SISTEMA MOTRIZ	2051845	A-4509-E	ANILLOS DE FUERZA	EA	12
30	SISTEMA MOTRIZ	2824183	YAE-7516-C-1*	PISTON DE FUERZA	EA	3
31	SISTEMA MOTRIZ	2052884	A-1278-B	TUERCA DE AJUSTE DEL PISTON DE FUERZA CONTRA EL PATIN	EA	3
32	SISTEMA MOTRIZ	2709228	K-7201-D-1	CILINDRO DE FUERZA	EA	3
33	SISTEMA MOTRIZ	2259315	YAE-5512-B	BIELA MOTRIZ	EA	3
34	SISTEMA MOTRIZ	2051753	A-2894-E-2	CASQUETE BIELA MOTRIZ	EA	3
35	SISTEMA MOTRIZ	2051761	D37-134185	CHAVETAS (LUBRICADOR)	EA	2
36	SISTEMA MOTRIZ	2259257	A-1223-2	BUJE BIELA MOTRIZ	EA	3
37	SISTEMA MOTRIZ	2051670	A-1220-K	CRUCETA( CROSSHEAD) FUERZA	EA	3
38	SISTEMA MOTRIZ	2051712	BM-16713	SEAL, OIL	EA	16
39	SISTEMA MOTRIZ	2707826	K-7261	GASKET FLAT RECT (GASKET EXTREMOS C	EA	2
40	SISTEMA MOTRIZ	2707867	K-7262	GASKET FLAT RECT (GASKET INTERMEDIO CARTER)	EA	2
41	SISTEMA MOTRIZ	2707834	K-7237	GASKET FLAT RECT (GASKET CENTRAL CARTER)	EA	1
42	SISTEMA MOTRIZ	3611225	K-7229	GASKET FLAT RECT (GASKET TAPA CRUCETA No. 2)	EA	1
43	SISTEMA MOTRIZ	2923001	K-7230	GASKET FLAT RECT	EA	2
44	SISTEMA MOTRIZ	2430205	A-2233	GASKET - VENTANA DE INSPECCION MOTRIZ	EA	2

45	SISTEMA MOTRIZ	2474120	A-2235-A	GASKET - EMPACADORAS DE ACEITE MOTRIZ	EA	3
46	SISTEMA MOTRIZ	4246997	K-7223-A	GASKET FLAT RD	EA	2
47	SISTEMA MOTRIZ	3714599	A-3334	GASKET	EA	1
48	SISTEMA MOTRIZ	CATALOGAR	1-08F-002-108	TUERCA DE SEGURIDAD BANCADA	EA	16
49	SISTEMA MOTRIZ	2709061	K-7214-A	CASQUETE DE BANCADA	EA	3
50	SISTEMA MOTRIZ	2709079	K-7213-A	CASQUETE DE BANCADA ESPECIAL	EA	1
51	SISTEMA MOTRIZ	2709079	K-7213-A	CASQUETE DE BANCADA ESPECIAL	EA	1
52	SISTEMA MOTRIZ	4201539	K-7258	CINTA O CREMALLERA	EA	1
53	SISTEMA MOTRIZ	2051621	K-7221-A	PIÑON DISTRIBUCION CIGÜEÑAL	EA	1
54	SISTEMA MOTRIZ	FACI	K-7205-E	CIGÜEÑAL	EA	1
55	SISTEMA MOTRIZ	2259265	K-7225-A	COLLARIN DEL CIGÜEÑAL	EA	1
56	SISTEMA MOTRIZ	2051704	BM-1328-L-1	SEGMENTO EMPACADORA DE ACEITE FUERZA ( 3 )	EA	3
57	SISTEMA MOTRIZ	2052330	BM11825-A	RODAMIENTO TENSOR	EA	2
58	SISTEMA MOTRIZ	630350	C136	CORREAS VENTILADOR, C-136	EA	3
59	SISTEMA MOTRIZ	2430635	A-2838	GASKET FLAT RECT	EA	3
60	SISTEMA MOTRIZ	2430619	A-2781-A	GASKET FLAT	EA	3
61	SISTEMA MOTRIZ	2707735	A-2783	GASKET FLAT RECT	EA	3
62	SISTEMA MOTRIZ	2707602	PU339	RODAMIENTO COMPLETO 2" 7/16	EA	2
63	SISTEMA LUBRICACION	4247102	BM-10855-R-3X2	LUBRICADOR	EA	1
65	VALVULAS ATMOSFERICAS	FACI	YAE-150-B	VALVULA ATMOSFERICA COMPLETA	EA	3
66	VALVULAS ATMOSFERICAS	2052249	A-4515	EMPAQUE VALVULA ATMOSFERICA	EA	6
67	VALVULAS ATMOSFERICAS	2052256	BM11924-02-08	PINES VALVULA ATMOSFERICA	EA	60
68	VALVULAS ATMOSFERICAS	2052298	XC-470401-50	RESORTES VALVULAS ATMOSFERICAS	EA	60
69	VALVULAS ATMOSFERICAS	2052314	A-2693-F	LAMINAS VALVULAS ATMOSFERICAS	EA	30
70	BOMBA DE AGUA	2084804	2681122	SEAL, BEARING COVER	EA	1
71	BOMBA DE AGUA	2084796	2681123	RETAINER, PACKING	EA	1
72	BOMBA DE AGUA	2084754	2684314	IMPELLER, PUMP, CENTRIFUGAL	EA	1
73	BOMBA DE AGUA	2084820	2681134	SHAFT	EA	1
74	BOMBA DE AGUA	2084812	2691519	SLEEVE, SHAFT, PUMP	EA	1
75	BOMBA DE AGUA	2084762	2685766	BOLT, MACHINE	EA	1
76	BOMBA DE AGUA	2440527	V2343A	KEY, MACHINE ;KEY, IMPELLER	EA	1
77	BOMBA DE AGUA	2265122	2687626	SELLO MECANICO P/BOMBA DE AGUA D/COMPRES	EA	1
78	BOMBA DE AGUA	1459130	1100750	BEARING, BALL, ANNULAR	EA	1
79	BOMBA DE AGUA	2084721	2669935	BEARING, BALL, PIVOT	EA	1
80	BOMBA DE AGUA	2084770	2681602	LOCKNUT, RAPID ALIGNMENT	EA	1
81	BOMBA DE AGUA	2084838	2685768	WASHER, FLAT	EA	1
82	BOMBA DE AGUA	2265114	2681017	BEARING COVER, OUTBOARD	EA	1
83	BOMBA DE AGUA	2265098	2675921	DEFLECTOR	EA	1
84	BOMBA DE AGUA	2084804	2681122	SEAL, PLAIN ENCASED	EA	1
85	BOMBA DE AGUA	2084796	2681123	RETAINER, GREASE	EA	1
86	BOLSILLO	2260032	BM-16348-393	EMPAQUE DE GAS 1 ETAPA	EA	2
87	BOLSILLO	2260156	BM-16348-385	GASKET BOLSILLO SEGUNDA ETAPA	EA	2
88	BOLSILLO	2052926	BM-16243-278	ORINGS DE LA VALVULA BOLSILLO DE SDA ETAPA	EA	2
89	BOLSILLO	2052934	BM 16247-278	ANILLO DE LA VALVULA DE BOLSILLO DE SDA ETAPA	EA	2
90	BOLSILLO	FACI	YKPD-1507	VALVULA DE BOLSILLO	EA	1
91	BOLSILLO	2260206	BM-16268	EMPAQUETADURA DE LA VALVULA BOLSILLO DE SDA ETAPA	EA	2
92	BOLSILLO	2260156	BM-16348-F-385	ORINGS DEL CABEZOTE DE SDA Y TERCERA ETAPA	EA	2

93	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052447	K-7215-C	CASQUETE BIELA COMPRESION	EA	2
94	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2708618	YK-8212-A	BIELA COMPRESION	EA	2
95	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052454	K-7209	BUJE DE BIELA COMPRESION	EA	2
96	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052645	K-7320-B	CRUCETA (CROSSHEAD)1ERA Y 3RA	EA	2
97	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052660	K-7208-A	PIN Ó BULON DE BIELA PARTE COMPRESORA	EA	3
98	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052827	K-4799-F	TUERCA DE SEGURIDAD DEL PISTON DE SDA ETAPA	EA	1
99	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052892	K-4799-B	TUERCA DEL PISTON DE SDA ETAPA	EA	1
100	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	FACI	K-7278-B	TUERCA LADO EXTERIOR DE PISTON DE 1RA ETAPA	EA	1
101	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	FACI	K-7074	ARANDELA DE PISTON DE 1RA ETAPA	EA	2
102	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053049	K-6680-8	CILINDRO DE SEGUNDA ETAPA	EA	1
103	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	FACI	K-6939-1	CILINDRO DE PRIMERA ETAPA	EA	1
104	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	FACI	K6792-A-2	CILINDRO DE TERCERA ETAPA	EA	1
105	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2259349	BM-16556	VALVULA INDICADORA ( VALVE KINNY)	EA	3
106	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	FACI	YK11L-2202	PISTON DE PRIMERA ETAPA	EA	1
107	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053148	K6681-2	PISTON DE SDA ETAPA	EA	1
108	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053130	K6793-3	PISTON DE TERCERA ETAPA	EA	1
109	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053197	K6683-B	BARRA Ó EJE DEL PISTON DE SDA Y TERCERA ETAPA	EA	1
110	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052975	K-6685	ESPACIADOR DEL PISTON ENTRE SDA Y TERCERA ETAPA	EA	1
111	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052942	BM-17012-B-31	ANILLOS DE PRIMERA ETAPA	EA	2
112	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053171	BM-17012-24	ANILLOS DE SEGUNDA ETAPA	EA	2
113	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053163	ZBM-17012-J-8	ANILLOS DE TERCERA ETAPA	EA	4
114	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2052959	BM-16348-392	ORING DE CULATA PRIMERA ETAPA	EA	2
115	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2824241	BM-17011-A-31	RIDER RING, PRIMERA ETAPA	EA	2
116	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053189	BM-17011-A-24	RIDER RING, SEGUNDA ETAPA	EA	2
117	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2053155	BM-17011-B9	RIDER RING DE TERCERA ETAPA	EA	1
118	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	2430197	K-6289	GASKET VENTANA DE INSPECCION COMPRESION	EA	6
119	<b>EMPACADORA</b>	2052900	BM-16154-D	EMPACADORA DE GAS COMPLETA 1RA ETAPA	EA	1
120	<b>EMPACADORA</b>	2053114	BM-16244-C	EMPACADORA DE GAS SDA TAPA	EA	1
121	<b>EMPACADORA</b>	2260016	BM-16012-D	SEGMENTOS EMPACADORA DE GAS 1RA ETAPA	EA	5
122	<b>EMPACADORA</b>	2053122	BM-16011-K	SEGMENTOS EMPACADORA DE GAS SDA TAPA	EA	7
123	<b>EMPACADORA</b>	2430403	BM-15009-C-1	SEGMENTO EMPACADORA DE ACEITE PARTE COMPRESOR ( 3 )	EA	3
124	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4239687	30-383703-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE 1RA SUCCIÓN LLANITO	EA	6
125	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4239778	30-383703-A-HCOL	VALVE, SUCTION COMPRESSOR COMPLETE LLANITO	EA	6
126	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4239836	35-383703-A-HCOL	VALVE, DISCHARGE COMPLETE COMPRESSOR LLANITO	EA	6
127	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4239844	35-383703-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE 1RA DESCARGA LLANITO	EA	6
128	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240008	35-383706-A-HCOL	VALVE, SUCTION COMPRESSOR COMPLETE LLANITO	EA	2
129	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240032	30-383706-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE SDA SUCCIÓN LLANITO	EA	2
130	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240040	30-383706-A-HCOL	VALVE, DISCHARGE COMPLETE COMPRESSOR LLANITO	EA	2
131	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240057	35-383706-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE SDA DESCARGA LLANITO	EA	2

132	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240065	32-383715-A-HCOL	VALVE, SUCTION COMPRESSOR COMPLETE LLANITO	EA	2
133	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240073	32-383715-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE 3RA SUCCIÓN LLANITO	EA	2
134	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240107	37-383715-A-HCOL	VALVE, DISCHARGE COMPLETE COMPRESSOR LLANITO	EA	2
135	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4240115	37-383715-A-HCOL	REPAIR KIT, VALVE 3RA DESCARGA LLANITO	EA	2
136	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	4246906	K-7729-2	SOPORTE DE VALVULA TERCERA ETAPA	EA	2
137	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2052868	BM-15777-37	EMPAQUE DE VALVULA PRIMERA ETAPA	EA	12
138	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2052876	BM-15777-38	EMPAQUE TAPA DE VALVULA PRIMERA ETAPA	EA	12
139	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2053106	BM15777-L36	EMPAQUE DE VALVULA SDA ETAPA	EA	8
140	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2053098	BM15777-L29	EMPAQUE TAPA DE VALVULA SDA ETAPA	EA	8
141	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2053072	BM15777-L9	EMPAQUE DE VALVULA 3RA ETAPA	EA	6
142	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2053080	BM15777-L10	EMPAQUE TAPA DE VALVULA 3RA ETAPA	EA	6
143	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2052967	BM11838-9	SEAL THREAD( SELLO TORNILLO DE VALVULA DE 1RA,SDA,3RA ETAPA)	EA	18
144	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2707966	BM-11910-1807	TUERCA DEL TORNILLO QUE AJUSTA LA VALVULA DE 1RA,SDA Y 3RA ETAPA	EA	24
145	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2708329	K-7723-4	TORNILLO QUE AJUSTA LA VALVULA DE 1RA ETAPA	EA	12
146	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2923027	BM-11838-8	SEAL THREAD( SELLO TORNILLO DE VALVULA)	EA	12
147	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	FACI	K-7723-3	TORNILLO QUE AJUSTA LA VALVULA DE 3RA ETAPA	EA	6
148	<b>VALVULAS COMPRESORAS</b>	2474724	BM11839-9	WASHER LEVEL 3RA ETAPA	EA	12

**3.3.2 APL Instrumentos Y Eléctrica.** En la tabla siguiente se enlistan los componentes necesarios para el mantenimiento de componentes electrónicos y neumáticos, adicional se encuentran contemplados items requeridos para la actualización del sistema de control.

**Tabla 5. Listado de Repuestos Frente Instrumentos**

<b>Codigo Elipse</b>	<b>Parte Numero</b>	<b>Descripcion material</b>	<b>Cantidad Requerida</b>
4284477		Bujia	6
2371995	593121-18	Cable ignicion transf-bujia	6
4352571	593027-30	Arne de ignicion (metalicos)	4
4103156	591010-S	Transformador	3
3717386	146CM12X12 CAK	Termocupla Cilindro Motriz 1, 2 y 3 long: 4" con rosca	3
3717386	146CM12X12 CAK	Termocupla compresor succion y descarga 1ra etapa long:	2
3717386	146CM12X12 CAK	Termocupla compresor descarga 2ra etapa long:	1
3717386	146CM12X12 CAK	Termocupla compresor descarga 3ra etapa long:	2
3717386	146CM12X12 CAK	Temperatura aceite Motor	3
3717386	146CM12X12 CAK	Temperatura salida agua Motor	3
3717386	146CM12X12 CAK	Temperatura salida agua compresor	3
3717386	146CM12X12 CAK	Temperatura salida agua compresor	3
4428843	83905	CABLE ASSEMBLY, THERMOCOUPLE ;CABLE TERM	100 mts
4494498	LS200NDVOR	microvalvula neumatico LS200N (switche nivel neum) LS200NDVOR	1
2150704	HPVM	Kit reparacion Valvula control nivel KIMRAY	1
2410991	2838	SEAT, VALVE ;SEAT 3/8 IN	3
2410975	1645	STEM, FLUID VALVE ;LOWER STEM 3/8 IN	1
2410983	2840	SEAT, VALVE ;ASIENTO DE 1/4" PARA VALVUL	3
2349421	475	DIAPHRAGM, PRESSURE SWITCH ;DIAPHRAGM	4
2150704	HPVM	Kit reparacion Valvula control nivel KIMRAY	1
4494498	LS200NDVOR	microvalvula neumatico LS200N (switche nivel neum) LS200NDVOR	1
2408375	67CFR	Regulador aire Input 0-250 / Output 0-125 (gobernador) conexión 1/4"	1
4494498	LS200NDVOR	microvalvula neumatico LS200N (switche nivel neum) LS200NDVOR	1
2150704	HPVM	Kit reparacion Valvula control nivel KIMRAY	1
2150704	HPVM	Kit reparacion Valvula control nivel KIMRAY	1
2408375	67CFR	Regulador aire Input 0-250 / Output 0-125 (gobernador) conexión 1/4"	1
	swagelock	Union tipo hembra conexión OD 1/4"	1
3447810	630-75	Kit Regulador gas fisher big-joe type 630	
4571139	EV220B-50G	Valvula solenoide 24 VDC, dos Vias, Zize 2", way:2, Body material: Bronce, 200 PSI ,N.C	1
	EF98563	Indicador Presion conexión 1/2" vertical, Dial 4,5", Glicerina	1
2859437	316L-3/8-065"	Tramo Tubbing 3/8"	2
	AS-236589	Tuercas tubbing Lineas de lubricacion 3/8"	10
762336	6SCF	Set Juego Ferrules tubbing Lineas de lubricacion 3/8"	1
2377810	316L-1/4-065	Tramo Tubbing 1/4"	4
	A9658	Union tipo hembra conexión OD 1/4"	1

	A9456	Tuercas tubing Lineas de lubricacion	30
2107480	4SCF-SET-	Set Juego Ferrules tubing Lineas de lubricacion	3
	XC986	Valvula solenoide 24 VDC, dos Vias, Zize 1/4", way:2, Body material: Bronce, 200 PSI ,N.C	2
2452993	4N3411	Kit Valvula Piloto POPPET (Motor Arranque)	1
	659847	Indicador Presion conexión 1/2" vertical, Dial 4,5", Glicerina	1
	5t9865	Reduccion 2" - 1/2" X 3000 psi	1
4926317	NT	Conector recto flexiconduit 1/2" (CONECTOR FLEXICONDUIT 1/2 IN NPT. RECTO)	20
4926366	NT	Conector Codo flexiconduit 1/2" (CONECTOR FLEXICONDUIT 1/2 IN NPT. CODO)	20
	S-6589	Flexiconduit 1/2",	9 mts
4971511	XAC60-1	Manguera acorazada 1/2", COUPLING ;ACOPLE FLEXIBLE A PRUEBA DE EX 1/2" 60CM	11
762013	SS-600-1-4	ADAPTER, STRAIGHT, PIPE TO TUBE ;SIZE:3/8 OD-1/4 NPT	2
761999	4CM4-316	ADAPTER, STRAIGHT, PIPE TO TUBE ;SIZE:1/4 OD- 1/4 NPT	8
76323	SS-400-3	TEE, TUBE ;SIZE:1/4 IN. OD X 1/4 IN. OD	2
762237	SS-400-2-4	ELBOW, PIPE TO TUBE ;SIZE:1/4 IN.OD X 1/4 NPT	5
3380714	1730-SS	VALVE, GLOBE ;SIZE:1/4 IN, CLASS:3000/60	5
2630333	527100180	VALVE ;VALVE LUBE	4
4187134	691201-100	TRANSDUCER PRESSURE ;TRANSDUCTOR 0-100 P	1
4187142	691201-300	TRANSDUCER PRESSURE ;TRANSDUCTOR 0-300 P	1
4187209	693008-5	CABLE ; TRANSDUCTOR	3
4473591	691204-50	FORCE TRANSDUCER ;TRANSDUCTOR 50 PSIA	1
4195467	593054-96	HARNESS, ELECTRONIC TUBE ;HARNESS PARA Pickup	2
4352571	593121-18	LEAD SET, IGNITION, ENGINE ;SAFE - T - L	5
1373851	119-6284	LUBRICATOR ;LUBRICADOR ARRANQUE DE AIRE	1
4187076	4187076	Pickup sensor velocidad	2
2460905	VALBOA105*1/4* 300CPRO	VALVE, BALL ;SIZE:1/4 IN, CLASS:300, END	4
1441724	B3-9050-1	VALVE, BALL ;SIZE:1/2 IN, MWP:3000, ENDS	5
83808	70-7125-302	TEE, PIPE ;SIZE:1/2 IN CLASS:3000 ENDS:T	4
84541		UNION, PIPE ;SIZE:1/2 IN, CLASS:3000, EN	8
79020	CODA181*90*1/2 *3000THD	ELBOW, PIPE ;SIZE:1/2 IN ANGLE:90 ENDS:T	4
4303947	45PHL-100	GAUGE, PRESSURE, DIAL INDICATING ;PRESSU 0-100 ALTRONIC	2
4303970	45PHL-300	GAUGE, PRESSURE, DIAL INDICATING ;PRESSU 0-300 ALTRONIC	1
	45PHL-1000	GAUGE, PRESSURE, DIAL INDICATING ;PRESSU 0-1000 ALTRONIC	2

### 3.4 CONSECUCION DE PDT

**3.4.1 Listado De Actividades.** A Continuación Se Evidencia Un Resumen De Las Actividades A Ejecutar En El Mantenimiento Top End De La Unidad Moto Compresora K1 De La Estación De Gas Llanito, Revisar Anexo 3 En El Que Se Encuentran Todas Las Actividades En Detalle De La Intervención:

**Figura 29. Resumen Plan Detallado de Trabajo**

EDT	Nombre de tarea	Duración	Pred
1	TOP END MAQUINA K-1 COMPRESORA LLANITO	25 días	
11	ACTIVIDADES PRELIMINARERS	0,75 días	
15	ACTIVIDADES MECANICA	21,69 días	
15.117	SISTEMA MOTRIZ	21,19 días	
15.121	SISTEMA COMPRESOR	13,31 días	
15.120	VENTILADOR COOLER	2,38 días	
15.119	ACTIVIDADES EXOSTO	5 días	
1122	ACTIVIDADES FACILIDADES	17,5 días	
1137	ACTIVIDADES INSTRUMENTOS	24,63 días	
1274	TALLERES EXTERNOS	0 días	
1275	ACTIVIDADES INSPECCION	7,5 días	
1270	INICIO DE PRUEBAS DE ARRAQUE Y VACIO	0 días	7,131,1

Fuente: Autor

De acuerdo a lo programado a lo programado se estima una duración de la rutina de mantenimiento de 20000 horas más las recomendaciones de CBM y de confiabilidad de 25 días con el siguiente grupo de trabajo.

### 3.4.2 Definición de Grupo de Trabajo

**Tabla 6. Personal Ejecutor**

<b>GRUPOS EJECUTORES</b>		<b>RECURSO</b>	
<i>Grupo Mecánico Motor-Compresor:</i>		MECANICO SENIOR	1
		MECANICO E11	1
		MECANICO D9	2
		MECANICO B4	1
		MECANICO B4	1
<i>Grupo Facilidades</i>		REPARADORES	2
<i>Grupo Instrumentistas</i>		INSTRUMENTISTA E11	1
		INSTRUMENTISTA E11	2
		INSTRUMENTISTA B4	1
		INSTRUMENTISTA B4	1
<i>Personal de administración</i>		SUPERVISOR	1
		QA/QC	1
		ANALISTA ELIPSE	1
		PLANEADOR	2

### 3.4.3 Herramientas y Equipos a Utilizar

**Tabla 7. Herramientas y Equipos**

ITEM	DESCRIPCION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD
1	TORCOMETRO CTE ¾	EA	1
2	MULTIPLICADOR DE 1X4	EA	1
3	ALICATE DE 8" UNIVERSAL	EA	1
4	BOTADORES DESDE 3/8" HASTA 3/4"	EA	1
5	CALIBRADOR MAESTRO DE GALGAS	EA	1
6	CINCELES DE 3/8" HASTA 3/4	EA	1
7	COPA PARA BUJIAS DE CTE 1/2"X15/16"	EA	1
8	COPA PARA BUJIAS DE CTE 1/2"X13/16"	EA	1

ITEM	DESCRIPCION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD
9	COPA PARA BUJIAS DE CTE 1/2"X7/8"	EA	1
10	COPAS CTE DE 3/4 DE 7/8" HASTA 2-3/8" EXTENSIONES, VOLVEDOR Y RATCHET	EA	1
11	CORTA FRIO DE 6"	EA	1
12	DESTORNILLADORES DE ESTRIAS (5PIEZAS)	EA	1
13	DESTORNILLADORES DE PALA (5PIEZAS)	EA	1
14	ESPATULA FLEXIBLE DE 3"	EA	1
15	FLEXOMETRO DE 3"	EA	1
16	FLEXOMETRO DE 3 METRO	EA	1
17	HOMBRE SOLOS DE 10" QUIJADA CURVA	EA	1
18	Tarjetas de bloqueo.	EA	1
19	Diferencial. 5 TON	EA	1
20	Diferencial. 2 TON	EA	1
21	Diferencial. 10 TON	EA	1
22	Manguera PARA AIRE 3/8 Y CONECTORES 3/8 DE 15 MTRS Y 300 PSI	EA	1
23	LLAVES DE GOLPE O IMPACTO (PERRA) 1-1/16; 1-1/8; 1-1/4, 1-5/16, 1-3/8, 1-7/16,1/2, 1-9/16,1-5/8, 1-13/16, 1-7/8, 1-15/16, 2", 2-3/16	EA	1
24	Porras de Bronce DE 8, 10 Y 12 LBRS CON CABOS DE MADERA	EA	1
25	2 Juego de copas 3/4"	EA	1
26	SLINGAS	EA	1
27	ARNES	EA	1
28	CAJA DE HERRAMIENTAS 120 L x 80 ANCHA x 80 ALTOCMTR	EA	1
29	MANILA 1/2 X 12 MTRS Y DE 3/4 X 12 MRTS	EA	1
30	PISTOLA PARA PINTAR DE 50 PSI	EA	1
31	TORCOMETRO DE 100-600 lbr	EA	1
32	TORCOMETRO DE 100-1000 lbr (FALTA PARA TORQUIAR BIELAS	EA	1
33	2 SINCELES GRANDES (ROMPER GROUTING.)	EA	1

ITEM	DESCRIPCION DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS	UNIDAD	CANTIDAD
34	COMPRESOR Y PISTOLA NEUMATICA (ROMPER EL GRAUTING)	EA	1
35	CARRETA PARA TRANSPORTE DE PIEZA DE DOS LLANTAS. (COMO LAS DE CAJA CERVEZA)	EA	1
36	CALIBRADOR DE PROCESOS FLUKE 744	EA	1
35	BOMBA HIDRAULICA DE PRESION 0-3000 PSI	EA	1
35	BLOQUE SECO SIMULADOR TEMPERATURAS	EA	1
35	CAUTIN PARA SOLDAR	EA	1
35	MULTIMETRO DIGITAL FLUKE 89	EA	1

## 4. CONCLUSIONES

El mantenimiento basado en condición y la aplicación de técnicas predictivas involucradas en los mantenimientos mayores de maquinaria petroquímica, suministran información necesaria y de calidad que logra la identificación de componentes con un desgaste prematuro, los cuales podrán ser reemplazados en mantenimiento con alcances menores.

Para identificar el estado de los componentes sometidos a desgaste tales como: casquetes de biela, casquetes de bancada, bulones, anillos, camisas y condiciones de culatas se hace de manera instructiva por medio de reparaciones mayores. Es por esto que las empresas invierte una gran cantidad de dinero desarmando los equipos aunque estén en condiciones óptimas generando paradas de equipos aumentando las pérdidas de producción cuando no se tiene redundancia. Es por esto que las técnicas no intrusivas de mantenimiento predictivo generan una invaluable ayuda en el momento de la identificación de elementos con deterioro avanzado

La aplicación de herramientas de confiabilidad tales como el análisis Pareto, cálculo de la disponibilidad y confiabilidad, facilitan la identificación de los malos actores que se vienen presentando en la unidad a intervenir, esto con lleva a una ejecución más precisa del mantenimiento mayor a ejecutar.

El personal de CBM y mantenimiento debe reunir la información de la condición dinámica y mecánica de los activos utilizando tecnologías no intrusivas tales como monitoreo de vibraciones, aceites, termografía, ultrasonido, boroscopia y otras herramientas.

El equipo de confiabilidad debe analizar los datos recopilados con el fin aumentar el tiempo operativo de los equipos, aumentando la vida útil de los componentes internos y de identificar las fallas en una etapa temprana, antes de que se puedan afectar la seguridad, la producción o las instalaciones.

## 5. RECOMENDACIONES

Previo a cualquier tipo de intervención de mantenimientos programados, se recomienda la ejecución de análisis de vibración, ultrasonido, análisis de aceite con el objetivo de identificar posibles desgastes prematuros en componentes que no se encuentran incluidos en la rutina ordinaria para la cual ingresa.

Con la estadística tomada por el departamento de confiabilidad se debe tomar acciones con las cuales se eliminen fallas crónicas y repetitivas que están generando la mayor cantidad de Trips y Down Time en la unidad a intervenir.

Realizar una planeación detallada, en la cual se estime:

- Alcance
- Listado de repuestos.
- Plan detallado de trabajo.
- Grupo ejecutor.
- Recursos.
- Herramienta.
- Actas de cierre.

No reutilizar componentes que hayan sido sometidos a desgaste (Usados), ya que la probabilidad de falla, según la curva P-F es elevada.


Al realizar mejoras o modificaciones en la unidad, deben ser manejadas con el respectivo procedimiento de la gestión del cambio, adicional divulgar con el personal de toda la compañía la mejora o modificación realizada.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRASATE Fagor Resultados del proyecto de Cooperación UET “Sesdam” registrado con el numero C096 FROI, ONA pres, Copreci e Ikerlan y finalizado en junio de 1998.
- BERGGREN J. Charles; Diagnosing Faults in Rolling Element Bearings Part II. Alternative Analytical Methods; Monsanto Chemical Co. Pensacola Florida; Vibrations June 1988, Vibration Institute.
- CENGEL YUNUS A. University Of Nevada Reno, BOLES MICHAEL A. North Caroline State University TERMODINAMICA Cuarta Edición pág. 444- 451
- DIPLOMADO EN MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD. Universidad Pontificia Bolivariana. Rossvan Plata. 2010. Bucaramanga Pag 10-50
- GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE proyectos (Guia del PMBOK).Cuarta edición Pag 1-50
- ARAGON EMPRESA. [en línea] Disponible en: [http://www.aragonempresa.com/paginas/excelencia\\_herramientas\\_pareto](http://www.aragonempresa.com/paginas/excelencia_herramientas_pareto)
- ECOPETROL. [en línea] Disponible en: <http://www.ecopetrol.com.co/contenido.aspx?conID=484&catID=532&parID=27326>
- MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL. [documento en línea] Disponible en: [http://www.minambiente.gov.co/documentos/res\\_1641\\_070907.pdf](http://www.minambiente.gov.co/documentos/res_1641_070907.pdf) citado 10 de enero de 2014

- M<sup>a</sup>. C. CARNERO, E. LATORRE Y J. CONDE Crónicas del Congreso - sección monitorización y Diagnóstico. Diagnostico de fallas en maquinas-herramientas mediante análisis de lubricantes. de la E.T.S.I.I. de la Universidad de Castilla-La Mancha y M. Ugalde de la E: T.S.I.I. de la Universidad de Navarra.
- MANUAL DE MANEJO Y MANTENIMIENTO COMPRESORES DE MOTOR INTEGRADODPC-600 AJAX, Cooper Energy Services.
- NORMA ISO 14224- Primera edición 15-07-1999 PAG 5 - 10

## Anexo A. Informe de condición dinámica

	CONFIPETROL S.A.		OSM-IMC2-F-36
	REPORTE RECÍPROCANTES COMPRESORES		
Tipo Reporte:	Análisis Desempeño y Condición Dinámica	Consecutivo N°:	ECP-GRMM-RECIP-EM545-COV5-678
Equipo:	MOTOCOMPRESOR 1 A GAS COMPRESORA LLANTO		
Tag máquina:	ELLACRUCG1	Tipo:	COMPRESIÓN DE GAS
Condición:	En funcionamiento al 100%	Equipo de Medición:	Recip Trap 9200
Fecha monitoreo:	2014-01-22	Fecha de Reporte:	2014-01-22
Horómetro:		Orden de Trabajo:	PO002607

**Objetivo:** Evaluación de desempeño y condición mecánica del motor y el compresor.

**Acciones por planear en el motor:**

1. Programar para antes de 500 horas la inspección de los casquetes de la bancada No.3 y de biela No.2, conforme los hallazgos revisar los otros casquetes.
2. Revisar tolerancia en el buje del bulón y cruzeta del platón motor No. 2
3. Revisar el cableado y las bujías de circuitos de ignición de los cilindros 1 y 3.
4. Revisar la condición de las válvulas de gas combustible del cilindro No.1.
5. Verificar el goteo de la bomba de lubricación forzada.

**Acciones por planear en el compresor:**

1. En tercera etapa verificar la condición de las válvulas, anillos y empaquetadura.
2. Realizar mediciones de tolerancia del recorrido vertical y horizontal de la barra en frío (trouid out), en el cilindro 2. Comparar con valores límites de aceptación y registrar.
3. Realizar verificación y ajuste de pernos de sujeción entre cilindros y distancia piezas.
4. Verificar el goteo de la bomba de lubricación forzada.
5. Se recomienda ajuste de los pernos de anclaje de los scrubber de primera y segunda etapa.

**Estado General del Motor:**

Ignición: en los registros de ignición del cilindro 1 se evidencia el mal funcionamiento de la buja de abajo, el patrón se asocia con mala condición del cable de alta y/o de daño de buja, lo anterior está afectando el desempeño de ese cilindro (Esta condición se atribuye a rotura del cable primero de la bobina, se reportó durante la medición la cual fue corregida de forma inmediata por el mismo personal de CBM). En los registros de ignición del cilindro 3, se evidencia que el gap de la buja de abajo está muy cerrado. Sin eventos relevantes para el circuito del cilindro No.2.

Aspiración e Inyección: En el cilindro No.1, la válvula flapper registra actividad en vibración y ultrasonido durante el descenso del platón (asociada con mal asentamiento) y la válvula rebeca presenta vibración después del cierre (condición asociada con defectos en la empaquetadura). Este cilindro es el que presenta más baja compresión y registra un funcionamiento irregular, (períodos muertos, leves y con sobrepresión), por consiguiente refleja su regular desempeño. En los tres cilindros los registros de vibración de paso de los anillos por las linternas, se están haciendo atenuando, pero no afectan de manera severa el desempeño del motor. Durante la medición la unidad motor estaba entregando 559 bhp de los 600.

En los registros de las válvulas flapper y rebeca de los cilindros 2 y 3 no hay eventos relevantes.

Bancadas: En la bancada 3, se mantiene un evento ocasional, asociado con la tolerancia del casquete del muñón de biela No.2, (los casquetes de las bancadas centrales 2 y 3, y/o bulón y cruzeta).

Accesorios: los registros de vibración de los accesorios se mantienen estables.

Motor con seguimiento especial a la condición de los casquetes de las bancadas centrales del cigüeñal y a la revisión de la válvula rebeca y del sistema del sistema de ignición de los cilindros 1 y 3.

	CONFIPETROL S.A.	OEM-IMC3-F-06
	REPORTE RECIPROCANTES COMPRESORES	

**Estado General del Compresor:**

Para las condiciones de temperatura, presiones y velocidad (400 RPM) la unidad comprime 2,14 mmscd y requiere de 437 bhp de los 554 bhp que genera el motor.

**Válvulas:** En las válvulas de primera y segunda etapa no hay eventos relevantes. En 3ra etapa las válvulas registran cierras extendidos asociados con fugas severas por las válvulas, empaquetaduras de gas y/o desgaste de anillos.

**Cilindros, pistones y anillos:** los cierras extendidos en todas las válvulas se asocian con desgaste de los anillos en 3ra etapa.

**Empaquetaduras:** En la 3ra etapa el flujo balance es indicio de fuga por esa empaquetadura.

**Accesorios:** en los registros de FFT, de los cilindros compresores, tuberías y scrubbers, se tiene en seguimiento la amplitud de la 1x, en este monitoreo las amplitudes que se registran no superan las 13 mil. Seguimiento a la recomendación de verificar los torques de la tornillería de los accesorios de anclaje.

Compresor con seguimiento a la condición del cilindro de 3ra etapa.

**Datos Operacionales al momento de la monitorización**

**Datos de Operación del Motor:**

Presión de aceite	40,3 PSI
Temperatura aceite	103,0 °F
Temperatura agua refrigeración	143 °F
Presión bomba agua refrigeración	16,5 PSI
Presión gas combustible	20,1 PSI

**Temperaturas de los cilindros**

Cil.	Temp. (F)	Cil.	Temp. (F)	Cil.	Temp. (F)
1	403	2	334	3	403

**Análisis**

Jaime Arley Sandoval Delgado  
Ing. CBM Junior  
Consorcio Confipetrol S.A.  
SOM - Superintendencia Operaciones de Mares  
ECOPEPETROL S.A.

**Análisis**

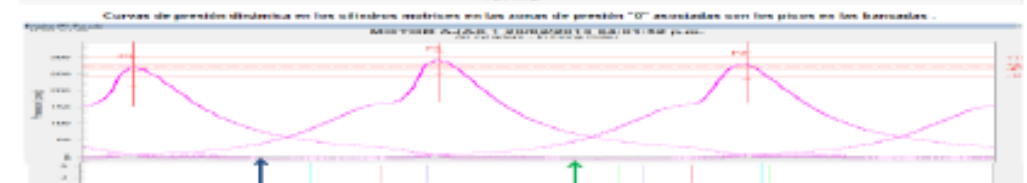
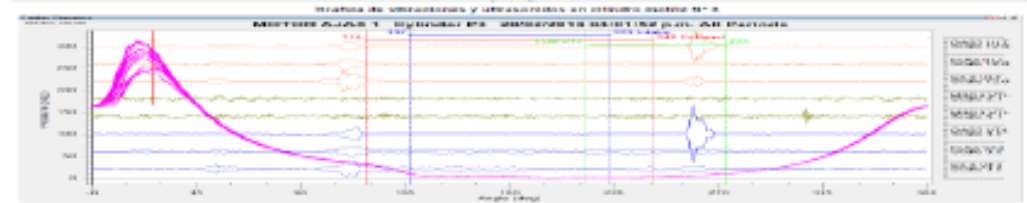
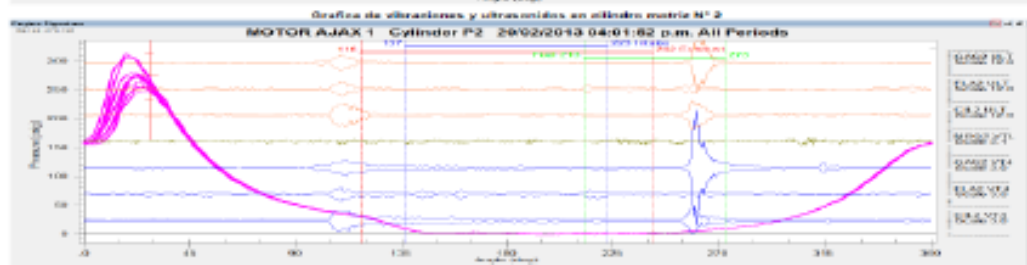
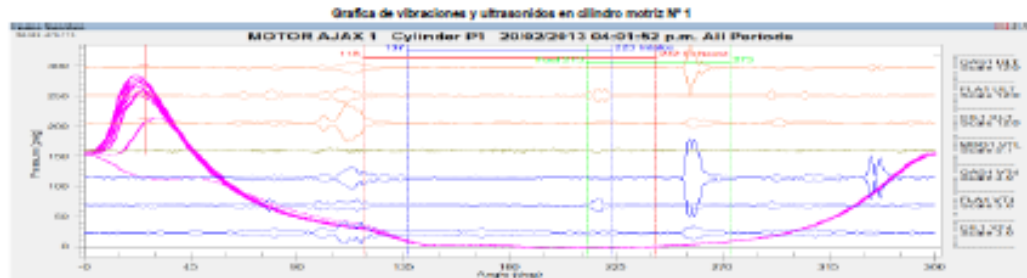
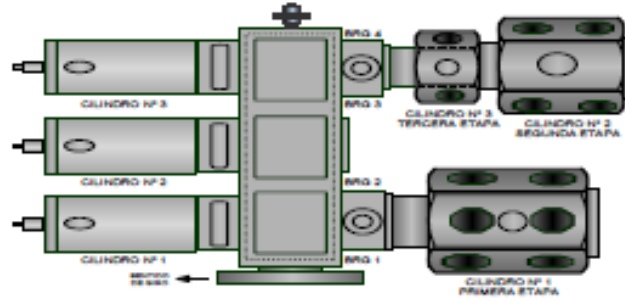
Edson Steven Maldonado Villa,  
Técnico CBM  
Consorcio Confipetrol S.A.  
SOM - Superintendencia Operaciones de Mares  
ECOPEPETROL S.A.

**Revisó**

Edgar H. Martínez Orozco  
Ingeniero CBM - Equipos Reciprocantes,  
Vibración Analyst Category II  
Certification Number: 0805-4525A,  
Consorcio Confipetrol S.A.  
SOM - Superintendencia Operaciones de Mares  
ECOPEPETROL S.A.

Anexo

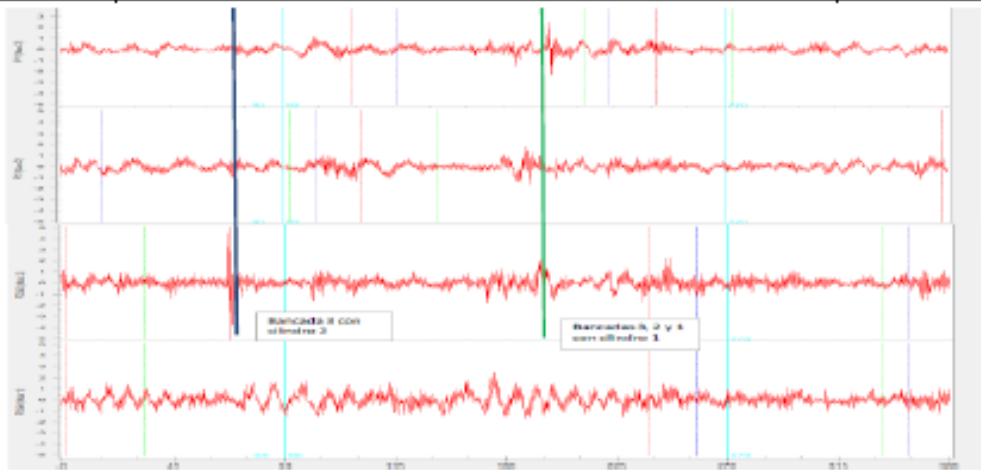
Diagramas Puntos de Medición  
MOTOCOMPRESOR AJAX DPC-500



Fecha Revisión: 02/08/10

Fig. 2.6.9

Revisión 0





**SIGNUM**  
OIL ANALYSIS

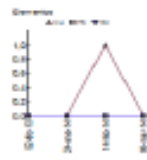
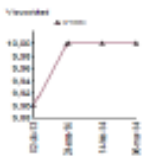
**MO. EL CENTRO** : 21176  
**Nombre de la Cuenta :** SIGPETROL EL CENTRO  
**INDICACION :** PLANTA COMPRESORA LLANTO  
**Fecha :** 31.mar.2014  
**Numero Signum :** 3000064

**ELLACRUCG1** Normal  
**Operación :** LLANTO COMPRESOR # 1  
**Componente :** Motor - Gas Natural  
**Fluido(s) :** ACEA  
**Modelo :** DP 400  
**Lubricante registrado :** MOBIL DELGACUS TSI 30

No hay consulta de página disponible para obtener comparativa completa.

**RESUMEN DE LA MUESTRA**

ID de Muestra	DESCRIPCION	OPERACION	OPERACION
Fecha Muestra	31.mar.2014	31.mar.2014	31.mar.2014
Fecha Reciente	05.abr.2014	05.abr.2014	05.abr.2014
Base	MOBIL	MOBIL	MOBIL
Lab. Analista	PEPE VELAZ	PEPE VELAZ	PEPE VELAZ
Código	4714	4714	4714
Estado Final	OK	OK	OK
Tarea	OK	OK	OK
Revisión	OK	OK	OK
Analista	OK	OK	OK
PREV. CONTROL	OK	OK	OK

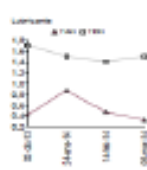
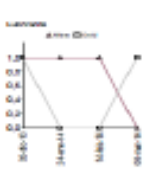


**RESUMEN DE LA MUESTRA**

ID de Muestra	DESCRIPCION	OPERACION	OPERACION	OPERACION
Fecha Muestra	31.mar.2014	31.mar.2014	31.mar.2014	31.mar.2014

**ANÁLISIS DE METALURGIAS**

Elemento	Unidad	Normal	Normal	Normal	Normal
Aluminio	ppm	10	10	10	10
Plomo	ppm	10	10	10	10
Cadmio	ppm	10	10	10	10
Cromo	ppm	10	10	10	10
Cobalto	ppm	10	10	10	10
Cupero	ppm	10	10	10	10
Hierro	ppm	10	10	10	10
Níquel	ppm	10	10	10	10
Selenio	ppm	10	10	10	10
Silicio	ppm	10	10	10	10
Sodio	ppm	10	10	10	10
Zinc	ppm	10	10	10	10



**ANÁLISIS DE METALURGIAS**

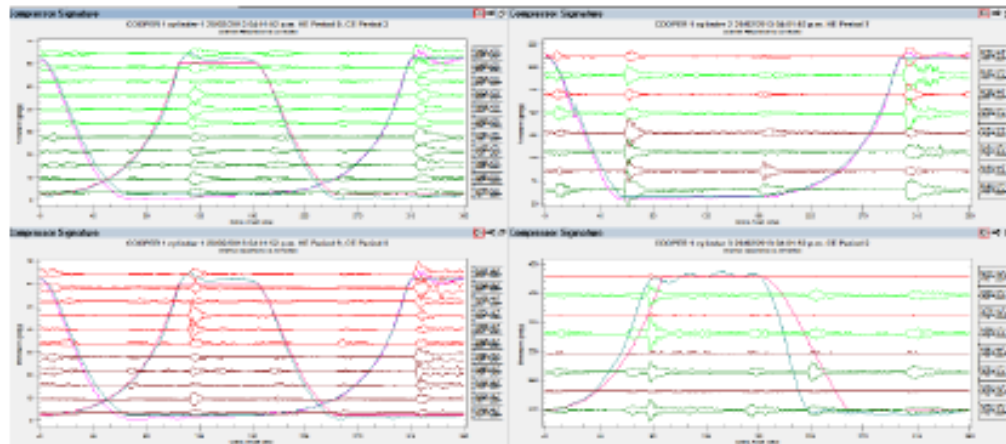
ID de Muestra	DESCRIPCION	OPERACION	OPERACION	OPERACION
Fecha Muestra	31.mar.2014	31.mar.2014	31.mar.2014	31.mar.2014

Normal
Presuscripción
Alerta

Los resultados y comentarios de este análisis, así como recomendaciones, la utilidad de la información puede ser afectada por la falta de una base de datos comparativa o por información incorrecta. Para obtener la máxima utilidad, recomendamos que se consulte el sitio web [www.confipetrol.com](http://www.confipetrol.com) para obtener información adicional sobre el análisis. Este informe es una herramienta de diagnóstico y no debe utilizarse como único criterio para determinar el estado de un equipo. Consulte el manual de mantenimiento y operación del equipo para obtener información adicional. Muestra de Laboratorio: ELLACRUCG1 Contenedor: SIGPETROL



Gráficas de vibración y ultrasonido en los cilindros compresores.



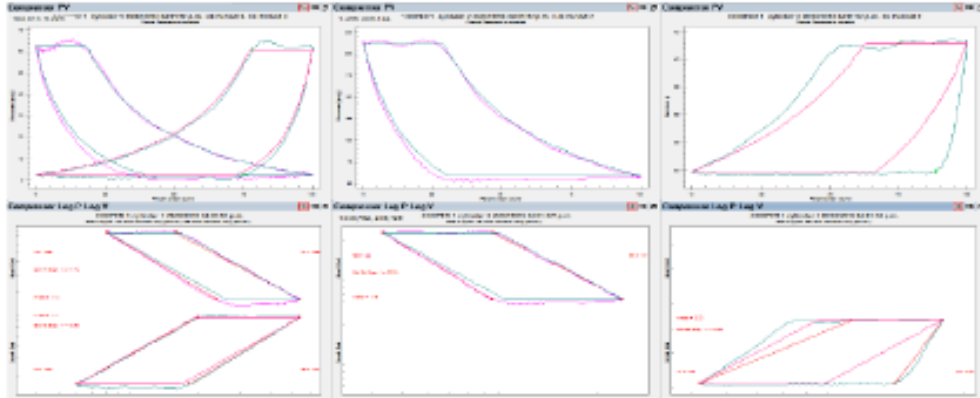


CONFIPETROL S.A

OSM-MC2-F-36

REPORTE RECIPROCANTE COMPRESORES

Gráficas de P - V y Log P - Log V.



Reporte de condición del compresor.

Compressor Health Report  
aaExport Company  
Compresor No.1

Unit Name: COOPER 1      Model:      Date: 28/02/2010 04:31:52 p.m.  
Location: Estacion Llanito      Unit Mt: Cooper      Serial No.:

Mechanical Efficiency, %	33	Marker Correction angle, deg	11.3	Periods Collected (PT)	11														
Overall Efficiency, %	65	Stroke, (mm)	11,600																
Discharge Pressure, psia	14.7	Speed, RPM	338	Specific Gravity	0.610														
Load Step	1																		
Cyl	Stg	CR (%)	Sol. Bore (in)	ROD Diam (in)	CONROD Length (in)	Pressure Ps (psig)	Pd (psig)	Temp. Ts (°F)	Td (°F)	Comp. Ratio	Calc. Capacity (psia-cu ft)	Indicated Power (ihp)	Suction Loss (hp)	Disch. Loss (hp)	Flow Balance	Dis T Delta (°F)	ROD Load (%)	SVE (%)	DVE (%)
1H	1	18	23.000	N/A	23.750	3	42	207	270F	4.42	0.36	30.8	4.1	0.3	1.14	-60	34C	66	17
1C	1	15	23.000	2.500	23.750	2	41	207	270F	4.35	1.16	105.4	5.8	1.9	1.84	-26	40T	75	22
2H	2	22	15.000	N/A	23.750	59	212	267	212F	3.64	2.64	155.1	5.1	0.5	1.95	-44	-	74	27
2C	2	10	13.000	3.800	23.750	-	-	267	212F	NO	PT DATA	-	-	-	-	-	-	-	-
3H	3	10	7.300	N/A	23.750	-	-	164F	150F	NO	PT DATA	-	-	-	-	-	-	-	-
3C	3	42	7.500	2.500	23.750	198	430	164F	150F	2.65	0.67	60.1	1.7	0.3	2.91	-6	-	89	24

Notes:

- Kid loading is based on maximum differential pressure across the rings. C - Compression, T - Test run. Forces due to inertia are accounted for in this table.
- Flow Balance = capacity from suction VE / capacity from discharge VE.
- If the flow balance is much greater than 1.0 suspect leaking suction valves or rings. If the flow balance is much less than 1.0 suspect leaking discharge valves or rings.
- Discharge Temp. Delta = actual discharge temp - theoretical.
- If Suction or Discharge Temperatures are not found, some calculations may not be available as indicated by a "-".
- Gas power = Total indicated power for all cylinders / Mechanical efficiency.
- Compressor total brake power = gas power + Auxiliary brake power \* RPM / Rated RPM.
- Derated power is obtained by derating the rated power to actual run speed.
- Compressor efficiency is the total indicated power - suction and discharge losses as a percentage of the total indicated power.
- If nozzle pressures are recorded, suction and discharge losses for each and are valve and passage losses only. Otherwise, they are calculated from the lateral pressures and include the pulsation losses.
- Marker Type: Once Per Turn (OPT) and Trap Type: 9260.
- Channel Resonance Correction (CRC) applied: 1H 1C 2H 3C
- Corrected VE applied, PS and PD values Corrected: None

Total Indicated Power, (ihp)	300 @ 338 RPM	Rated Power, (bhp)	575 @ 400 RPM
Gas Power, (gHP)	417 @ 338 RPM	Derated Power, (bhp)	570 @ 338 RPM
Auxiliary Power, (bhp)	20 @ 400 RPM	Percent Torque Load, %	76 %
Compressor Total Power, (bhp)	457 @ 338 RPM	Compressor Efficiency, %	66 %

**Compressor Horsepower And Capacity Report**  
**asExport Company**  
**Compressor No.1**

Unit Name: **COMOPR 1**      Model:      Date: **20/03/2010 04:21:02 P.M.**  
 Location: **Estacion Llaneta**      Unit Mby: **Comapr**      Serial No.:

Last Stage: 1																
Cyl. Size	Clearance % of Supt Volume	Indicator Power (HP)	Area (sqin)	Vol. (cuin)	Vol. & Mass (lb) / (kg)	Vol. (cuin)	Vol. (cuin)	Vol. (cuin)	Vol. (cuin)	Vol. (cuin)	Indicated Capacity (cuft) / (m <sup>3</sup> )	Flow Rate (cuft)	Engine Horsepower Calc. / Test			
<b>Stage 1</b>																
1in	18	54	89	4.09	0.45	4.05	0.45	4.50	0.46	1.00	0.24	1.156	105.2 / 30.1			
1C	12	103	169	3.88	0.90	3.80	1.30	3.75	1.83	1.22	1.18	1.698	32.2 / 86.0			
Stage Volume:											0.12	0.12	0.12			
<b>Stage 2</b>																
2in	22	153	148	6.08	0.50	6.08	0.50	6.50	0.50	0.54	0.55	1.687	67.8 / 70.0			
2C	18		163 PT	0.95												
Stage Volume:											0.55	0.55	0.55			
<b>Stage 3</b>																
3in	18		163 PT	0.95												
3C	12	84	76	1.74	0.25	1.74	0.25	1.88	0.27	1.76	0.27	0.878	66.2 / 68.8			
Stage Volume:											0.27	0.27	0.27			
Stage Totals:											0.94	0.94	0.94			
Auxiliary Power:											39	0.17	466	1078		
Compressor Total Drive:											437	0.19	496	0.47	1080	at 400 RPM
This is equivalent to:											478	0.21	570	0.57	1200	at 400 RPM
Stroke driver load is:											579	0.25	666	0.66		
Constant torque level is:											77.3	% of rated load	at rated speed			
<b>NOTES:</b> 1. Atmospheric Pressure = 14.7 psia. 2. Brake Power calculations are based on assumed mechanical efficiency of 0.985. 3. Capacity and Brake Power calculations are based on a speed of 300 RPM. 4. Compressor total Brake Power includes the derived auxiliary Brake Power. 5. Capacity calculations are based on the pressure, temperature, and gas properties noted in Compressor Operating Conditions and Gas Properties Report. Total Compressor Capacity is the total of all stage capacities. 6. Standard conditions for capacity calculations are 14.7 psia and 60.0 F. 7. Calculated capacities assume no slipage. 8. If suction or discharge temperatures are not found, some calculations may not be accurate as indicated by a "-". 9. Calculated horsepower = (measured indicated power) / (mechanical efficiency + Calculated capacity) 10. Theoretical horsepower = (theoretical indicated power) / (overall efficiency + theoretical capacity) 11. Theoretical capacity is calculated using the R, av, the ratio of specific heats (not the polytropic gas exponent). 12. The overall efficiency (OEF) is set to 0.985 in the geometry. Setting overall efficiency (OEF) = 1 results in an uncorrected theoretical displacement. Setting OEF = 0.985 should result in a calculated displacement which is greater than the theoretical displacement. Setting OEF to account for ME and the compressor efficiency allows direct comparison of theoretical displacements. 13. The type of losses may be indicated. Total indicated losses are calculated from the terminal pressures. Value and passage losses (Value & Pass) are calculated using suction pressure losses if indicated. The Value & Pass losses will be the same as total losses if the OEF is not corrected. 14. Stroke type: none for none, ported and trap type: none. 15. Molecular mass: none for none, ported and trap type: none. 16. Corrected VE applied, P2 and P3 values Corrected. None. OEF - Capacity based on the suction volumetric efficiency. OEF - Capacity based on the discharge volumetric efficiency.																

## Anexo B. Análisis de aceite k1 llanito

**SIGNUM**  
OIL ANALYSIS

ELLACRUCG1

Normal

No. de Cuenta : 211758  
Nombre de la Cuenta : ECOPETROL EL CENTRO  
Instalación : PLANTA COMPRESORA LLANITO  
Fecha : 09-abr-2014  
Número Signum : 30695684

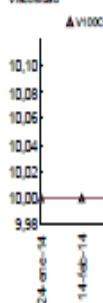
Descripción : LLANITO Compresor # 1  
Componente : Motor - Gas Natural  
Fabricante : AJAX  
Modelo : DP 600  
Lubricante registrado : MOBIL PEGASUS 701-30

Por favor consulte la página siguiente para obtener comentarios completos.

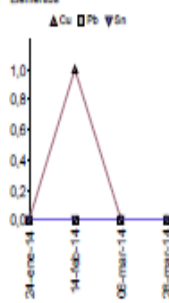
### Información de la Muestra

ID de Muestra	4063260314	4079962330	4052000323	4000309203
Fecha Muestra	26-mar-2014	06-mar-2014	14-abr-2014	24-ene-2014
Fecha del Informe	07-abr-2014	25-mar-2014	25-abr-2014	31-ene-2014
Marca	MOBIL	MOBIL	MOBIL	MOBIL
Lub. Analizado	PEG 701-30	PEG 701-30	PEG 701-30	PEG 701-30
Equipo	6094	5200	4213	
Acéte	4711			
Temp. del Dep.				
Releno				
Acéte cambiado	S	N	N	
Filtro Cambiado	S	N	N	

### Viscosidad



### Elementos



### Información de la Muestra

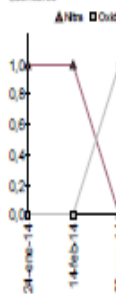
ID de Muestra	4063260314	4079962330	4052000323	4000309203
Fecha Muestra	26-mar-2014	06-mar-2014	14-abr-2014	24-ene-2014

Elemento	26-mar-2014	06-mar-2014	14-abr-2014	24-ene-2014
Ag (Plata)	0	0	0	0
Al (Aluminio)	0	0	0	0
Cr (Cromo)	0	0	0	0
Cu (Cobre)	0	0	1	0
Fe (Hierro)	0	0	0	0
Mo (Molibdeno)	0	0	0	0
Ni (Niquel)	0	0	0	0
Pb (Plomo)	0	0	0	0
Sr (Estroncio)	0	0	0	0
Ti (Titanio)	0	0	0	0

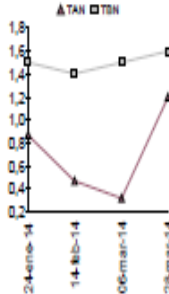
### Datos del lubricante

Ev. de Contamin.	Normal	Normal	Normal	Normal
Evaluación Equipo	Normal	Normal	Normal	Normal
Ev. del Aceite	Normal	Normal	Normal	Normal
Viscosidad @ 100C	10.1	10.0	10.0	10.0
Viscosidad SAE	30	30	30	30
Ind. de Refrigerante	No Detectado	No Detectado	No Detectado	No Detectado
Nivel Tend. Nitro.	Normal	Normal	Normal	Normal
Nitrosoln (Abism)	0	0	1	1
Comp. Nitro (Abism)	0	0	0	0
Nivel Tend. Oxidac.	Normal	Normal	Normal	Normal
Oxidación (Abism)	0	1	0	0
Índice PG	8	0	0	0
TAN (mg KOH/g)	1.28	0.32	0.47	0.07
TBN (mg KOH/g)	1.8	1.5	1.4	1.5
Agua (Nivel)	No Detectado	No Detectado	No Detectado	0.11

### Lubricante



### Lubricante



### Elementos contaminantes - ppm (mg/kg)

Elemento	26-mar-2014	06-mar-2014	14-abr-2014	24-ene-2014
B (Boro)	0	0	3	0
K (Potasio)	0	0	0	0
Na (Sodio)	0	0	1	0
Si (Silicio)	0	1	1	0
V (Vanadio)	0	0	0	0

Los resultados y comentarios de este análisis son sólo recomendaciones; la validez de la información puede ser afectada por la toma de una muestra no representativa o por información incorrecta. Este análisis se provee como información confidencial para quien lo manda. Su uso por cualquier otra persona queda estrictamente prohibido. © Derechos Reservados 2003 Exxon Mobil Corporation. Exxon, Esso, Mobil, ExxonMobil y Signum son marcas registradas de Exxon Mobil Corporation o alguna de sus subsidiarias. Afiliada de Comercialización - ExxonMobil Lubricants & Specialties.

Normal + Precaución \*Alerta

**Mobil**



No. de Cuenta : 211768  
Nombre de la Cuenta : ECOPEPETROL EL CENTRO  
  
Instalacion : PLANTA COMPRESORA LLANITO  
Fecha : 09-abr-2014  
Número Signum : 30695684

ELLACRUCG1

Normal

Descripción : LLANITO Compresor # 1  
Componente : Motor - Gas Natural  
Fabricante : AJAX  
Modelo : DP 600  
Lubricante registrado : MOBIL PEGASUS 701-30

No se requiere acción alguna sobre el aceite o el motor. Todos los resultados están dentro de los rangos aceptables. Examine cambios progresivos y resultados en busca de tendencias cambiantes. Retome la muestra en el próximo intervalo programado.

Normal + Precaución \* Alerta

Los resultados y comentarios de este análisis son sólo recomendaciones; la validez de la información puede ser afectada por la toma de una muestra no representativa o por información incorrecta. Este análisis se provee como información confidencial para quien lo manda. Su uso por cualquier otra persona queda estrictamente prohibido. © Derechos Reservados 2003 Exxon Mobil Corporation. Exxon, Esso, Mobil, ExxonMobil y Signum son marcas registradas de Exxon Mobil Corporation o alguna de sus subsidiarias. Afiliada de Comercialización - ExxonMobil Lubricants & Specialties.



### Anexo C Plan detallado de trabajo K1 Llanito

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predece	% completado	27 abr '14	11 may '14	25 may '14	08		
						V	M	S	X	D	J
1	1	TOP END MAQUINA K-1 COMPRESORA LLANITO	25 días		0%						
2	11	ACTIVIDADES PRELIMINARERS	0,75 días		0%						
3	11.1	Charla preoperacional	2 horas		0%						
4	11.2	Apertura permisos	1 hora	3	0%						
5	11.3	Lavado de Maquina	1 hora	4	0%						
6	11.4	APLICACIÓN DEL SAS	2 horas	5	0%						
7	15	ACTIVIDADES MECANICA	21,69 días		0%						
8	15.117	SISTEMA MOTRIZ	21,19 días		0%						
9	15.117.54	DESMONTAJE DE COMPONENTES	9,06 días		0%						
10	15.117.54.50	SISTEMA IGNICION	0,69 días		0%						
11	15.117.54.50.5	Desmote Bujias	0,5 horas	5	0%						
12	15.117.54.50.6	Desmote Inyectores	1 hora	11	0%						
13	15.117.54.50.7	Desmote linea de gas combustible	3 horas	12	0%						
14	15.117.54.50.8	Desmote Motor Arranque	1 hora	13	0%						
15	15.117.54.51	SISTEMA AIRE	0,88 días		0%						
16	15.117.54.51.5	Desmote Filtro de Aire y soportes	1 hora	14	0%						
17	15.117.54.51.6	Desmote Manifold Aire	4 horas	16	0%						
18	15.117.54.51.7	Desmote valvula atmosferica	2 horas	17	0%						
19	15.117.54.52	SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO	0,56 días		0%						
20	15.117.54.52.5	retiro de guarda correas	2 horas	18	0%						
21	15.117.54.52.6	Desmote Correa bomba de agua	0,5 horas	20	0%						
22	15.117.54.52.7	Desmote bomba de agua	1 hora	21	0%						

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha limite	
	Hito inactivo		Progreso	

Página 1  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Precedencia	% completado	27 abr '14				11 may '14				25 may '14				08			
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D				
23	15.117.54.52.8	Desmante tubería de agua de enfriamiento	1 hora	22	0%																
24	15.117.54.53	<b>SISTEMA DE LUBRICACION FORZADA</b>	0,81 días		0%																
25	15.117.54.53.6	Desmante lubricador	2 horas	23	0%																
26	15.117.54.53.7	Desmontaje caja aceite	1 hora	25	0%																
27	15.117.54.53.8	desmante de bombines	0,5 horas	26	0%																
28	15.117.54.53.9	desmante de bloques de distribución	2 horas	27	0%																
29	15.117.54.53.10	Mantenimiento dosificadores	1 hora	28	0%																
30	15.117.54.54	Desmante de Culatas	4,5 horas	29	0%																
31	15.117.54.55	Desmante de Pistones	8 horas	30	0%																
32	15.117.54.56	Desmontaje empaquetadura gas y aceite	4 horas	31	0%																
33	15.117.54.57	Desmante de Cilindros	8 horas	32	0%																
34	15.117.54.58	Desmante Bielas Motrizez	8 horas	33	0%																
35	15.117.54.59	Desmante Cruceta de Fuerza	4 horas	34	0%																
36	15.117.54.60	DESMONTE VOLANTE	5 horas	35	0%																
37	15.117.54.61	Desmante Tapas Superiores Carter	0,5 horas	36	0%																
38	15.117.54.62	Desmante Tapas Frontal y Posterior Carter	2 horas	37	0%																
39	15.117.54.63	Desmante Puentes de Carter	1 hora	38	0%																
40	15.117.54.64	Desmante Tapas de Bancada	2 horas	39	0%																
41	15.117.54.65	DESMONTE CIGÜEÑAL	2 horas	40	0%																
42	15.117.39	<b>METROLOGIA MOTOR</b>	1,75 días		0%																
53	15.117.40	MONTAJE CIGÜEÑAL	8 horas	52	0%																
54	15.117.41	Montaje Cruceta de Fuerza y biela	6 horas	53	0%																

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN  
Fecha: mar 08/04/14

Tarea		Resumen inactivo	
División		Tarea manual	
Hito		Sólo duración	
Resumen		Informe de resumen manual	
Resumen del proyecto		Resumen manual	
Tareas externas		Sólo el comienzo	
Hito externo		Sólo fin	
Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08
						V	M	S	X	D	J	L
55	15.117.42	Montaje de Cilindros	9 horas	54	0%							
56	15.117.43	Montaje de empaquetadura de gas y aceite	4,5 horas	55	0%							
57	15.117.44	verificación de lubricación	1 hora	56	0%							
58	15.117.45	Montaje de Pistones	6 horas	57	0%							
59	15.117.46	Montaje y torque de Culatas	6 horas	58	0%							
60	15.117.47	Ajuste de recorrido del piston	1,5 horas	59	0%							
61	15.117.48	Montaje Puentes de Carter	1,5 horas	60	0%							
62	15.117.49	Montaje Tapas Frontal y Posterior Carter	4 horas	61	0%							
63	15.117.50	Sicronizacion del motor	5 horas	62	0%							
64	15.117.51	MONTAJE VOLANTE	3 horas	63	0%							
65	15.117.52	Montaje Tapas Superiores Carter	0,5 horas	64	0%							
66	15.117.53	MONTAJE DE COMPONENTES	3,38 días		0%							
67	15.117.53.37	SISTEMA DE LUBRICACION FORZADA	0,69 días		0%							
68	15.117.53.37.11	Montaje lubricador	2 horas	65	0%							
69	15.117.53.37.12	montaje caja aceite	1 hora	68	0%							
70	15.117.53.37.13	montaje de bombines	0,5 horas	69	0%							
71	15.117.53.37.14	montaje de bloques de distribución	2 horas	70	0%							
72	15.117.53.38	SISTEMA AGUA ENFRIAMIENTO	1 día		0%							
73	15.117.53.38.5	Montaje bomba de agua	1,5 horas	71	0%							
74	15.117.53.38.6	Montaje tubería de agua de enfriamiento	2,5 horas	73	0%							
75	15.117.53.38.7	Montaje Correa bomba de agua	1 hora	74	0%							
76	15.117.53.38.8	Montaje de guarda de las correas	3 horas	75	0%							

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso		

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14			25 may '14			08
						V	M	S	X	D	J	L	V	
77	15.117.53.39	<b>SISTEMA AIRE</b>	1 día		0%									
78	15.117.53.39.13	Montaje Filtro de Aire y soportes	2 horas	76	0%									
79	15.117.53.39.14	Montaje Manifold Aire	4 horas	78	0%									
80	15.117.53.39.15	Montaje valvula atmosferica	2 horas	79	0%									
81	15.117.53.40	<b>SISTEMA IGNICION</b>	0,69 días		0%									
82	15.117.53.40.10	Montaje Bujias	0,5 horas	80	0%									
83	15.117.53.40.11	Montaje Inyectores	1 hora	82	0%									
84	15.117.53.40.12	Montaje linea de gas combustible	3 horas	83	0%									
85	15.117.53.40.13	Montaje Motor Arranque	1 hora	84	0%									
86	15.121	<b>SISTEMA COMPRESOR</b>	13,31 días		0%									
87	15.121.23	Desmorte de Botellas de Pulsación	8 horas	6	0%									
88	15.121.24	Desmorte Valvulas Compresoras	5 horas	87	0%									
89	15.121.25	Desmorte Bolsillos	4 horas	88	0%									
90	15.121.26	Desmorte Tapas Laterales del Cilindro	1 hora	94	0%									
91	15.121.27	Desmorte de Pistones Compresores	4 horas	92	0%									
92	15.121.28	Desmorte empaquetadura de gas y aceite	2 horas	89	0%									
93	15.121.29	Desmorte bielas compresoras	3 horas	91	0%									
94	15.121.30	Desmorte Crucetas	1 hora	93	0%									
95	15.121.31	Desmorte Cilindros	4 horas	90	0%									
96	15.121.32	Limpieza general de componentes	8 horas	95	0%									
97	15.121.33	<b>METROLOGIA COMPRESOR</b>	1 día	96	0%									
98	15.121.33.15	Metrologia Cilindros	2 horas	96	0%									

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN  
 Fecha: mar 08/04/14

Tarea		Resumen inactivo	
División		Tarea manual	
Hito		Sólo duración	
Resumen		Informe de resumen manual	
Resumen del proyecto		Resumen manual	
Tareas externas		Sólo el comienzo	
Hito externo		Sólo fin	
Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14				11 may '14				25 may '14				08	
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D		
99	15.121.33.16	PISTONES (VERIFICACION DE DESGASTE Y RANURAS)	2 horas	98	0%														
100	15.121.33.17	CRUCETAS	0 horas	99	0%														
101	15.121.33.18	BARRAS	1 hora	100	0%														
102	15.121.33.19	BIELAS (SE DEBEN TRANSPORTAR AL TALLER CENTRO)	2 horas	101	0%														
103	15.121.33.20	ANILLOS	1 hora	102	0%														
104	15.121.34	MONTAJE CILINDROS	8 horas	103	0%														
105	15.121.35	MONTAJE EMPACADORAS DE GAS Y ACEITE	3 horas	104	0%														
106	15.121.36	VERIFICACIÓN DE LUBRICACION	1 hora	105	0%														
107	15.121.37	MONTAJE DE CRUCETAS Y BIELAS COMPRESORAS	6 horas	106	0%														
108	15.121.38	MONTAJE EMPAQUETADURA DE GAS Y ACEITE	3 horas	107	0%														
109	15.121.39	MONTAJE DE PISTONES DE COMPRESION	6 horas	108	0%														
110	15.121.40	MONTAJE VALVULAS COMPRESORAS	8 horas	109	0%														
111	15.121.41	MONTAJE DE BOLSILLOS	4 horas	110	0%														
112	15.121.42	AJUSTE DE RECORRIDO DEL PISTON	1,5 horas	111	0%														
113	15.121.43	MONTAJE DE TAPAS LATERALES DE CILINDRO	2 horas	112	0%														
114	15.121.44	MONTAJE DE BOTELLAS DE PULSACION	16 horas	113	0%														
115	15.120	VENTILADOR COOLER	2,38 dias		0%														
116	15.120.10	DESMONTE DE CORREA Y POLEA DE VENTILADOR	3 horas	113	0%														
117	15.120.11	DESMONTE DE TENSOR	1 hora	116	0%														
118	15.120.12	DESMONTE ASPAS VENTILADOR	2 horas	117	0%														

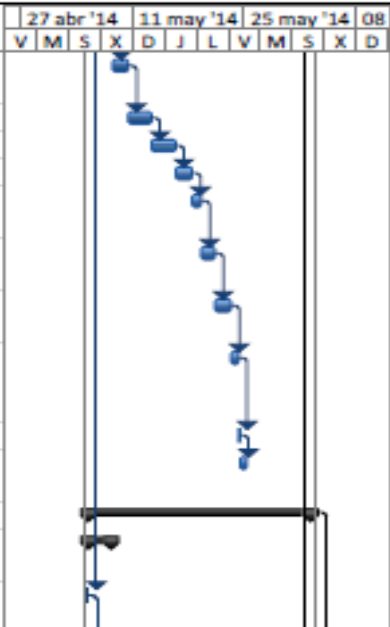
Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN  
 Fecha: mar 08/04/14

Tarea		Resumen inactivo	
División		Tarea manual	
Hito		Sólo duración	
Resumen		Informe de resumen manual	
Resumen del proyecto		Resumen manual	
Tareas externas		Sólo el comienzo	
Hito externo		Sólo fin	
Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08
						V	M	S	X	D	J	
119	15.120.13	DESMONTE EJE Y RODAMIENTO DEL VENTILADOR	2 horas	118	0%							
120	15.120.14	MONTAJE EJE Y RODAMIENTO DEL VENTILADOR	4 horas	119	0%							
121	15.120.15	MONTAJE ASPAS VENTILADOR	3 horas	120	0%							
122	15.120.16	MONTAJE DE TENSOR	1 hora	121	0%							
123	15.120.17	MONTAJE DE CORREA Y POLEA DE VENTILADOR	3 horas	122	0%							
124	15.119	<b>ACTIVIDADES EXOSTO</b>	5 días		0%							
125	15.119.19	DESMONTAJE DEL SILENCIADOR	4 horas		0%							
126	15.119.20	RETIRO DE TAPAS INFERIOR Y SUPERIOR DEL SILENCIADOR	8 horas	125	0%							
127	15.119.21	INSPECCION INTERNA SILENCIADOR Y SOLDADURA	8 horas	126	0%							
128	15.119.22	INSTALACIÓN DE TAPAS DEL SILENCIADOR	8 horas	127	0%							
129	15.119.23	PINTURA DE EXOSTO	8 horas	128	0%							
130	15.119.24	MONTAJE DEL SILENCIADOR	4 horas	129	0%							
131	1122	<b>ACTIVIDADES FACILIDADES</b>	17,5 días		0%							
132	1122.1	APLICACIÓN DE SAS (DESCARGA GENERAL, DESCARGA TEA, GAS COMBUSTIBLE, SUCCION)	2 horas	5	0%							
133	1122.2	DESMONTAJE INSTRUMENTACION SEPARADORES INTER ETAPAS (VALVULAS SEGURIDAD, SWICTH NIVEL, LG, VALVULAS DE CONTROL)	8 horas	132	0%							
134	1122.3	DESMONTAJE DE BOTELLAS DE PULSACION	8 horas	133	0%							
135	1122.4	DESMONTAJE DE EXOSTO (CONJUNTO CON GRUA UB)	4 horas	134	0%							

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14				11 may '14			25 may '14			08
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X
136	1122.5	DESMTAJE CONJUNTO COOLER (GUARDAS, ESCALERA, SOPORTE Y COOLER INTERETAPAS)	16 horas	135	0%				X							
137	1122.6	LIMPIEZA DE COOLERS	16 horas	136	0%											
138	1122.7	CAMBIO DE MALLA Y FABRICACION DE MARCOS	24 horas	137	0%											
139	1122.8	LIMPIEZA INTERNA BOTELLAS DE PULSACION	16 horas	138	0%											
140	1122.9	MANTENIMIENTO SEPARADORES INTER ETAPAS (SUCCION, 1RA ETAPA, 2DA ETAPA Y 3RA ETAPA)	8 horas	139	0%											
141	1122.10	MANTENIMIENTO VARIOS (FILTRO GAS COMBUSTIBLE, CHEQUES INTER ETAPAS, SONDEO LINEAS DE DRENAJE)	8 horas	140	0%											
142	1122.11	MONTAJE DE CONJUNTO COOLERS (GUARDAS, ESCALERA, SOPORTE Y COOLER INTERETAPAS)	16 horas	141	0%											
143	1122.12	MONTAJE DE INSTRUMENTACION ( SEPARADORES INTER ETAPAS (VALVULAS SEGURIDAD, SWITCH NIVEL, LG, VALVULAS DE CONTROL)	8 horas	142	0%											
144	1122.13	MONTAJE DE EXOSTO (APOYO GRUA UB)	4 horas	143	0%											
145	1122.14	RETIRO DE SAS (DESCARGA GENERAL, DESCARGA TEA, GAS COMBUSTIBLE, SUCCION)	2 horas	144	0%											
146	1137	ACTIVIDADES INSTRUMENTOS	24,63 días		0%											
147	1137.1	DESCONEXION Y DESMONTAJE INSTRUMENTACION UNIDAD	2,44 días		0%											
148	1137.1.1	Desconexion y aislamiento sistema electrico del panel de control	0,5 horas	4	0%											



Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08	
						V	M	S	X	D	J	L	V
149	1137.1.2	Desmontaje y marquillado tubería tubing sistema lubricación forzada	4 horas	148	0%								
150	1137.1.3	Desmontaje y marquillado tubería tubing instrumentación Motor-Compresor	4 horas	148	0%								
151	1137.1.4	Desconexión eléctrica instrumentación Motor-Cooler	4 horas	149	0%								
152	1137.1.5	Desmontaje de instrumentación Motor- Cooler	6,5 horas	150	0%								
153	1137.1.6	Desconexión eléctrica instrumentación Compresor	4 horas	151	0%								
154	1137.1.7	Desmontaje de instrumentación Compresor	7 horas	152	0%								
155	1137.1.8	Desmontaje instrumentación scrubber	7 horas	153	0%								
156	<b>1137.10</b>	<b>MANTENIMIENTO INSTRUMENTACION DEL COMPRESOR</b>	<b>12,06 días</b>		<b>0%</b>								
157	<b>1137.10.1</b>	<b>Sistema de Protecciones por Sobrepresiones</b>	5 días		<b>0%</b>								
158	1137.10.1.1	Mantenimiento válvula de seguridad 1a Etapa	8 horas	154	0%								
159	1137.10.1.2	Mantenimiento válvula de seguridad 2a Etapa	8 horas	158	0%								
160	1137.10.1.3	Mantenimiento válvula de seguridad 3a Etapa	8 horas	159	0%								
161	1137.10.1.4	Mantenimiento válvula de seguridad scrubber succión	8 horas	160	0%								
162	1137.10.1.5	Mantenimiento válvula de seguridad Gas combustible	8 horas	161	0%								
163	<b>1137.10.7</b>	<b>Instrumentación general del compresor</b>	2,88 días		<b>0%</b>								

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso		

Página 8  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14				11 may '14				25 may '14				08	
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S	X	D		
164	1137.10.7.1	prueba funcional de manometro presion de aceite	2 horas	162	0%														
165	1137.10.7.3	Mtto de switch nivel de aceite	2 horas	164	0%														
166	1137.10.7.4	Mtto de switch de vibración del compresor	2 horas	165	0%														
167	1137.10.7.5	Mantenimiento preventivo Gobernador	10 horas	166	0%														
168	1137.10.7.6	cambio de flexiconduit por condicion	3 horas	167	0%														
169	1137.10.7.7	Limpieza de tubería electrica con aire comprimido	4 horas	168	0%														
170	<b>1137.10.15</b>	<b>SCRUBBER INTERETAPAS</b>	11,88 días		0%														
171	<b>1137.10.15.1</b>	<b>Scrubber Succion</b>	<b>2,88 días</b>		0%														
172	1137.10.15.1.1	Verificacion-Limpieza camara de flotacion	2 horas	155	0%														
173	1137.10.15.1.2	Mantenimiento switche nivel neumatico LSL (Condensado)	2 horas	172	0%														
174	1137.10.15.1.3	Mantenimiento switche nivel Electrico LSL (Condensado)	4 horas	173	0%														
175	1137.10.15.1.4	Diseño y montaje isometrico LG	4 horas	174	0%														
176	1137.10.15.1.5	Mantenimiento LG	8 horas	175	0%														
177	1137.10.15.1.6	Mantenimiento valvula control nivel (Condensado)	1 hora	176	0%														
178	1137.10.15.1.7	Prueba funcional regulador aire	2 horas	177	0%														
179	<b>1137.10.15.9</b>	<b>Scrubber 1a Etapa</b>	3 días		0%														
180	1137.10.15.9.1	Mantenimiento Pi	2 horas	178	0%														

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha limite	
	Hito inactivo		Progreso	

Página 9  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08	
						V	M	S	X	D	J	L	V
181	1137.10.15.9.2	Verificacion-Limpieza camara de flotacion	2 horas	180	0%								
182	1137.10.15.9.3	Mantenimiento switche nivel neumatico LSL Condensado)	2 horas	181	0%								
183	1137.10.15.9.4	Mantenimiento switche nivel Electrico LSL Condensado)	2 horas	182	0%								
184	1137.10.15.9.5	Diseño y montaje isometrico LG	4 horas	183	0%								
185	1137.10.15.9.6	Mantenimiento LG	4 horas	184	0%								
186	1137.10.15.9.7	Mantenimiento valvula control nivel Condensado)	7 horas	185	0%								
187	1137.10.15.9.8	Prueba funcional regulador aire	1 hora	186	0%								
188	1137.10.15.18	<b>Scrubber 2a Etapa</b>	3 días		0%								
189	1137.10.15.18.1	Mantenimiento PI	2 horas	187	0%								
190	1137.10.15.18.2	Verificacion-Limpieza camara de flotacion	2 horas	189	0%								
191	1137.10.15.18.3	Mantenimiento switche nivel neumatico LSL Condensado)	2 horas	190	0%								
192	1137.10.15.18.4	Mantenimiento switche nivel Electrico LSL Condensado)	2 horas	191	0%								
193	1137.10.15.18.8	Diseño y montaje isometrico LG	4 horas	192	0%								
194	1137.10.15.18.5	Mantenimiento LG	4 horas	193	0%								
195	1137.10.15.18.6	Mantenimiento valvula control nivel Condensado)	7 horas	194	0%								

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08
						V	M	S	X	D	J	L
196	1137.10.15.18.7	Prueba funcional regulador aire	1 hora	195	0%							
197	<b>1137.10.15.26</b>	<b>Scrubber 3a Etapa</b>	3 días		<b>0%</b>							
198	1137.10.15.26.1	Mantenimiento PI	1 hora	196	0%							
199	1137.10.15.26.2	Verificacion-Limpieza camara de flotacion	2 horas	198	0%							
200	1137.10.15.26.3	Mantenimiento switche nivel neumatico LSL Condensado)	2 horas	199	0%							
201	1137.10.15.26.4	Mantenimiento switche nivel Electrico LSL Condensado)	2 horas	200	0%							
202	1137.10.15.26.8	Diseño y montaje isometrico LG	4 horas	201	0%							
203	1137.10.15.26.5	Mantenimiento LG	4 horas	202	0%							
204	1137.10.15.26.6	Mantenimiento valvula control nivel Condensado)	8 horas	203	0%							
205	1137.10.15.26.7	Prueba funcional regulador aire	1 hora	204	0%							
206	<b>1137.10.49</b>	<b>Sistema de Lubricacion Forzada</b>	1,88 días		<b>0%</b>							
207	1137.10.49.1	Mantenimiento Cheques de Lubricacion	4 horas	169	0%							
208	1137.10.49.2	Prueba funcional switch no flow	2 horas	207	0%							
209	1137.10.49.3	prueba funcional del manometro (PI)	1 hora	208	0%							
210	1137.10.49.4	Cambio por condición de tubing de lubricación forzada	8 horas	209	0%							
211	<b>1137.64</b>	<b>INSTRUMENTACION DEL MOTOR</b>	9,06 días		<b>0%</b>							
212	<b>1137.64.1</b>	<b>Sistema de Ignicion</b>	2,5 días		<b>0%</b>							
213	1137.64.1.1	Revisión y medicion de Bobinas	2 horas	210	0%							

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha limite	
	Hito inactivo		Progreso	

Página 11  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predece	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08
						V	M	S	X	D	J	
214	1137.64.1.2	Limpieza,Revisión, Medicion y Calibracion de Bujias	2 horas	213	0%							
215	1137.64.1.3	Limpieza,revision y medicion cables secundarios	3 horas	214	0%							
216	1137.64.1.4	Revisión Arnes de ignicion primarios	2 horas	215	0%							
217	1137.64.1.5	Mantenimiento manifold de ignicion	4 horas	216	0%							
218	1137.64.1.6	Mantnimiento y Verificacion de CPU95	2 horas	217	0%							
219	1137.64.1.7	Mantenimiento Harness CPU95 a Junction Box	1 hora	218	0%							
220	1137.64.1.8	Limpieza de pick up magneticos	1 hora	219	0%							
221	1137.64.1.9	Verificacion harness pick up	1 hora	220	0%							
222	1137.64.1.10	Mantenimiento junction Box	2 horas	221	0%							
223	1137.64.46	Sistema temperaturas	2,63 días		0%							
224	1137.64.46.9	Prueba funcional termocuplas cilindros Motricez	3 horas	222	0%							
225	1137.64.46.10	prueba funcional termocuplas cilindros compresores y scrubber succion	3 horas	224	0%							
226	1137.64.46.11	prueba funcional termocuplas succion y descarga 1 ra etapa	2 horas	225	0%							
227	1137.64.46.12	prueba funcional termocuplas descarga 2da y 3ra etapa	2 horas	226	0%							
228	1137.64.46.13	Termocupla agua compresor	1 hora	227	0%							
229	1137.64.46.14	Termocupla agua Motor	1 hora	228	0%							
230	1137.64.46.15	Termocupla aceite motor	1 hora	229	0%							

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
Hito inactivo		Progreso		

Página 12  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14		25 may '14		08
						V	M	S	X	D	J	L
231	1137.64.46.16	Prueba Lazos de temperaturas motor	8 horas	230	0%							
232	<b>1137.64.47</b>	<b>Lazo de velocidad</b>	0,75 días		<b>0%</b>							
233	1137.64.47.4	Mantenimiento Gobernador	1 hora	205	0%							
234	1137.64.47.5	Mtto sensor pickup cuenta dientes	1 hora	233	0%							
235	1137.64.47.6	Mantenimiento Regulador, convertidor I/P	4 horas	234	0%							
236	<b>1137.64.48</b>	<b>Lazo valvula control de succion</b>	1,25 días		<b>0%</b>							
237	1137.64.48.5	Mantenimiento Preventivo Internos Valvula	6 horas	235	0%							
238	1137.64.48.6	Prueba funcional lazo valvula de control de flujo	1 hora	237	0%							
239	1137.64.48.7	Mtto-verificacion y calibracion transmisor presion	2 horas	238	0%							
240	1137.64.48.8	Cambio manometros posicionador	1 hora	239	0%							
241	<b>1137.64.49</b>	<b>Instrumentos motor</b>	4,75 días		<b>0%</b>							
242	1137.64.49.9	Mtto Switch vibracion motor	2 horas	240	0%							
243	1137.64.49.10	Mtto switche Nivel aceite motor	2 horas	242	0%							
244	1137.64.49.11	Prueba funciona y/o calibracion Switch vibracion hasta panel de control	1 hora	243	0%							
245	1137.64.49.12	Prueba funciona y/o calibracion Switch nivel hasta panel control	1 hora	244	0%							
246	1137.64.49.13	Prueba funcional solenoide PRE/POS lubricacion	1 hora	245	0%							
247	1137.64.49.14	Prueba funcional solenoide Arranque motores	1 hora	246	0%							

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	

Página 13  
 Universidad Industrial de Santander  
 Gerencia de Mantenimiento

Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predec	% completado	27 abr '14		11 may '14			25 may '14			08	
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S
248	1137.64.49.15	Cambio isometricos tubing por condicion	5 horas	247	0%										
249	1137.64.49.16	Cambio kit de reparacion valvula piloto POPPET Motor arranque	4 horas	248	0%										
250	1137.64.49.37	<b>Sistema de Gas Combustible</b>	2,63 días		0%										
251	1137.64.49.37.1	Mantenimiento PI	2 horas	249	0%										
252	1137.64.49.37.2	Mantenimiento regulador gas combustible big joe	3 horas	251	0%										
253	1137.64.49.37.3	Cambio regulador de gas señal piloto solenoide	2 horas	252	0%										
254	1137.64.49.37.4	Mantenimiento LG	4 horas	253	0%										
255	1137.64.49.37.5	Cambio filtro coalescente gas señal piloto solenoide	3 horas	254	0%										
256	1137.64.49.37.6	Cambio valvula manual de bola 3/4"	1 hora	255	0%										
257	1137.64.49.37.7	Mantenimiento Valvula de Corte Murphy	6 horas	256	0%										
258	1137.110	<b>PANEL DE CONTROL</b>	1,13 días		0%										
259	1137.110.1	Limpeza y ajuste de conexiones panel	3 horas	257	0%										
260	1137.110.2	Prueba funcional switch indicador presion 1ra, 2da y 3 ra etapa	3 horas	259	0%										
261	1137.110.3	Prueba funcional switch indicador presion gas arranque	3 horas	260	0%										
262	1137.114	<b>COOLER</b>	0,88 días		0%										
263	1137.114.1	Mantenimiento y prueba funcional switch vibracion	2 horas	261	0%										

Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14	Tarea		Resumen inactivo	
	División		Tarea manual	
	Hito		Sólo duración	
	Resumen		Informe de resumen manual	
	Resumen del proyecto		Resumen manual	
	Tareas externas		Sólo el comienzo	
	Hito externo		Sólo fin	
	Tarea inactiva		Fecha límite	
	Hito inactivo		Progreso	



Id	EDT	Nombre de tarea	Duración	Predece	% completado	27 abr '14		11 may '14			25 may '14			08	
						V	M	S	X	D	J	L	V	M	S
279	1275	<b>ACTIVIDADES INSPECCION</b>	7,5 días		0%										
280	1275.7	INSPECCION LINEA INTER ETAPAS	1 día		0%										
281	1275.8	BOROSCOPIAS BOTELLAS PULSACION	1,5 días	280	0%										
282	1275.9	EJECUCION DE RECOMENDACIONES DE INSPECCION	5 días	281	0%										
283	1270	<b>INICIO DE PRUEBAS DE ARRAQUE Y VACIO</b>	0 días	7,131,10%											
284	1270.1	Prueba secuencia de arranque	0 días		0%										02/06
285	1270.2	Pruebas en vacio	0 días		0%										02/06
286	1270.3	Entrega informacion de ejecucion	0 días		0%										02/06
Proyecto: PDT MAQUINA K1 LLAN Fecha: mar 08/04/14		Tarea		Resumen inactivo											
		División		Tarea manual											
		Hito		Sólo duración											
		Resumen		Informe de resumen manual											
		Resumen del proyecto		Resumen manual											
		Tareas externas		Sólo el comienzo											
		Hito externo		Sólo fin											
		Tarea inactiva		Fecha limite											
		Hito inactivo		Progreso											
Página 16 Universidad Industrial de Santander Gerencia de Mantenimiento															

## Anexo D Alcance Mantenimiento Segun CBM y Confiabilidad



MANTENIMIENTO 20000 HORAS K1 LLANITO  
CHECK LIST DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN COMPONENTES



ITEM	ESPECIALIDAD	SISTEMA	UNIDAD	COMPONENTE	CAMBIO	MTTO	PRUEBA FUNCIONAL	METROLOGIA Y/O MEDICIÓN	INSPECCIÓN INTERNA	CAMBIO POR CORROSIÓN	LIMPIEZA	NO SE REQUIERE	PRUEBA DE LAZO	CAUSACIÓN Y/O AJUSTE	OBSERVACIONES
1	MECANICA	SISTEMA IGNICION	MOTOR	Bujas	X										
2	MECANICA	SISTEMA IGNICION	MOTOR	Cables de Alta	X										
3	MECANICA	SISTEMA IGNICION	MOTOR	Bobinas	X										
4	MECANICA	SISTEMA IGNICION	MOTOR	Inyectores	X										
5	MECANICA	SISTEMA IGNICION	MOTOR	Motor de Arranque		X	X								
6	MECANICA	SISTEMA AIRE	MOTOR	Filtros	X										
7	MECANICA	SISTEMA AIRE	MOTOR	Manifold de Aire		X				X					
8	MECANICA	SISTEMA AIRE	MOTOR	Valvulas Admoflericas		X	X			X					
9	MECANICA	SISTEMA AGUA	MOTOR	Correas	X										
10	MECANICA	SISTEMA AGUA	MOTOR	Bomba de Agua		X									
11	MECANICA	SISTEMA AGUA	MOTOR	Tuberias							X				
12	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Culatas				X			X				
13	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Pistones	X										
14	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Anillos	X										
15	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Empaquetadura de Gas		X		X							
16	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Empaquetadura de Aceite		X		X							
17	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Cilindros		X		X	X	X	X				
18	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Cruetas				X	X	X					
19	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Bielas				X							
20	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Volante								X			
21	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Cigüeñal				X							
22	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Bancada				X							
23	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Casquetes de Biela				X		X					
24	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Casquetes de Bancada				X		X					
25	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Bulones	X										
26	MECANICA	SISTEMA FUERZA	MOTOR	Bujes de Biela	X										
27	MECANICA	SISTEMA DE LUB FORZAJ	MOTOR	Lubricador		X									
28	MECANICA	SISTEMA DE LUB FORZAJ	MOTOR	Caja de Aceite		X									
29	MECANICA	SISTEMA DE LUB FORZAJ	MOTOR	Bombinas		X									
30	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Valvulas Compresoras	X						X				
31	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Distancia Placa								X			
32	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Botellas de Pulverización		X									
33	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Bolsillos								X			
34	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Pistones				X			X				
35	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Anillos	X										
36	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Barras				X			X				
37	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Empaquetadura de Gas		X									
38	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Empaquetadura de Aceite		X									
39	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Bielas				X							
40	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Bujes de Biela	X										
41	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Cilindros		X		X							SE RECOMIENDA REPARAR
42	MECANICA	SISTEMA DE COMPRESIO	COMPRESOR	Cruetas				X							
43	INSTRUMENTOS	Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Válvula control nivel KIMRAY		X	X		X		X		X		
44	INSTRUMENTOS	Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Reguladores de presión de aire			X		X		X			X	
45	INSTRUMENTOS	Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Switche nivel neumático			X				X			X	



MANTENIMIENTO 20000 HORAS K1 LLANITO  
CHECK LIST DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN COMPONENTES



ITEM	ESPECIALIDAD	SISTEMA	UNIDAD	COMPONENTE	CAMBIO	MTTO	PRUEBA FUNCIONAL	METROLOGIA Y/O MEDICIÓN	INSPECCIÓN INTERNA	CAMBIO POR CORROSIÓN	IMPUREZA	NO SE INTERIENE	PRUEBA DE LADO	CALIBRACIÓN Y/O AJUSTE	OBSERVACIONES
46	INSTRUMENTOS	(Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Switches nivel eléctricos			X				X			X	
47	INSTRUMENTOS	(Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Visores de nivel					X		X				Cambio isométricos
48	INSTRUMENTOS	(Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Camara de Rotación CAP de nivel							X				
49	INSTRUMENTOS	(Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Tubería Tubbing						X	X				Cambio tres tubbing
50	INSTRUMENTOS	(Scrubber succión, etapa	MOTOCOMPRESOR	Indicadores de presión			X		X	X	X			X	
51	INSTRUMENTOS	Conjunto Armas Motocor	MOTOCOMPRESOR	Armas temperatura			X		X	X	X				



MANTENIMIENTO 20000 HORAS K1 LLANITO  
CHECK LIST DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN COMPONENTES



ITEM	ESPECIALIDAD	SISTEMA	UNIDAD	COMPONENTE	CAMBIO	MTTO	PRUEBA FUNCIONAL	METROLOGIA Y/O MEDICIÓN	INSPECCIÓN INTERNA	CAMBIO POR CONEXIÓN	IMPUREZA	NO SE INTERVENE	PRUEBA DE LADO	CALIBRACIÓN Y/O AJUSTE	OBSERVACIONES
52	INSTRUMENTOS	Sistema temperatura	MOTOCOMPRESOR	Indicadores de Temperatura Cilindros compresor			X		X	X	X			X	
53	INSTRUMENTOS	Sistema temperatura	MOTOCOMPRESOR	Termocoplas Motor			X		X	X	X		X		
54	INSTRUMENTOS	Sistema temperatura	MOTOCOMPRESOR	Termocoplas Compresor			X		X	X	X		X		
55	INSTRUMENTOS	Sistema temperatura	MOTOCOMPRESOR	Termocoplas scrubbers			X		X	X	X		X		
56	INSTRUMENTOS	Sistema temperatura	MOTOCOMPRESOR	Junctions Box temperatura			X		X	X	X		X		
57	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Bujías				X	X	X	X			X	
58	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Arnés de Ignición cable primario					X	X	X				
59	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Arnés de Ignición cable secundario					X	X	X				
60	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Transformador de Ignición				X		X	X				
61	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Caja CPU 95			X		X	X	X		X		
62	INSTRUMENTOS	Sistema Ignición	MOTOCOMPRESOR	Junctions Box Ignición					X	X	X				
63	INSTRUMENTOS	Sistema gas combustible	MOTOCOMPRESOR	Válvula solenoide de corte gas combustible shut-Down			X		X	X	X		X		
64	INSTRUMENTOS	Sistema gas combustible	MOTOCOMPRESOR	PCV Gas Combustible			X		X	X	X			X	
65	INSTRUMENTOS	Sistema gas combustible	MOTOCOMPRESOR	Visores de nivel filtro					X	X	X				
66	INSTRUMENTOS	Sistema gas combustible	MOTOCOMPRESOR	Indicadores de presión			X		X	X	X			X	
67	INSTRUMENTOS	Sistema aceite	MOTOCOMPRESOR	Switch de Nivel de Aceite			X		X	X	X		X	X	
68	INSTRUMENTOS	Sistema lubricación Forz	MOTOCOMPRESOR	Switch de Nivel de Aceite 1 caja bombinas			X		X	X	X		X	X	
69	INSTRUMENTOS	Sistema lubricación Forz	MOTOCOMPRESOR	Switch de Nivel de Aceite 2 caja bombinas			X		X	X	X		X	X	
70	INSTRUMENTOS	Sistema lubricación Forz	MOTOCOMPRESOR	Cheque lubricación forzada					X	X	X				
71	INSTRUMENTOS	Sistema lubricación Forz	MOTOCOMPRESOR	Digital No Flow			X		X	X	X		X		
72	INSTRUMENTOS	Sistema lubricación Forz	MOTOCOMPRESOR	Tuberías Tubbing					X	X	X				Cambio de tres tubing
73	INSTRUMENTOS	Sistema aire arranque	MOTOCOMPRESOR	Válvula solenoide motor arranque			X		X	X	X		X		
74	INSTRUMENTOS	Sistema aire arranque	MOTOCOMPRESOR	Válvula piloto POPPET			X		X	X	X				
75	INSTRUMENTOS	Sistema aire arranque	MOTOCOMPRESOR	Indicadores de presión			X		X	X	X			X	
76	INSTRUMENTOS	Motor	MOTOCOMPRESOR	Sensores de Velocidad					X	X	X		X		
77	INSTRUMENTOS	Motor	MOTOCOMPRESOR	Gobernador			X		X	X	X		X		
78	INSTRUMENTOS	Motor	MOTOCOMPRESOR	Regulador aire suministro Gobernador			X		X	X	X			X	
79	INSTRUMENTOS	Motor	MOTOCOMPRESOR	Switch de vibración			X		X	X	X		X	X	
80	INSTRUMENTOS	Cooler	MOTOCOMPRESOR	Indicador de Nivel agua (Módulo-Nivel)					X	X	X				
81	INSTRUMENTOS	Cooler	MOTOCOMPRESOR	Switch de vibración			X		X	X	X		X	X	
82	INSTRUMENTOS	Scrubber succión	MOTOCOMPRESOR	PSV succión											No requiere intervención
83	INSTRUMENTOS	Scrubber Descarga 1ra etapa	MOTOCOMPRESOR	PSV 2a Etapa											No requiere intervención
84	INSTRUMENTOS	Scrubber Descarga 2da etapa	MOTOCOMPRESOR	PSV 2a Etapa											No requiere intervención
85	INSTRUMENTOS	Scrubber Descarga 3ra etapa	MOTOCOMPRESOR	PSV 3a Etapa											No requiere intervención



MANTENIMIENTO 20000 HORAS K1 LLANITO  
CHECK LIST DE ACTIVIDADES A DESARROLLAR EN COMPONENTES



ITEM	ESPECIALIDAD	SISTEMA	UNIDAD	COMPONENTE	CAMBIO	MTTO	PRUEBA FUNCIONAL	METROLOGIA YO MEDICIÓN	INSPECCIÓN INTERNA	CAMBIO POR CONECTOR	IMPRESA	NO SE INTERFIERE	PRUEBA DE LADO	CALIBRACIÓN YO AJUSTE	OBSERVACIONES
86	INSTRUMENTOS	Sistema de control	MOTOCOMPRESOR	Arandador DE-2200			X				X		X		Verificación de setting
87	INSTRUMENTOS	Sistema de control	MOTOCOMPRESOR	Tablero de control			X		X	X	X		X	X	
88	INSTRUMENTOS	Sistema de control	MOTOCOMPRESOR	Transductores de presión			X		X	X	X		X	X	
89	INSTRUMENTOS	Sistema de control	MOTOCOMPRESOR	Tarjetas electronicas DE-3000					X	X	X				
90	INSTRUMENTOS	Sistema Electrico	MOTOCOMPRESOR	tubería electrica					X	X	X				
91	INSTRUMENTOS	Lazo control succion	MOTOCOMPRESOR	Valvula de control succion		X	X		X	X	X		X	X	
92	INSTRUMENTOS	Lazo control succion	MOTOCOMPRESOR	Transmisor presión			X				X		X	X	
93	INSTRUMENTOS	Lazo control succion	MOTOCOMPRESOR	Indicadores de presión			X		X	X	X			X	
94	CIVIL	BASE	MOTOCOMPRESOR	Grouting	X										