



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

### **“AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYOR DE LOS MOTORES WARTSILA VASA 32 Y 6R 32 EJECUTADOS EN LA EMPRESA OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS EN EL AÑO 2015”**

**AUTOR: JAIME ROBERT GUEVARA LAYEDRA**

**Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo,  
presentado ante el Instituto de Postgrado y Educación Continua de la ESPOCH,  
como requisito parcial para la obtención del grado de Magíster en Gestión del  
Mantenimiento Industrial**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**JUNIO - 2016**



## **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

### **CERTIFICACIÓN**

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, titulado “AUDITORÍA DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO MAYOR DE LOS MOTORES WARTSILA VASA 32 Y 6R 32 EJECUTADOS EN LA EMPRESA OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS EN EL AÑO 2015”, de responsabilidad del Ing. Jaime Robert Guevara Layedra ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

\_\_\_\_\_  
Ing. Fernando Esparza M.D.E

**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. Marco H. Santillan G; M.Sc.

**DIRECTOR**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. José Antonio Granizo; Ph. D

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
Ing. Fernando Proaño; M.Sc.

**MIEMBRO**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

\_\_\_\_\_  
**DOCUMENTALISTA SISBIB ESPOCH**

\_\_\_\_\_  
FIRMA

**Riobamba, Junio de 2016**

## **DERECHOS INTELECTUALES**

Yo, Jaime Robert Guevara Layedra, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Ing. Jaime Robert Guevara Layedra

**CI. 0602373508**

## **AGRADECIMIENTO**

El más sincero reconocimiento a la Empresa Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador S.A., por su invaluable colaboración para la ejecución del presente proyecto de investigación, en las personas de sus distinguidos funcionarios responsables de la Gestión de la Fiabilidad.

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Carmita, a ella que me ha comprendido y apoyado durante mi carrera. A mis hijos Mayte, Belén, David y mi nieta Zoe, que estuvieron conmigo en los momentos difíciles y me dieron ánimo para seguir adelante, con cariño y admiración.

**Robert.**

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	
CERTIFICACIÓN.....	
DERECHOS INTELECTUALES.....	
AGRADECIMIENTO .....	iv
DEDICATORIA.....	v
ÍNDICE GENERAL.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Problema de la investigación.....</b>	<b>2</b>
1.1.1 <i>Planteamiento del Problema.....</i>	2
1.1.2 <i>Formulación del problema.....</i>	2
1.1.3 <i>Sistematización del problema .....</i>	2
<b>1.2 Justificación de la investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación .....</b>	<b>4</b>
1.3.1 <i>Objetivo general .....</i>	4
1.3.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	4
<b>1.4 Hipótesis .....</b>	<b>5</b>

## CAPÍTULO II

2.	MARCO DE REFERENCIA .....	6
2.1	<i>Mantenimiento</i> .....	6
2.1.2	<i>Activo físico</i> .....	6
2.1.3	<i>Ciclo de vida</i> .....	7
2.1.4	<i>Función requerida</i> .....	8
2.1.5	<i>Falla funcional</i> .....	9
2.2	<i>Breve reseña histórica del Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador</i> .....	9
2.3	<i>Políticas de Mantenimiento</i> .....	12
2.3.1	<i>Objetivos</i> .....	12
2.3.2	<i>Descripción</i> .....	12
2.3.3	<i>Mantenimiento Detectivo</i> .....	13
2.3.4	<i>Mantenimiento Predictivo</i> .....	13
2.3.5	<i>Mantenimiento Preventivo</i> .....	18
2.3.6	<i>Mantenimiento Correctivo</i> .....	19
2.3.7	<i>Responsabilidad del proceso de fiabilidad (operaciones &amp; mantenimiento)</i> .....	19
2.4	<i>Descripción de los motores Wartsila Vasa 32 y 6R 32</i> .....	20
2.4.1	<i>Breve reseña histórica de los motores Wartsila</i> .....	21
2.5	<i>Grupo natural de trabajo para el mantenimiento preventivo mayor</i> .....	22
2.6	<i>Determinación de Equipos Wartsila a ser intervenidos en el año 2015</i> .....	22
2.6.1	<i>El proceso del mantenimiento preventivo mayor en los motores Wartsila</i> .....	23

2.7.1	<i>Proceso de auditoría aplicada para la evaluación del mantenimiento preventivos mayores de los equipos Wartsila en el año 2015</i> .....	25
2.7.2	<i>Formato y parámetros de evaluación de auditoría para el mantenimiento preventivo mayor</i> .....	26
2.7.3	<i>Ponderación de áreas y funciones de actuación</i> .....	27

### CAPÍTULO III

3.	<b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> .....	38
3.1	<b>Confiabilidad y Disponibilidad</b> .....	38
3.1.1	<i>Confiabilidad</i> .....	38
3.1.2	<i>Disponibilidad</i> .....	39
3.1.3	<i>Tasa de Falla</i> .....	40
3.1.4	<i>Aplicación a los Mantenimientos Preventivos Mayores</i> .....	41
3.2	<i>Análisis de la evolución histórica de los mantenimientos preventivos mayores ejecutados por el personal externo, en los equipos Wartsila hasta el año 2014.</i> .....	48
3.2.1	<i>Datos y registros históricos de los equipos intervenidos en el año 2015</i> .....	49
3.2.2	<i>Análisis cronológico de las actividades ejecutadas</i> .....	51
3.2.3	<i>Cálculo de tendencias de desgaste de componentes críticos internos del motor</i> ..	57
3.3.4	<i>Determinar los componentes críticos por desgaste</i> .....	58

### CAPÍTULO IV

4.	<b>RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CON EL EMPLEO DE LA METODOLOGÍA DE ENTREVISTA Y ECUESTA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....	61
4.1	<b>Determinación del grupo natural de trabajo</b> .....	61
4.1.1	<i>Descripción del contexto operacional del grupo de Mantenimiento Mayor</i> .....	62

4.1.2	<i>Determinación de las funciones de los miembros del grupo de mantenimiento mayor .....</i>	62
4.1.3	<i>Determinación de competencias técnicas del grupo de mantenimiento mayor ...</i>	63
4.1.4	<i>Evaluación del compromiso, actitud y aptitud de los miembros del grupo de mantenimiento mayor .....</i>	65
4.2	<b>Resultados y Discusión .....</b>	65
4.2.4	<i>Evaluación de costos del Mantenimiento Mayor de los equipos Wartsila ejecutados por la empresa Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador en el año 2015 .....</i>	75
4.2.5	<i>Determinación de costos presupuestados y ejecutados de Mantenimiento Mayor para el año 2015.....</i>	77
4.2.6	<i>Evaluación de la planificación, logística y control de la ejecución de los mantenimientos mayores programados para el año 2015 .....</i>	78
4.3	<i>Resultados de la auditoría del Mantenimiento Preventivo Mayor en el año 2015 ejecutado por los técnicos de la Empresa OCP Ecuador .....</i>	79
4.2.8	<i>Verificación de la hipótesis .....</i>	84

## **CAPÍTULO V**

5.-	<b>PROPUESTA .....</b>	86
5.1	<b>Aporte de la investigación .....</b>	86
5.1.1	<i>Metodología propuesta.....</i>	86
	<b>CONCLUSIONES.....</b>	88
	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	90

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2	Informe Análisis predictivo .....	14
Tabla 2-2.	Descripción de ubicación de los motores Wartsila .....	20
Tabla 3-2	Equipos Wartsila intervenidos en el 2015 como mantenimientos mayores ....	22
Tabla 4-2	Frecuencia de intervención para mantenimiento .....	23
Tabla 5-2	Frecuencias de intervención para mantenimientos mayores de acuerdo a la carga y tipo de combustible .....	24
Tabla 6-2	Auditoría cualitativa para el mantenimiento mayor .....	27
Tabla 1-3	Análisis de fiabilidad, cálculos de confiabilidad, disponibilidad, antes de la intervención misión 30 días .....	41
Tabla 2-3	Análisis de fiabilidad, cálculos de confiabilidad, disponibilidad, después de la intervención misión 30 días .....	42
Tabla 3-3	Datos de falla D-0101A antes de la intervención .....	45
Tabla 4-3	Histórico de Mantenimientos Preventivos Mayores equipos intervenidos en el 2015 .....	49
Tabla 5-3	Metrología camisas D-0101A.....	58
Tabla 6-3	Componentes de remplazo críticos frecuencia 12 000 H.....	58
Tabla 7-3	Componentes de remplazo críticos frecuencia 16 000 H.....	59
Tabla 1-4	Descripción de estructura y competencias del grupo de mantenimiento.....	63
Tabla 2-4	Evaluación de rendimiento .....	74
Tabla 3-4	Desviación media .....	74
Tabla 4-4	Comparación de costos Wartsila- OCP .....	77
Tabla 5-4	Asignación presupuestaria OCP .....	77
Tabla 6-4	Ejecución Presupuestaria OCP .....	78
Tabla 7-4	Balance de costos .....	78
Tabla 8-4	Resultados cuantitativos auditoría .....	80
Tabla 9-4	Resultados cuantitativos auditoría .....	82
Tabla 10-4	Comparación costos mano de obra .....	83
Tabla 11-4	Datos estadísticos de las muestras .....	84
Tabla 12-4	Test de hipótesis, Excel Office .....	85

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2	Descripción de la función de una bomba. ....	8
Figura 2-2	Perfil del oleoducto desde la Amazonía hasta el Terminal Marítimo. ....	11
Figura 3-2	Análisis windrock.....	15
Figura 4-2	Inspección vibraciones incrementador de velocidad.....	16
Figura 5-2	Inspección turbocompresores .....	16
Figura 6-2	Análisis termográfico .....	17
Figura 7-2	Análisis vibraciones sellos mecánicos.....	18
Figura 1-3	Representación gráfica de fallos en el tiempo .....	40
Figura 2-3	Tendencia del cálculo de confiabilidad antes de la intervención misión 30 días. ....	42
Figura 3-3	Tendencia del cálculo de confiabilidad después de la intervención misión 30 días .....	43
Figura 4-3	Cálculo de confiabilidad D.0101A, Software Realiasoft Synthesis .....	46
Figura 5-3	Cálculo distribución weibull D.0101A, Software Realiasoft Synthesis .....	46
Figura 6-3	Cálculo confiabilidad vs tiempo D.0101A, Software Realiasoft Synthesis .....	47
Figura 7-3	Cálculo confiabilidad misión 30 días D.0101A, Software Realiasoft Synthesis .....	47
Figura 8-3	Características aceite lubricante recomendados por Wartsila .....	53
Figura 9-3	Características del aceite Shell Argina XL .....	54
Figura 10-3	Resultados análisis de lubricante Shell Argina XL.....	56
Figura 1-4	Organigrama.....	62
Figura 2-4	Resultados pregunta 1 .....	66
Figura 3-4	Resultados pregunta 2 .....	66
Figura 4-4	Resultados pregunta 3 .....	67
Figura 5-4	Resultados pregunta 4 .....	67
Figura 6-4	Resultados pregunta 5 .....	68
Figura 7-4	Resultados pregunta 6 .....	69
Figura 8-4	Resultados pregunta 7 .....	69
Figura 9-4	Resultados pregunta 8 .....	70
Figura 10-4	Resultados pregunta 9 .....	71
Figura 11-4	Resultados pregunta 10 .....	71
Figura 12-4	Tendencia de calificación por cumplimiento .....	81
Figura 13-4	Árbol de decisión .....	87

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A.- Encuesta aplicada al personal de Mantenimiento Preventivo Mayor OCP Ecuador ..

ANEXO B Método tradicional para la prueba de hipótesis

ANEXO C.- Hoja de cálculo office Excel cálculo de Fiabilidad de los equipos intervenidos en el  
año

ANEXO D.- Archivo fotográfico instalación OCP oriente, y equipos Wartsila

## GLOSARIO DE TÉRMINOS Y DEFINICIONES

<b>Confiabilidad R (t):</b>	Probabilidad de que un equipo opere sin fallas, durante un período de tiempo específico y bajo condiciones normales de operación.
<b>Disponibilidad (A):</b>	Probabilidad que un equipo opere satisfactoriamente, cuando éste sea requerido.
<b>MTBF:</b>	Tiempo medio entre fallas (Mean Time Between Failure), tiempo promedio de funcionamiento del equipo hasta la falla.
<b>MTTR:</b>	Tiempo medio para reparar (Mean Time To Repair), tiempo promedio de reparación del equipo, hasta la puesta en marcha.
<b>RCA:</b>	Análisis causa raíz.
<b>MCC:</b>	Mantenimiento Centrado en Confiabilidad.
<b>Auditoría:</b>	Técnica de evaluación de la efectividad de una función.
<b>OCP:</b>	Oleoducto de Crudos Pesados
<b>OT:</b>	Orden de trabajo
<b>EAM</b>	Infor EAM (Enterprise Management Active) (Sistema informático para la administración del mantenimiento OCP Ecuador)
<b>BBL/DÍA</b>	Barriles bombeados por día
<b>Reliasoft</b>	Software para cálculo de probabilidad de falla y ciclo de vida de activos

## **RESUMEN**

En la presente investigación se audita y evalúa los resultados positivos o negativos, en la ejecución de los Mantenimientos Preventivos Mayores planificados para el año 2015 en los Motores Wartsila Vasa 32 y 6R, realizados por el personal de técnicos que mantiene la Empresa Oleoducto de Crudos Pesados (OCP) Ecuador, ubicados en las estaciones de bombeo orientadas en las provincias de Pichincha, Napo y Sucumbíos. Para el mencionado estudio se utilizó como metodología la investigación científica, evaluando de forma lógica, deductiva y comparativa los procesos aplicados en el Mantenimiento Preventivo Mayor, el cálculo matemático, estadístico y Probabilístico contribuyó también en el estudio, para establecer un punto de comparación cualitativa y cuantitativa en la gestión de los recursos empleados, con la finalidad de devolver la función a los equipos intervenidos y garantizar una operación segura del Oleoducto de Crudos Pesados. Se establece también una referencia para evaluar el comportamiento y actitud de las personas que conforman el grupo de Mantenimiento Mayor, establecer si el riesgo asumido por la dirección de mantenimiento contribuyó efectivamente a la disminución de costos, la confiabilidad medida del 66% antes de la intervención de los equipos planificados para el año 2015 fue comparada con la confiabilidad obtenida luego de la intervención medida en un 84% ejecutada por los técnicos internos de la empresa, también se establecieron tiempos de ejecución de tareas, retrasos y rendimiento. La investigación es un aporte para mejorar los conocimientos sobre la gestión del mantenimiento, y establecer a la auditoría como una herramienta de evaluación continua de procesos, en la ejecución del plan de mantenimiento que garantiza la disponibilidad del oleoducto, lo cual aportará positivamente a la toma de decisiones con datos que permitan disminuir la repetición de trabajos y mejorar la calidad del servicio prestado.

**PALABRAS CLAVE:** < OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS> < MANTENIMIENTO MAYOR> <MOTORES WARTSILA> < CONFIABILIDAD> < DISPONIBILIDAD> <AUDITORIA> < EFICACIA> < EFICIENCIA> < RIESGO> < CALIDAD> <INGENIERÍA EN MANTENIMIENTO> <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>

## **ABSTRACT**

In the present investigation is audited and assessed the positive or negative results in the execution of Major Maintenance planned for 2015 in the Engines Wartsila Vasa 32 an 6R created by the staff of technicians who maintains the Oil Pipeline Company Heavy Oil (PCO) Ecuador located in the eastern pumping station in the provinces of Pichincha, Napo and Sucumbíos. For the aforementioned study the methodology used was scientific research to evaluate logically deductive and comparative processes applied in the Major Preventive Maintenance Besides: mathematical, statistical and probabilistic calculation contributed to the study to establish a qualitative and quantitative point of comparison in the management of the resources used in order to return function to the operated equipment and safe operation of the heavy crude oil pipeline. In addition a reference is established to assess the behavior and attitude of the people who make up the group of Major Maintenance, establish whether the risk assumed by the maintenance management to contribute effectively to lower costs, reliability as 66% preoperatively teams planned for 2015 it was compared with the reliability of the measurement obtained after intervention by 84% executed by internal technicians of the company, task execution times, delays and performance were also established. The research is a contribution to improving knowledge of maintenance management and establish audit as a tool of a continuous evaluation process, in the execution of the maintenance plan that guarantees the availability of the pipeline, which will contribute positively to the decision taken with data to reduce rework and improve the quality of the service.

## **KEYWORDS**

<HEAVY CRUDE OIL PIPELINE> <MAJOR MAINTENANCE> <WARTSILA MOTOR>  
<REABILITY> <AVAILABILITY> <AUDIT> <EFFICIENCY> <EFFICIENCY> <RISK>  
<QUALITY>

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

La evolución del mantenimiento ha permitido el mejoramiento en las prácticas de intervención sobre activos que requieren ser reconformados, reconstruidos o mejorados de manera preventiva, con el objeto de garantizar su funcionalidad.

Las herramientas y metodologías empleadas con este propósito han superado las expectativas y la tecnología ha llevado a los materiales de los activos a ser lo más efectivos y eficientes en el tiempo, mejorando notablemente la productividad.

La industria petrolera en el Ecuador en la última década ha introducido equipos de combustión interna del fabricante Finlandés Wartsila de alta confiabilidad, bajo en emisiones de CO2 al ambiente, y de probada calidad, sobre todo en la industria naviera.

Dichos equipos prestan su servicio tanto en el área de bombeo de petróleo desde la Amazonia Ecuatoriana, como de generación eléctrica en los campos de producción.

Sin embargo su costo alto de manutención y operación son determinantes para garantizar su sostenibilidad en el tiempo, la búsqueda constante de mejora en los costos es uno de los objetivos para evaluar tanto la eficiencia como la eficacia de los procesos de mantenimientos asumidos por el personal propio de la empresa Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador.

Descrito esto, la gestión sobre el mantenimiento de estos activos, es cada vez más relevante, para el cumplimiento de las políticas empresariales de eficacia y eficiencia,

En este contexto la aplicación de autorías para la evaluación de los resultados de las intervenciones por mantenimientos preventivos o correctivos, permitirán medir y establecer posibles brechas de mejora en la ejecución del mantenimiento.

## **1.1 Problema de la investigación**

### **1.1.1 *Planteamiento del Problema***

El alto costo del mantenimiento preventivo mayor de los motores principales del sistema de bombeo de las estaciones oriente de la Empresa Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador, obligó a la empresa a buscar alternativas de disminuir estos gastos, razón por la cual asumió dicho mantenimiento con personal propio de la empresa, pero es necesario evaluar los resultados de esta decisión tanto en el costo, como en la gestión del mantenimiento y su sostenibilidad en el tiempo.

Al ejecutar una auditoría del mantenimiento preventivo mayor, como una herramienta válida para la búsqueda de mejora en los procesos de planificación, ejecución, análisis y monitoreo, se establecen las brechas en las cuales se puede gestionar la mejora continua en dichas tareas, de forma que los indicadores de confiabilidad y disponibilidad de los equipos Wartsila sean ajustados a los requerimientos de la compañía.

La búsqueda del costo óptimo de los mantenimientos preventivos mayores será la pauta para emprender el presente estudio.

### **1.1.2 *Formulación del problema***

¿Qué aspectos de la auditoría de los mantenimientos preventivos mayores de los equipos Wartsila Vasa 32 y 6R 32 contribuirán a identificar las brechas donde se podrá gestionar la mejora continua?

### **1.1.3 *Sistematización del problema***

Los problemas secundarios derivados del problema principal están planteados en las siguientes preguntas:

¿El personal técnico de mantenimiento mayor constituido por la empresa Oleoducto de Crudos Pesados es eficaz y eficiente en las tareas asignadas?

¿Los diversos recursos asignados para la ejecución del mantenimiento mayor de los equipos Wartsila Vasa 32 y 6 R 32 son suficientes para el cumplimiento de los objetivos empresariales?

## **1.2 .Justificación de la investigación**

Históricamente las auditorías en varios campos han sido implementadas para el mejoramiento tanto de la calidad como el control de gasto en el desarrollo de nuevos productos o conservación de activos, definiéndose esta metodología como una herramienta adecuada para la búsqueda de la mejora continua.

En el caso del mantenimiento su evolución ha crecido aceleradamente por el mejoramiento tecnológico y la creación cada vez más eficiente de activos de alta confiabilidad a ser mantenidos, plantas industriales más complejas y nuevas técnicas de mantenimiento.

La gestión del mantenimiento también está creciendo en conocimiento para poder cumplir con la expectativa con el rápido desarrollo de los análisis de las fallas y sus efectos a la seguridad de las personas y el ambiente, así como un conocimiento efectivo de la conexión entre mantenimiento y la calidad del producto.

Se suma a los antes mencionados, que existe un crecimiento explosivo de nuevas herramientas y técnicas para el mantenimiento, como son análisis de modos y efectos de falla, análisis de riesgo, métodos de decisión, nuevas técnicas de monitoreo y condición, como lo son análisis de vibraciones, termografía, análisis mediante el software windrock que determina tendencias de parámetros de combustión de los motores.

Definidas todas estas como técnicas predictivas, información que contribuye al mejoramiento de las condiciones tanto operativas como del mantenimiento, con la finalidad de lograr una alta disponibilidad y mantener controlados los costos, a todo esto, se suma la estandarización de normativas como la ISO 55001 (Gestión de Activos), ISO 31000 (Gestión de Riesgos) referentes a buscar estandarizar las mejores prácticas de la Industria.

Cuando la dirección de una empresa o el responsable de un departamento o grupo de técnicos se plantea ¿qué tan buena es la gestión para el cumplimiento de los objetivos de mantenimiento planteados? las respuestas pueden ser varias, Si, No o Regular. Claro está que cualquiera de estas respuestas es insatisfactoria porque entre éstas pueden existir un sinnúmero de afirmaciones no contestadas, porque no se informa que cosas tendríamos que cambiar para que esta gestión sea excelente.

La mejor solución es realizar una auditoría del mantenimiento comparando nuestros resultados, con resultados ideales y determinar qué cosas nos separan con este modelo. Podemos contratar esta Auditoría de forma externa y obtener una opinión de alguien externo a la empresa, pero también es válido prepararla desde adentro.

Basados en este concepto la presente investigación pretende establecer lo más objetivamente posible el estándar de calidad y excelencia en la ejecución de los mantenimientos preventivos mayores para la empresa Oleoducto de Crudos Pesados S.A Ecuador, en la búsqueda de la máxima disponibilidad de los equipos intervenidos al menor costo posible.

Por las razones expuestas la auditora interna propuesta es una función que permitirá evaluar de forma continua si las decisiones asumidas por la alta dirección del mantenimiento de la empresa Oleoducto de Crudos Pesados, cumplen con justificar los objetivos de eficacia y eficiencia asumidos en los mantenimientos preventivos mayores por el personal interno de la empresa, generando información válida para mejorar los controles ya existentes o sugerir la creación de nuevos, para promover la eficacia de los procedimientos luego de evaluarlos.

### **1.3 .Objetivos de la investigación**

El presente trabajo de investigación se orienta a alcanzar los siguientes objetivos:

#### **1.3.1 .Objetivo general**

Auditar el mantenimiento preventivo mayor los equipos Wartsila Vasa 32 y 6R 32, ejecutado por el personal de la empresa Oleoducto de Crudos Pesados.

#### **1.3.2 *Objetivos específicos***

1. Evaluar el mantenimiento preventivo mayor de los equipos Wartsila Vasa 32 y 6R32, que se ejecutó durante el año 2015, por la empresa Oleoducto de Crudos Pesados.
2. Determinar parámetros de eficacia y eficiencia del trabajo realizado, por el Grupo de Mantenimiento Mayor de la Empresa Oleoducto de Crudos Pesados.

3. Analizar los datos obtenidos en la ejecución del mantenimiento preventivo mayor de los equipos Wartsila en el año 2015 y compararlos con los datos históricos de la ejecución en años anteriores realizados por personal externo.
4. Identificar los factores que afecten al cumplimiento de la programación del mantenimiento preventivo mayor planificados para el año 2015.
5. Proponer a la auditoría como una metodología de evaluación estandarizada para ser aplicada a otras áreas del mantenimiento de la empresa.

#### **1.4 .Hipótesis**

La auditoría del mantenimiento preventivo mayor de los motores Wartsila Vasa 32 y 6R32 ejecutada por el personal técnico de la empresa Oleoducto de Crudos Pesados, cumple con los parámetros requeridos para garantizar una operación confiable, establece una reducción de gastos, identifica una mejora en la gestión del mantenimiento y es sostenible en el tiempo.

##### *Variable dependiente*

Confiabilidad de los equipos Wartsila intervenidos en el año 2015 por el personal de la Empresa Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador.

##### *Variables independientes*

- Reducción de costo del mantenimiento preventivo mayor.
- Mejora en la gestión del mantenimiento preventivo mayor.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO DE REFERENCIA

#### 2.1 *Mantenimiento*

De acuerdo al Diccionario de la Real Academia Española (DRAE, 2014) el mantenimiento es el: “*Conjunto de operaciones y cuidados necesarios para que instalaciones, edificios, industrias, etc., puedan seguir funcionando adecuadamente*”.

El Comité Europeo de Normalización “CEN” define al mantenimiento en su norma EN 13306 (2010) como: “*Combinación de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento, destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida*”.

Aunque estas definiciones son similares, la norma EN 13306 (2010), es más explícita; ya que, especifica que las actividades dentro del mantenimiento se realizan durante el *ciclo de vida*; y sobre todo, establece que el funcionamiento adecuado se efectúa siempre y cuando se cumpla con la *función requerida*.

Otro aspecto fundamental es establecer a quien va dirigido el mantenimiento y para eso, se puede utilizar las normas más recientes relacionadas con el tema, que son la ISO 55000 (2014) y la EN 16646 (2014) quienes implícitamente indican que el mantenimiento está dirigido hacia los activos.

#### 2.1.2 *Activo físico*

Un activo físico es un ítem que tiene valor real o potencial para una organización. Los activos físicos por lo general se refieren a equipos, inventario y propiedades de la organización (ISO 55000, 2014).

La gestión de activos físicos se enfoca en la generación de valor y concretamente es “*la gestión del ciclo de vida óptima de activos físicos hecha para lograr los objetivos del negocio establecidos, sosteniblemente*” (EN 16646, 2014).

La Gestión de activos físicos no se enfoca en el activo en sí mismo, sino en el valor que el activo puede proporcionar a la organización.

El valor de una organización específica depende del contexto organizacional. La naturaleza y propósito de la organización, en el medio ambiente interno y externo en el cual opera, tiene una fuerte influencia en el tipo y en la gestión del activo que requiere.

### **2.1.3 Ciclo de vida**

La vida de un elemento se define como el período desde su concepción hasta su eliminación (EN 13306, 2010). Un elemento puede ser un activo de varias organizaciones durante su vida útil. La vida del activo físico se define como el período desde su concepción o adquisición hasta su eliminación o adquisición por la otra organización responsable (EN 16646, 2014).

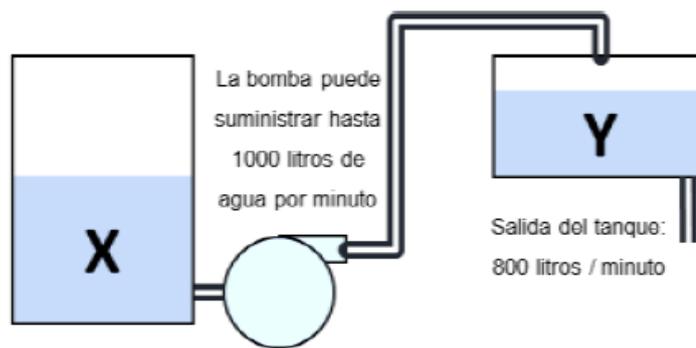
Las etapas pueden variar entre los activos o elementos, sus aplicaciones y las organizaciones; sin embargo, la gestión del ciclo de vida de los activos físicos debe cubrir las siguientes etapas:

- Adquisición de los activos físicos adecuado, en el caso de que existan en el mercado; o en su defecto, construirlos en condiciones económicas aceptables.
- Operación de los activos con el fin de crear valor para las organizaciones.
- Mantenimiento de los activos con el fin de optimizar la creación de valor para las organizaciones.
- Modernización (actualización) de los activos para obtener el mayor valor durante su ciclo de vida.
- Desmantelamiento y/o eliminación de los activos al llegar al final de su vida útil.

### 2.1.4 Función requerida

Es la función o combinación de funciones de un elemento que se consideran necesarias para proporcionar un servicio explícito o tácito (EN 13306, 2010).

Las funciones pueden ser descritas mediante un enunciado que contenga un verbo, un objeto, y un estándar de desempeño (SAE JA 1012, 2002).



**Función:** Bombear agua del tanque X al tanque Y, a no menos de 800 litros por minuto

**Figura 1-2.** Descripción de la función de una bomba.

*Fuente:* SAE JA 1012, 2002

Cualquier sistema organizado expuesto al mundo real se deteriorará. Una vez que el desempeño de un activo cae por debajo del valor mínimo aceptable para el usuario, el activo ha fallado (falla funcional). Recíprocamente, si el desempeño del activo se mantiene por encima de este valor mínimo, continúa funcionando a un nivel que es satisfactorio para el usuario.

Si fuese posible disponer de un activo de modo que pudiese entregar el desempeño mínimo sin ningún deterioro, entonces él mismo podría estar disponible para trabajar continuamente, sin necesidad de mantenimiento; sin embargo, el deterioro es inevitable, por lo tanto debe estar permitido.

Esto significa que cuando algún activo entra en servicio, debe estar *disponible* para entregar el estándar de desempeño mínimo deseado por el usuario.

### **2.1.5 *Falla funcional***

La falla funcional es la pérdida de alguna de las funciones específicas de un activo, de tal manera que es incapaz de hacer lo que el usuario desea que haga (SAE JA 1012, 2010). En este punto es importante que se establezca adecuadamente el nivel en que se considera que el activo ha perdido su función.

Actualmente, la mayoría de los programas de mantenimiento utilizados alrededor del mundo son recopilados por personal de mantenimiento trabajando por sí mismos. Estas personas usualmente tienen una visión de la fallas que con frecuencia difiere a la de los usuarios (Moubray, 2004, p. 54).

Por ejemplo, el personal de mantenimiento, podría considerar como falla a la fuga de aceite de alguna máquina, mientras que los usuarios no lo considerarían así mientras el activo pueda continuar operando.

Por eso es necesario que los niveles de desempeño utilizados en la definición de falla, deban ser establecidos por los operadores y el personal de mantenimiento trabajando en forma conjunta con todas aquellas personas que puedan aportar razones legítimas sobre como el bien debe funcionar.

## **2.2 *Breve reseña histórica del Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador***

El Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador, es una empresa privada que opera en nuestro país, fue construida por capitales externos a partir del año 2001, e inicio sus operaciones en septiembre del año 2003, fue diseñado para transportar crudo pesado desde la amazonia Ecuatoriana hasta el terminal marítimo en las costas de Esmeraldas con una capacidad sostenida de 450.000 bbl /día.

El 99% de su tubería está enterrada en una extensión de 485 km y atraviesa varias provincias. Para cruzar la cordillera oriental, ha sido necesaria la implementación de una estación de recepción y bombeo de crudo, tres estaciones de bombeo instaladas de acuerdo al requerimiento hidráulico para vencer la altura de la cordillera, dos estaciones de reducción de presión, instaladas aguas abajo luego de sobrepasar los picos más altos, una estación de bloqueo automático, un terminal marítimo de almacenamiento y dos boyas de despacho para la entrega del petróleo en alta mar.

El oleoducto está diseñado para transportar crudo pesado de 18 ° hasta 24 ° API.

La primera estación de bombeo inicia en Amazonas PS-1 (KP 0 + 000) a 303 m.s.n.m en el cantón Nueva Loja provincia de Sucumbíos.

La estación de bombeo Amazonas (PS-1) consta de 5 bombas de refuerzo de 5175 BPH (Barriles por hora), a 188 psi de presión diferencial, motor diésel de 856 HP de potencia, con 5 bombas principales, cada bomba principal de 5160 BPH, motores de crudo-diésel de 5731 HP. [1]

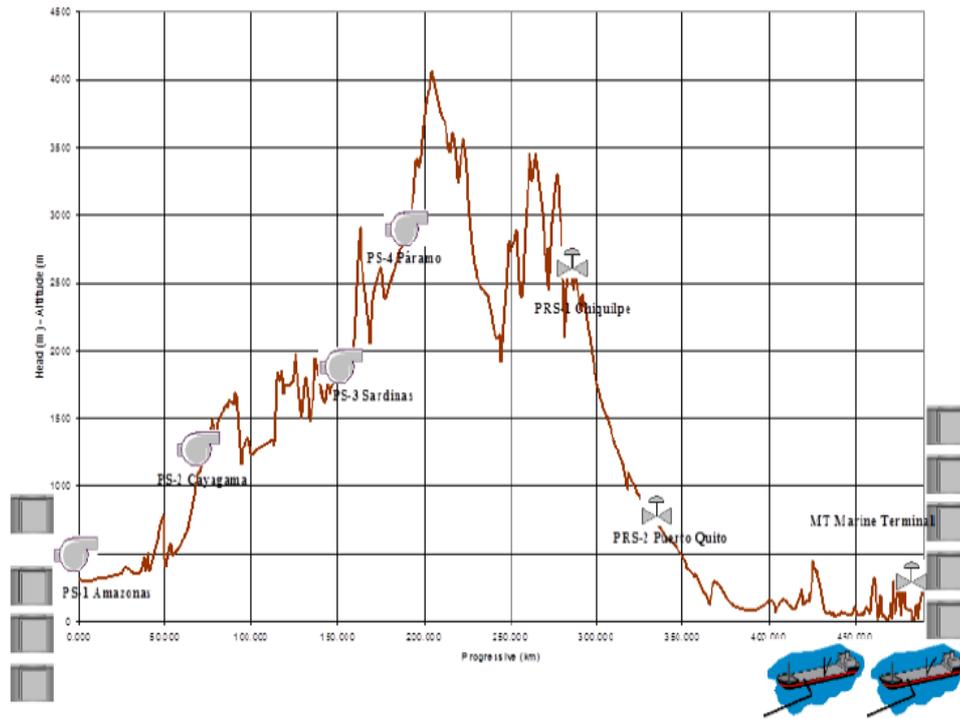
La estación de bombeo de Cayagama (PS-2) se encuentra en el punto KP 67+435, a 1028 m s. n. m. en la parroquia Simón Bolívar provincia de Sucumbíos.

Consta de 5 bombas principales con una capacidad de 5128 BPH, motores de crudo-diésel de 5579 HP de potencia. El crudo es impulsado hacia la estación de bombeo de Sardinas.

La estación de bombeo Sardinas (PS-3), su ubicación es en el KP 148+280, a 1800 m s. n. m, en la parroquia de Borja provincia del Napo, la estación está conformada por 6 bombas principales con capacidad de transportar 4531 barriles por día, motores de crudo-diésel de 5060 de HP. Desde aquí es impulsada hasta la estación de bombeo de Páramo (PS4).

La estación de bombeo Páramo (PS-4), tiene una ubicación en KP 185+900, a 3900 msnm en la parroquia de Papallacta provincia del Napo, consta de 6 bombas principales con capacidad para transportar 4526 barriles por día, con motores de crudo-diésel de 4629HP.

A continuación, se describe en la figura, el perfil de altura (m.s.n.m) y distancia en (km) del Oleoducto.



**Figura 2-2.** Perfil del oleoducto desde la Amazonía hasta el Terminal Marítimo.

**Fuente:** *Manual de operación de oleoducto*

En este contexto en las estaciones de bombeo de oriente están instalados motores de combustión interna del fabricante finlandés Wartsila modelo Vasa 32 y 6R 32, como parte integral de los sistemas de bombeo y generación autónoma de energía eléctrica para cumplir con las operaciones del oleoducto.

Estos equipos son parte fundamental de la operación del OCP, su mantenimiento preventivo mayor es vital para mantener los sistemas del oleoducto confiables y disponibles. Dichos trabajos de mantenimiento eran ejecutados por el representante de la marca en el país, desde el inicio de las operaciones en el año 2003.

Por los constates cambios que la industria petrolera ha experimentado en los últimos años dentro del País, la empresa Oleoducto de Crudos Pesados ha tomado como una medida de optimización de sus recursos, la adopción de estos mantenimientos, por su alto costo que representa en sus presupuestos anuales, ya que dichas actividades se ejecutan al cumplimiento de las horas de funcionamiento de los equipos.

De esta forma se ha emprendido la creación del grupo de Mantenimiento Preventivo Mayor de los motores Wartsila con técnicos que forman parte de la estructura operativa de la empresa, quienes ejecutan estas tareas bajo una planificación del departamento de operación y mantenimiento.

Cabe indicar que el oleoducto funciona las veinticuatro horas del día y los 365 días del año, con un promedio de bombeo de 160.000 bbl /día, lo que representa 1,6 equipos de bombeo en operación regular, en un promedio anual de operación por equipo de 2500 h /año y en el caso de los generadores 4000 h /año.

Este requerimiento es cumplido con la aplicación del plan de operación del oleoducto, y su objetivo principal es, la no parada de la carga de buques petroleros en alta mar.

### ***2.3 Políticas de Mantenimiento***

#### ***2.3.1 Objetivos***

Como función primaria será mantener en buen estado de funcionamiento los Equipos de las Instalaciones del Oleoducto de Crudos Pesados S.A, a fin de garantizar una operación confiable segura y ambientalmente sustentable basada en los principios de MCC (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad).

Formar equipos multidisciplinarios de trabajo, que estén capacitados para realizar labores de mantenimiento de equipos e instalaciones del Oleoducto, utilizando para ello todos los medios tecnológicos disponibles y una actitud de mejora y aprendizaje continuo.

#### ***2.3.2 Descripción***

OCP S.A. lleva a cabo la planeación de mantenimiento de los equipos, para lo cual utilizara el sistema de administración de activos, inventario y control de órdenes de trabajo que más se adecue a sus necesidades Infor EAM (Enterprise Management Active), así como la aplicación de los procesos y normas descritas en el sistema MCC (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) cuyo objetivo principal es el de garantizar la disponibilidad de los equipos para una operación eficiente.

Realizando un proceso estructurado de evaluación de equipos es posible definir los tipos de Mantenimiento que debe ejecutarse con el objeto de prevenir consecuencias de “*FALLAS FUNCIONALES*”, los cuales se describen a continuación.

### **2.3.3 *Mantenimiento Detectivo***

Tareas que tienen la finalidad de identificar condiciones funcionales anormales. Será establecido por la evaluación Técnica en cada instalación por el Supervisor, y técnicos encargados de la operación y mantenimiento, basados en los manuales del fabricante de los equipos, las condiciones operativas, ambientales y funcionales de los mismos.

### **2.3.4 *Mantenimiento Predictivo***

Conjunto de acciones y tareas que tienen como finalidad de obtener información de fallas, que permitan tomar acción antes de la pérdida de función del equipo en un sistema.

- Análisis de Vibraciones con Equipo SKF y DLI para análisis rodamientos y cojinetes de equipos rotativos.
- Análisis con Equipo Windrok para análisis termodinámico equipos de Combustión Interna, mide parámetros operativos y espectros de combustión.
- Equipo de cámara Termografía infrarroja para detección de zonas calientes, utilizado en equipos eléctricos y líneas de tuberías y Tanques.
- Sistema de Diagnostico por ultrasonido.
- Sistema de Inspección Boroscopica.
- Análisis de Lubricantes

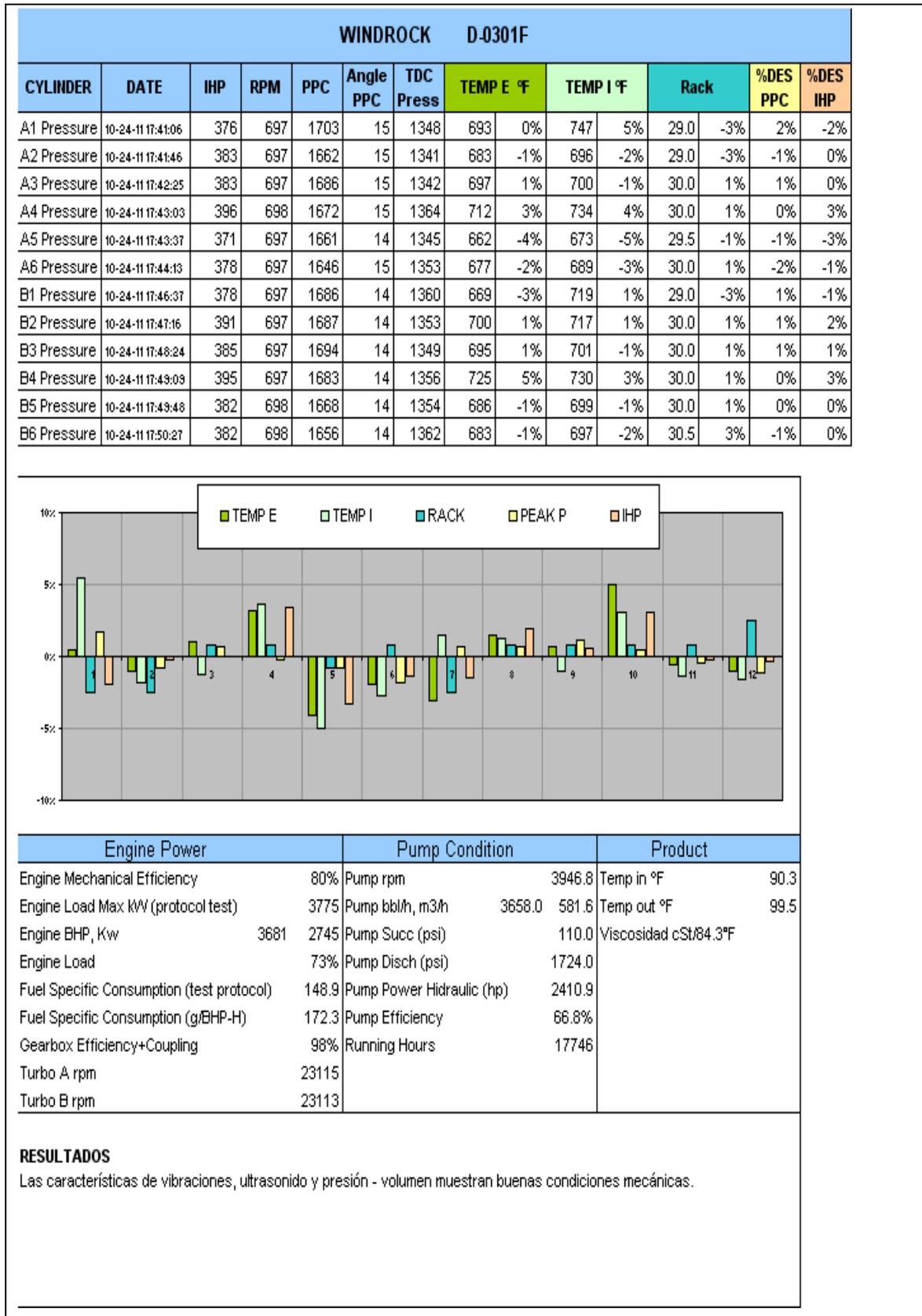
A continuación el detalle de los reportes generados por el análisis predictivo del sub proceso de monitoreo:

**Tabla 1-2.** Informe Análisis predictivo

<b>Estación:</b>	PS3	<b>Fecha:</b>	24 Octubre 2011
<b>Unidad:</b>	D-0301F	<b>Reportado por:</b>	Ángel Hurtado
<b>Horas:</b>	17746	<b>Datos Colectados</b>	Vinicio Arteaga
		<b>Inspección:</b>	Monitoreo 2000H

<b>Motor Wartsila</b>	
Windrock	Las características de vibraciones, ultrasonido y presión - volumen muestran buenas condiciones mecánicas
Vibraciones	Espectros y sistema de monitoreo BN muestran buenas condiciones mecánicas
Turbocargadores	Parámetros, velocidades y temperaturas durante operación normal y lavado de turbos muestran buenas condiciones mecánicas
Aceite	Elementos en ppm indican buenas condiciones en aceite y motor
Termografía	Inspección en líneas de lubricación de cabezotes muestran flujo de aceite sin restricciones
<b>Incrementador Lufkin</b>	
Vibraciones	El sistema de monitoreo BN indica moderado incremento de amplitud de vibración en el eje de baja velocidad lado acople. Se continua vigilando su condición
<b>Bomba Sulzer</b>	
Vibraciones	Espectros y sistema de monitoreo BN muestran buenas condiciones mecánicas
Sellos Mecánicos	Liqueo por ambos sellos mecánicos muy por debajo del nivel permisible
Eficiencia	66.8 % @ 3658 bhp y 378 cSt
<b>Separadora de Aceite</b>	
Vibraciones	Espectros muestran buenas condiciones mecánicas
<b>Otros</b>	

*Fuente: Registros mantenimientos equipos OCP*



**Figura 3-2.** Análisis Windrock

*Fuente:* Registros mantenimientos equipos OCP

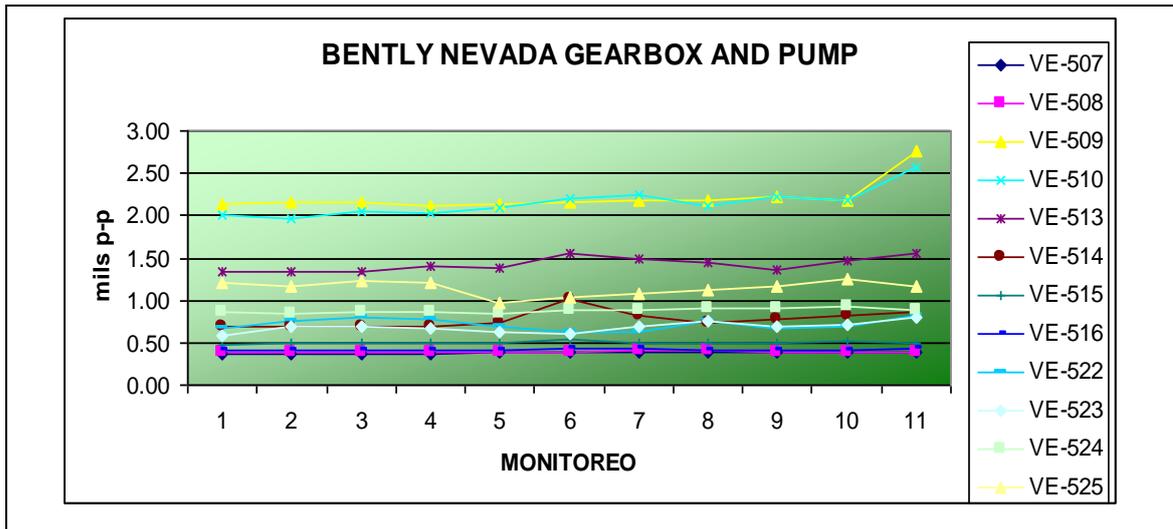


Figura 4-2. Inspección vibraciones incrementador de velocidad

Fuente: Registros mantenimientos equipos OCP

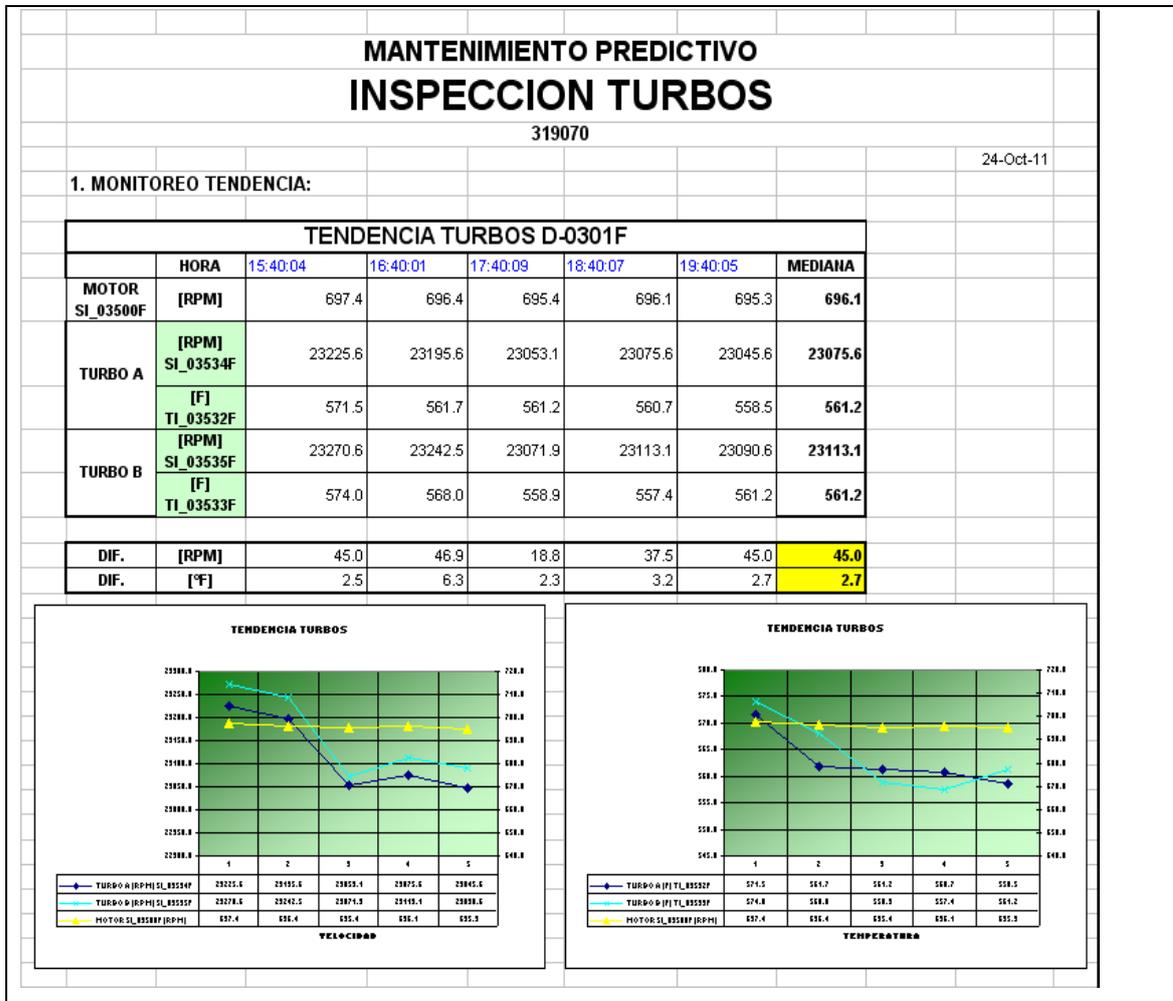


Figura 5-2. Inspección turbocompresores

Fuente: Registros mantenimientos equipos OCP

TERMOGRAFIA LINEAS DE LUBRICACION DE CABEZOTES

EQUIPO: D-0301F -- OT 2000hs (18000 hs)

Angel Hurtado

ESTACION SARDINAS

Vinicio Arteaga

AREA: SISTEMA DE BOMBAS PRINCIPALES

FECHA: 24 DE OCTUBRE 2011

Cilindro A1

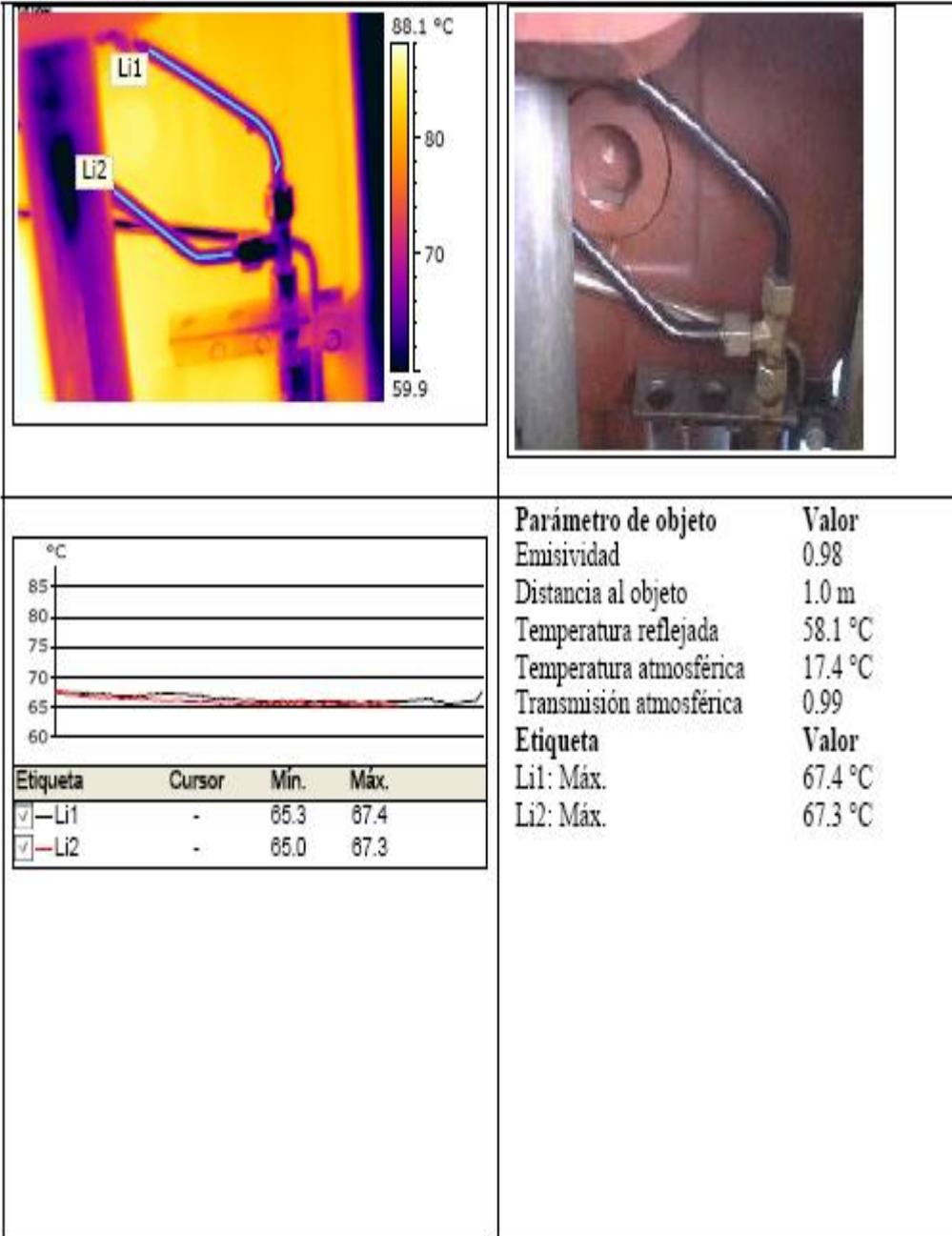
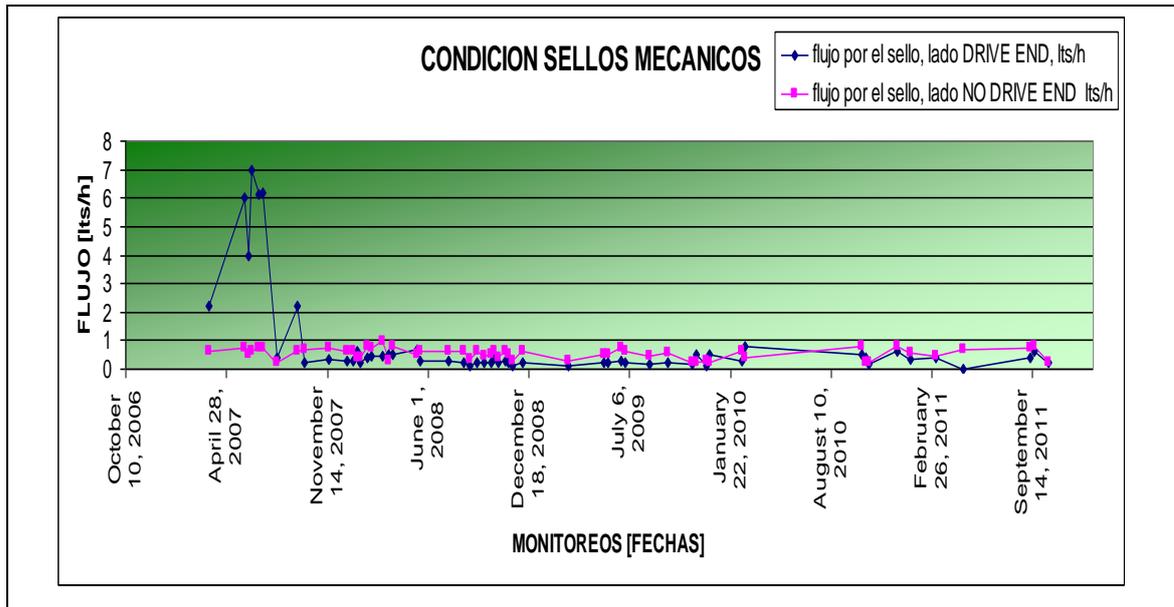


Figura 6-2. Análisis termográfico

Fuente: Registros mantenimientos equipos OCP



**Figura 7-2.** Análisis vibraciones sellos mecánicos

*Fuente:* Registros mantenimientos equipos OCP

Será establecido por el sistema de Gestión de Mantenimiento utiliza una orden de trabajo, considerará tiempo de operación de los equipos, disponibilidad de repuestos, tiempos de ejecución de las actividades, para lo cual utiliza los procesos descritos en MCC, como son:

- Modos de falla de los equipos, de acuerdo a norma MCC SAE JA 1011.
- Tareas basadas en fallas potenciales, por condición.
- Política de Stock Mínimos de activos.

### 2.3.5 Mantenimiento Preventivo

Se define como el conjunto de acciones de manera planificada y programada que se aplican a los equipos con el objetivo de prever y corregir fallas funcionales garantizando la calidad del servicio. Será establecido por la planificación de mantenimiento, por número de horas de funcionamiento de los equipos, basado en manuales de los fabricantes y análisis del mantenimiento predictivo, se generara una orden de trabajo, considerándose las necesidades de la Compañía y las condiciones presupuestarias, para lo cual se utilizara los procesos descritos en MCC, como son:

- Política de seguridad de repuestos
- Stock mínimo

### **2.3.6 *Mantenimiento Correctivo***

Es el mantenimiento ejecutado después del reconocimiento de una falla, el cual busca hacer que el activo o sistema quede luego de la intervención en condiciones óptimas de operación en forma confiable y eficiente, dicha intervención será establecida por la gerencia de mantenimiento buscando las condiciones más idóneas de conveniencia al OCP.

El cumplimiento adecuado de los mantenimientos descritos garantizara la operatividad eficiente de los equipos.

### **2.3.7 *Responsabilidad del proceso de fiabilidad (operaciones & mantenimiento)***

- Garantizar que los equipos operan y son mantenidos de acuerdo con las necesidades de la operación de manera confiable y segura.
- Verificar que los materiales y repuestos utilizados en su mantenimiento cumplen con las especificaciones de calidad, durabilidad exigidas, por los fabricantes de los equipos.
- Probar, inspeccionar, monitorear y evaluar la eficiencia de los equipos involucrados en la operación, para detectar y corregir deficiencias o condiciones sub-estándares.
- Mediante mejoramiento continuo optimizar la calidad, planeación y coordinación de las actividades de mantenimiento, con el fin de mantener bajos costos.
- Mantener los índices de confiabilidad, disponibilidad y rendimiento de los equipos de la operación dentro de las metas y objetivos operacionales de OCP.
- Desarrollar los proyectos de construcción de las áreas, mecánica, electricidad e instrumentación, con el fin de optimizar los procesos operativos y la seguridad de las instalaciones y sus equipos.
- Identificar, programar y suministrar el entrenamiento necesario al personal técnico de los departamentos involucrados en actividades de mantenimiento preventivo y correctivo, para que adquieran y mantengan actualizados los conocimientos y habilidades requeridos por OCP.
- Para conservar la integridad de los equipos asegurando altos niveles de calificación e idoneidad en la ejecución de sus labores.

## 2.4 Descripción de los motores Wartsila Vasa 32 y 6R 32

Los motores de combustión están identificados de acuerdo a su instalación a la cual se pertenecen como parte integral del sistema de bombeo o de generación.

En la tabla 1 se describe su asignación y número de identificación o TAG, las estaciones de bombeo oriente están identificadas como sigue: Amazonas (PS1), Cayagama (PS2), Sardinas (PS3), Páramo (PS4). [1]

**Tabla 2-2.** Descripción de ubicación de los motores Wartsila

Estación	Tag del motor
Amazonas	D-0101A Bombeo Principal
Amazonas	D-0101B Bombeo Principal
Amazonas	D-0101C Bombeo Principal
Amazonas	D-0101D Bombeo Principal
Amazonas	D-0101E Bombeo Principal
Amazonas	D-0101 Generador Eléctrico
Amazonas	D-0102 Generador Eléctrico
Cayagama	D-0201A Bombeo Principal
Cayagama	D-0201B Bombeo Principal
Cayagama	D-0201C Bombeo Principal
Cayagama	D-0201D Bombeo Principal
Cayagama	D-0201E Bombeo Principal
Sardinas	D-0301B Bombeo Principal
Sardinas	D-0302 Generador Eléctrico
Sardinas	D-0301 Generador Eléctrico
Páramo	D-0401A Bombeo Principal

Realizado por: Guevara J, 2016

Identificados los equipos que forman parte de nuestro estudio, se establece la relación entre las actividades de mantenimiento que se ejecuta a los equipos Wartsila y la importancia de auditar esta actividad, de manera que se pueda obtener información que encamine al mejoramiento de los procedimientos tanto en la gestión administrativa del mantenimiento, la dotación de recursos para su ejecución y la calidad técnica de la intervención verificado con los resultados del funcionamiento de los equipos.

Los mantenimientos preventivos se ejecutan basados en los manuales del fabricante, en estos se describe la frecuencia de remplazo de los componentes de desgaste internos del motor, al cumplimiento de un cierto número de horas de funcionamiento, de igual manera se describe las actividades que deben ejecutarse para el montaje y desmontaje de los componentes y las herramientas y materiales que deben ser utilizados adecuadamente.

Adicional a esto en los manuales describe con claridad los procedimientos de registro de las mediciones a ejecutarse para determinar los niveles de desgaste permitidos por el fabricante.

#### **2.4.1 Breve reseña histórica de los motores Wartsila**

Wartsila es uno de los máximos exponentes del poderío industrial de Finlandia. Por espacio de aproximadamente de medio siglo, entre 1935 y 1989, compaginó la construcción naval y la propulsión marina y, en la actualidad, es líder no sólo en motores, sino también sus accesorios y hélices, compitiendo a nivel mundial en un mercado que durante mucho tiempo estuvo muy polarizado por empresas hegemónicas de la industria motriz.

Wartsila ingresa al Ecuador en el año de 1995, instalando varios motores de media potencia en instalaciones de plantas de generación en la industria papelera y cementera del país, Tecno papel, Bob del Ecuador y Cementos Rocafuerte en Quito y Guayaquil.

Para el año 2000 incursiona en el sector petrolero con la introducción de sus equipos en el proyecto del Oleoducto de Crudos Pesados en construcción, en esos años por la empresa Techín (Empresa Técnica Internacional), con la dotación de veintiséis motores Vasa 32 y 6R 32 entre plantas de generación y sistemas de bombeo de petróleo.

Hacia los años subsiguientes evoluciona en las empresas petroleras de explotación con la instalación de plantas de generación eléctrica, con un repuntado éxito por su buen desempeño en

el mejoramiento de costos operativos y bajo en emisiones de CO<sub>2</sub> tanto en combustible crudo o gas.

En la actualidad Wartsila mantiene su presencia en el desarrollo industrial de varios Países de Latinoamérica y en el Ecuador continua con la prestación de sus servicios tanto de posventa en repuestos como de operación y mantenimiento de sus equipos.

### **2.5 Grupo natural de trabajo para el mantenimiento preventivo mayor**

Para la ejecución de los mantenimientos mayores de los equipos Wartsila, definidos para el año 2015 en la empresa Oleoducto de Crudos Pesados, se ha definido al personal idóneo para ejecutar esta actividad bajo el siguiente esquema:

- Planificador mantenimientos mayores (1)
- Supervisor de mantenimiento mayor (1)
- Líderes de ejecución (2)
- Técnicos mecánicos polivalentes (7)

Adicional por este periodo se mantiene un acuerdo por servicios con la empresa Wartsila Ecuador para la reparación de los turbo compresores, actuadores y cabezotes, la adecuación del taller con sus respectivos equipos y herramientas estará disponible y operativo a partir de enero del 2016 en la estación de bombeo Sardinas provincia del Napo.

### **2.6 Determinación de Equipos Wartsila a ser intervenidos en el año 2015**

La definición de los equipos a ser intervenidos se realiza en cumplimiento de las horas de funcionamiento, estimadas en el plan de operación y la revisión presupuestaria disponible y previamente aprobada por el proceso de Fiabilidad que a continuación se describen en la siguiente tabla los equipos planificados su ejecución en el año 2015.

**Tabla 3-2.** Equipos Wartsila intervenidos en el 2015 como mantenimientos mayores

<b>Estación</b>	<b>Tag del Motor</b>
Amazonas	D-0101A Bombeo Principal (32000H)
Amazonas	D-0101B Bombeo Principal (TURBOS+4000)
Amazonas	D-0101D Bombeo Principal (36000H)
Cayagama	D-0201A Bombeo Principal (32000H)

Cayagama	D-0201C Bombeo Principal (28000H)
Cayagama	D-0201D Bombeo Principal (TURBOS+4000)
Sardinas	D-0301B Bombeo Principal (TURBOS+4000)
Sardinas	D-0301C Bombeo Principal (36000H)
Sardinas	D-0301D Bombeo Principal (24000H)
Sardinas	D-0301E Bombeo Principal (TURBOS+4000)
Sardinas	D-0301F Bombeo Principal (TURBOS+4000)
Sardinas	D-0301 Generación Eléctrica (52000H)
Páramo	D-0401C Bombeo Principal (24000H)
Páramo	D-0401D Bombeo Principal (32000H)

Fuente: Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador

### 2.6.1 El proceso del mantenimiento preventivo mayor en los motores Wartsila

El plan de mantenimiento mayor de los equipos Wartsila está definido hasta el año 2014 de acuerdo al manual del fabricante y su frecuencia de intervención se describe en la tabla adjunta:

**Tabla 4-2.** Frecuencia de intervención para mantenimiento

Frecuencia de mantenimiento en horas	Tarea	Descripción de la tarea
<b><u>12000</u></b>	Turbo compresora, y componentes móviles internos	Reparación de turbos, cabezotes, inspección pistones cojinetes árbol de levas y cigüeñal.
<b><u>16000</u></b>	Sistema de Inyección	Reparación, Bombas inyección, inyectores, cojinetes árbol de levas

Fuente: Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador

Las intervenciones ejecutadas por el grupo de mantenimiento mayor en el año 2015 se establecen por las frecuencias en modo condicional, utilizando como referencia la información del manual del fabricante, por el contexto operacional del oleoducto, y la definición para su ejecución de acuerdo al plan de mantenimiento, como se describe en la tabla anterior (tabla4-2). Para las intervenciones de mantenimiento preventivo mayor del año 2015 se decidió, considerar las recomendaciones del fabricante con respecto a la carga del motor y el combustible empleado como se describe a continuación:

- HF2 Combustible crudo bunker residuo de refinación.
- HF1 Combustible crudo tratado por separación de agua y sólidos.
- DO Combustible refinado diésel.
- GN Gas Natural.

**Tabla 5-2.** Frecuencias de intervención para mantenimientos mayores de acuerdo a la carga y tipo de combustible

Combustible	Intervalo de revisión	
	Carga media > 75 %	Carga media < 75 %
HFO 2	12 000	16 000
HFO 1	16 000	20 000
DO	20 000	24 000
GN	20 000	24 000

*Fuente: Manual de Servicio Wartsila Vasa 32 y 6R32.*

La selección para la intervención del mantenimiento preventivo mayor de los equipos Wartsila está definida de acuerdo al cumplimiento de las horas de funcionamiento en las frecuencias descritas en la (Tabla 4-2), las horas de funcionamiento de las unidades se proyectan de acuerdo al plan de operación y la capacidad de bombeo del oleoducto.

Al momento el oleoducto opera a una capacidad de 160 000 bbl / día, con dos bombas en operación regular, cabe mencionar que por estrategia de mantenimiento se alternan las unidades periódicamente, fin de que funcionen todas en un año al menos 2000 horas.

Los equipos Wartsila que corresponden al siguiente estudio operan en varios rangos de carga, de acuerdo a la altura donde se encuentra cada instalación del oleoducto como se describe en la (figura 2.2), tomada esta referencia se ejecuta los análisis correspondientes fin de alargar las frecuencias de intervención.

En las estaciones de Amazonas y Cayagama operan a una carga menor al 75% y en las estaciones de Sardinias y Páramo a una carga mayor del 75%, en todas las estaciones se utiliza un combustible tratado que está descrito como HFO1.

Bajo esta consideración se decide alargar la frecuencia de intervención de 12 000H a 16000H en las estaciones de Amazonas, Cayagama y Sardinias, mantener la frecuencia de 12000H en la

estación Páramo, porque aún no se obtienen datos de desgaste que determinan que los componentes reemplazables del motor, estén en riesgo de fatiga de material.

## **2.7 Auditoría**

La auditoría para el mantenimiento es un término relativamente nuevo dentro de la gestión del mantenimiento, si bien es cierto que el mantenimiento nació como una necesidad de mantener la funcionalidad de los activos, bajo ciertas condiciones operativas, la evaluación de la efectividad de los procesos empleados para mantener las funciones de los equipos es lo que pretende establecer una auditoría, fin de mejorar en el tiempo estos procedimientos.

La evaluación periódica, será entonces una técnica empleada en la auditoría, para medir la efectividad de la función del mantenimiento, se presenta a continuación el proceso que se aplicó en la investigación, para establecer una medición cuantitativa y cualitativa con el propósito de medir los resultados y calificar la eficacia y eficiencia de las intervenciones.

### **2.7.1 *Proceso de auditoría aplicada para la evaluación del mantenimiento preventivos mayores de los equipos Wartsila en el año 2015***

En los siguientes acápite se detallan las áreas de evaluación establecidas como determinantes en la ejecución de los mantenimientos de los equipos Wartsila, el formato empleado toma como base, la ponderación detallada en la (tabla 7-2) está se trasladó a una hoja de cálculo Excel para su mejor manejo así como todas las mediciones de las áreas, con esta herramienta informática fue posible crear una matriz de ponderación numérica, y a la evaluación de cada uno de los mantenimientos ejecutados de manera ordenada, al cumplimiento de cada mantenimiento planificado y ejecutado en el transcurso del año 2015, se incluyó también en la matriz la evaluación, los costos de y recursos empleados con este propósito.

Estos datos están asignados en las OT creadas para cada mantenimiento, por el sistema informático Infor EAM, que gestiona el mantenimiento de los equipos, de acuerdo al cumplimiento de las horas y la planificación estratégica definida previamente por la organización para cada mantenimiento preventivo mayor por cada equipo a ser intervenido.

### ***2.7.2 Formato y parámetros de evaluación de auditoría para el mantenimiento preventivo mayor***

Para el análisis de los parámetros a ser evaluados se consideró la forma cualitativa, como la herramienta adecuada para calificar el cumplimiento del mantenimiento mayor propuesto.

A continuación, se detallan la parametrización de evaluación:

La efectividad de la gestión del mantenimiento sólo puede ser evaluada y medida por el análisis exhaustivo de una amplia variedad de factores que, en su conjunto, constituyen la aportación del mantenimiento a la calidad de los servicios prestados.

La técnica para el diagnóstico de la gestión del mantenimiento que aquí se desarrolla, está diseñada para evaluar el grado de calidad con que el servicio de mantenimiento está empleando las mejores técnicas y medios de control actualmente disponibles para alcanzar sus objetivos.

Este método de diagnóstico asume que el correcto empleo de estas técnicas y controles está, lógicamente, en correspondencia directa con la bondad de los resultados que se obtengan.

El diagnóstico consiste en un detallado y cuidadoso análisis y calificación de cada una de las funciones características de la gestión del mantenimiento, agrupadas según las áreas básicas que constituyen su campo de actividad.

A continuación, las puntuaciones se ponderan y totalizan para obtener la valoración de cada área y el total de la gestión del mantenimiento.

El método indica, con expresión numérica, las áreas que requieren mayor atención, identifica los puntos débiles, apunta las acciones correctivas y ayuda consecuentemente al responsable de mantenimiento a establecer sus objetivos.

Los diagnósticos sucesivos posibilitan el seguimiento y medición de su plan de mejoras.

Para este estudio se han considerado las siguientes áreas a ser evaluadas en la ejecución del mantenimiento preventivo mayor, por su importancia en el desarrollo de esta actividad.

- Organización, personal y relaciones
- Preparación y planificación del trabajo
- Ingeniería, inspección y mantenimiento preventivo
- Compras y almacenes de materiales
- Contratación
- Presupuestos de mantenimiento, control de costos
- Eficiencia

### 2.7.3 Ponderación de áreas y funciones de actuación

Se ponderan sobre 100 la importancia y repercusión relativa de cada área respecto al total de la gestión del mantenimiento. Se ponderan sobre 100 las funciones dentro de cada área según su importancia y repercusión relativas.

Cada área de gestión se ha subdividido en las funciones de actuación correspondientes, cuyo contenido es detallado en el formato presentado a continuación:

La tabla que se describe a continuación se la traslado a una hoja de cálculo Excel para su valoración y procesamiento de datos como se describe en el (anexo C)

**Tabla 6-2.** Auditoría cualitativa para el mantenimiento mayor

<b>DIAGNÓSTICO DE LA GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO</b>		PAG:..1..DE..7..										FECHA:.....					
% Ponderación AREAS A	AREAS/FUNCIONALES	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACION AREA/FUNCION (10 Perfecto)										% Calific. AREA D= $\frac{B \times C}{10}$	% Calific. MTO. F= $\frac{A \times D}{100}$			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
20	1.Organización, Personal, Relaciones	100														24.2	4.84
	1.1.Adecuación y Balance del Organigrama	22			2											4.4	
	1.2.Directrices de Mantenimiento	10	0													0	
	1.3.Formación y Cualificación del Personal	25														15	
	1.4.Planes de Formación	10	0													0	
	1.5.Motivación del Personal	18		1												1.8	
	1.6.Comunicación	15			2											3	

Fuente: Sexto, F. (Modulo auditoria para evaluar la gestión del mantenimiento en la empresa, 2014, p-2)

### ***Calificación***

La calificación de cada función o área, representa la evaluación del grado de implantación, desarrollo, cumplimiento y efectividad de cada área o función.

Para la calificación se puntúa, de acuerdo con la escala más usual, entre cero (muy malo inexistente) y diez (perfecto)

### ***Tratamiento de datos***

A continuación, se operan los datos de las columnas A, B y C en las columnas D y E de la (Tabla 7-2), según se indica en los respectivos encabezamientos de cada columna.

### ***Análisis de resultados***

Con las valoraciones obtenidas para cada área en la columna D y el total final de la columna E se tiene una medición en expresiones numéricas de la gestión del mantenimiento.

Estas calificaciones constituyen su "Análisis Funcional" y pueden servir tanto para identificar áreas y funciones de mejora, como para comparar resultados con sucesivos diagnósticos.

Se ha considerado que una calificación global mínima en la ejecución del mantenimiento mayor para conseguir unos resultados aceptables para el "grupo de mantenimiento mayor" es de 70 sobre 100.

### ***Organización de personal***

En esta área califica todos aquellos aspectos relacionados con el organigrama, su distribución y organización funcional, el personal y su formación y motivación, así como el nivel y eficacia y eficiencia de las relaciones dentro del departamento y con otras áreas de la organización.

En este caso específico la ponderación que se realiza para el personal que conforma el grupo de mantenimiento de OCP, se lo hará de forma general, ya que la organización aún no formaliza el nuevo organigrama con el grupo en funciones

En el caso de las relaciones con otras áreas funcionales de la empresa se considerará, la calificación que emita el supervisor de cada instalación donde el grupo de mantenimiento se encuentre en funciones al momento de la evaluación.

### ***Adecuación y balance del organigrama***

En este apartado se valora la estructura funcional y jerárquica del grupo de mantenimiento, la dimensión de su alcance, la distribución por turnos, especialidades y áreas de trabajo.

### ***Directrices de mantenimiento***

Se califica en este apartado las normativas de actuación, instrucciones disponibles y filosofía de actuación existente en el grupo de mantenimiento mayor en la persona del supervisor de mantenimiento.

### ***Formación y cualificación del personal***

Se incluye todos los aspectos relacionados con la actual formación de técnicos y especialistas, conocimientos generales y específicos de los motores a combustión, formación de base, experiencia, etc.

### ***Planes de formación***

Se valora en este apartado la existencia o no existencia de planes de formación, así como su adecuación a las necesidades del departamento de mantenimiento preventivo mayor.

### ***Motivación del personal***

En este apartado se califica, la motivación existente, a todos los niveles jerárquicos, y podrá desarrollarse metodologías alternas como entrevistas encuestas o reuniones de trabajo.

### ***Comunicación***

Está incluida en este apartado la comunicación dentro del departamento de mantenimiento, entre los distintos niveles de actuación, la comunicación con otros procesos y eminentemente con los usuarios o responsables de cada instalación del oleoducto, donde al momento de la evaluación este en funciones el grupo de mantenimiento, se valora no sólo las buenas relaciones sino también el grado idóneo de dicha comunicación.

### ***Preparación y planificación del trabajo***

La cantidad de trabajos que han de realizarse, requiere un tratamiento organizado desde el momento en que se detecta la necesidad, hasta su finalización en condiciones adecuadas, y la revisión de registros de planificación y su cumplimiento.

### ***Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)***

Se califica la organización que siguen las órdenes de trabajo, su procedimiento de autorización que necesitan, los textos, etc. así como la organización administrativa para su control y registró.

### ***Coordinación de especialidades***

Es frecuente en el tipo de trabajos que se realizan, la necesaria intervención de personal de distintas especialidades y cuya coordinación para conseguir un buen resultado es lo que califica en este apartado.

### ***Establecimiento de programas***

Todos los aspectos relacionados con la planificación de trabajos, uso de herramientas informáticas son los que se valora, carga de trabajo por especialidad y por sector, preparación de programas especiales, etc.

### ***Definición de materiales***

Todo trabajo necesita, en mayor o menor grado, materiales para su ejecución, la previsión de los mismos en cantidad y calidad se tendrá en cuenta al calificar esta actividad, su cumplimiento y tiempos de entrega, definición de stock en bodegas y gestión de la cadena de abastecimientos.

### ***Estimación de tiempos***

La calificación del tiempo empleado en las tareas definidas para los mantenimientos preventivos mayores.

### ***Estimación de fechas de finalización***

Se calificara el cumplimiento de la estimación de los tiempos definidos para la culminación de las actividades del mantenimiento preventivo mayor.

### ***Recepción de trabajos terminados***

La calificación en este apartado para la existencia o no existencia de un método ordenado, de recepción de las tareas asignadas a los técnicos así como de su eficacia.

### ***Evaluación de necesidades externas***

En general para poder evaluar las necesidades de contratistas, es necesario disponer de la carga de trabajo y la planificación de los mismos recursos propios disponibles, idoneidad, urgencia del trabajo, etc., y es a partir de estos datos cuando podemos establecer las necesidades de recursos externos que lógicamente se utilizan para realizar aquellos trabajos que no puedan serlo por medios propios. Los métodos y procedimientos utilizados para establecer esta evaluación son calificados en este apartado.

### ***Ingeniería, inspección, mantenimiento preventivo mayor***

Esta área cubre los aspectos más técnicos que habitualmente deben existir en un departamento de mantenimiento para poder desarrollar sus objetivos principales, revisión de procedimientos, manuales, formatos, registros, históricos, técnicas y herramientas de análisis de fallas funcionales u otras metodologías empleadas con el propósito de recabar información de la operación y funcionalidad de los activos auditados.

### ***Diseño y montaje instalaciones existentes***

Se califica únicamente los edificios, instalaciones, equipo y maquinaria actualmente existente, analizando desde el punto de vista de las necesidades para la ejecución del mantenimiento preventivo mayor, calidad, instalaciones, mantenibilidad, fiabilidad, etc.

### ***Documentación técnicos disponibles***

Se analiza aquí la cantidad y calidad de la documentación técnica disponible: planos generales y de detalle, normas e instrucciones de los fabricantes, listas de recambios de cada máquina o instalación, etc.

### ***Historial de equipos***

Se valora la existencia o no de datos historiales de cada equipo donde, además de indicar las características del mismo, se disponga de las principales modificaciones que se le han realizado, averías, así como los costes anuales de mantenimiento.

### ***Investigación y análisis de averías***

Se considera también si existe por parte del departamento de mantenimiento preventivo mayor el criterio de que a través del análisis organizado de los modos de falla más frecuentes puedan obtenerse mejoras.

### ***Gamas de mantenimiento preventivo***

Se incluye en la calificación de este apartado todos los aspectos relacionados con el mantenimiento preventivo y la inspección, instrucciones técnicas, programas existentes, etc.

### ***Análisis de métodos de trabajo***

La ejecución de los trabajos de mantenimiento mayor puede realizarse de forma totalmente rutinaria o bien partiendo de su análisis y dando instrucciones detalladas a los operarios, herramientas a utilizar, etc.

### ***Dotación de medios de mantenimiento e inspección***

Se califica la realización de los trabajos y la utilización de mejores prácticas y herramientas disponibles, para medir la calidad y duración de los mismos sea la correcta.

### ***Compras y almacenes para mantenimiento***

Se califica los aspectos relacionados con la gestión de la cadena de abastecimientos, dotación de materiales, y repuestos requeridos para la ejecución de los mantenimientos a ser evaluados.

### ***Sistemática de la gestión de compras***

Se valora los aspectos tales como: selección de proveedores, especificaciones de los pedidos, circuitos administrativos, negociación de precios y en general todos los aspectos relacionados con la organización de compras.

### ***Recepción de materiales***

Se califica el sistema de control establecido para aceptar los materiales que son comprados, calidad y cantidad de los mismos en correspondencia con el pedido y fiabilidad de la recepción.

### ***Locales. Disposición física de los materiales. Localización***

Se califican los aspectos físicos de los almacenes de mantenimiento, su idoneidad y distribución, limpieza y orden.

### ***Codificación estandarización de recambios***

Se analiza la situación en que estos conceptos se hallan actualmente vigentes, las políticas definidas por la organización, la organización de las bodegas y su metodología de codificar materiales y repuestos.

### ***Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento***

Se califica el cumplimiento de la política de la organización en la administración de los almacenes y el servicio prestado a los distintos equipos de mantenimiento: rotura de stocks, materiales en buen estado, reserva de materiales, etc.

### ***Contratación***

Se incluye los aspectos de la contratación de trabajos de mantenimiento, no incluye la contratación temporal de personal que se considera como práctica habitual de mantenimiento. Si en un momento dado es necesario incrementar el personal de mantenimiento, lo será para realizar trabajos de determinadas especialidades.

¿Se considera más rentable y operativo buscar a las empresas adecuadas que realicen estos trabajos?

### ***Política de contratación de trabajos***

Se valora el cumplimiento de la política de contratación de la organización.

### ***Especificación técnica de los trabajos a contratar***

Se califica como se realizan actualmente estas especificaciones, el alcance y calidad de los servicios contratados.

### ***Selección de contratistas***

La valoración de la profesionalidad del personal externo a ser contratado como servicios complementarios o especializados, el conocimiento del alcance de los acuerdos o contratos previamente definidos.

La seriedad y compromiso de la empresa y otras muchas características definidas para el desarrollo de las actividades contratadas, el cumplimiento de los requerimientos de seguridad y ambiente exigidos por la política organizacional de OCP Ecuador.

### ***Supervisión de contratistas***

Se evalúa el control de contratistas: sus horas de presencia, la calidad de los trabajos, su duración, cumplimiento de plazos y normas de seguridad y ambiente, son los aspectos que se califican.

### ***Presupuestos de mantenimiento y control de costos***

Se califica dentro de esta área todos los aspectos económicos que afectan a la gestión de mantenimiento, los sistemas existentes, así como los métodos y procedimientos de control utilizados, se analizan en función de su y eficacia.

### ***Preparación de presupuesto anual de mantenimiento***

El Presupuesto anual es el máximo objetivo económico que este departamento puede tener. Su existencia o no, su desglose, el método utilizado para su establecimiento, la participación de todos los estamentos y personas implicadas, etc., son aspectos que se califica.

### ***Definición de tipos de mantenimiento tratamiento contable***

Se califica el detalle contable al que llega este presupuesto. La separación de los costos de mano de obra, materiales y contrataciones, el desglose en tipo de mantenimiento: correctivo, preventivo, condicional, etc., los centros de gastos codificados claramente para mantenimiento.

### ***Documentos de gestión económica***

La utilización de documentos standard, su periodicidad, así como hasta qué nivel de información se envía a los distintos responsables, son los conceptos que son valorados.

### ***Informatización del control de costes***

Su utilización como herramienta para conseguir un orden del proceso de control de costes en mantenimiento, la fiabilidad de los datos, es de considerar para decidir la aplicación de medios informáticos. La existencia o no de estos medios es calificada en este acápite.

### ***Seguimiento y control de costes***

Independientemente del esquema económico que el mantenimiento pueda tener y que se ha calificado en los acápites anteriores, se valora los sistemas y procedimientos que se utilizan para seguir y controlar los costes disponibles, así como confiabilidad y eficacia de las metodologías o medios empleados con este propósito.

### ***Existencia y evolución de índices económicos***

Se dispone de índices cronológicos, que puedan ser comparados en el tiempo, así como con otras instituciones de parecidas características, Se califica su existencia o no, así como su eficacia.

### ***Eficiencia***

Los resultados en la ejecución del mantenimiento preventivo mayor se desglosan en distintas áreas de su actividad. Se califica aquí, si realmente se siguen criterios para medir estos resultados, así como el nivel de los mismos.

### ***Duración de los trabajos de mantenimiento***

Se califica la duración promedio de los trabajos, metodologías empleadas para la medición de rendimiento, mantenibilidad y tiempos de reparación.

- Cumplimiento de los plazos
- Calidad de los trabajos realizados
- Costo de los trabajos realizados
- Estado de las Instalaciones

### ***Calidad de servicio***

Se califica la política de mantenimiento aplicada, índices medidos, análisis de los modos de falla identificados, planes de acción luego de la identificación de las fallas funcionales, gestión y organización de los mantenimientos mayores.

### ***Recomendaciones para la aplicación de la matriz de auditoría***

Como se describe en la metodología, la valoración establecida luego de la auditoría debe ser ordenada y codificada para una mejor comprensión de los resultados y conclusiones establecidas.

Será de su importancia la aplicación de esta metodología, previo a un análisis básico de criticidad y riesgo de los activos o procesos a ser auditados, esto permitirá, focalizar la investigación fin de no emplear tiempo y recursos incensarios en actividades que no generan valor a la organización.

Terminada la valoración se deberá generar un reporte ordenado y codificado por área de análisis, el cual contendrá los hallazgos evidenciados como conformidades y no conformidades, las cuales deberán ser socializadas con los usuarios de los activos o procesos auditados, fin de obtener un plan de acción básico y un plan de ruta para la superación de las no conformidades evidenciadas.

## CAPÍTULO III

### 3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1 Confiabilidad y Disponibilidad

##### 3.1.1 Confiabilidad

Para el análisis de los procesos de mantenimiento de la industria en general, científicamente se considera a la confiabilidad, mantenibilidad y disponibilidad, como unidades de medida de los mismos, por esta razón en el presente estudio se pretende evaluar estas variables.

El punto más importante a resaltar es el término “Confiabilidad”. Probabilidad de que un equipo, maquinaria o sistema cumpla con la función requerida ante condiciones específicas durante un periodo de tiempo. (Joel Nachlas, 1995, p- 3)

Se debe considerar que la confiabilidad es de notación probalística y expresada por la función  $R(t) = 1 - F(t)$  “Probabilidad de que un equipo no falle en un tiempo (t)”.

$F(t)$  = Probabilidad de una falla acumulada en un tiempo (t).

También llamada *fiabilidad* es el complemento probalístico de la probabilidad de fallas, probabilidad de que un dispositivo ejecute la función para la que fue seleccionado cuando así se lo requiera, si el mismo está operando dentro de los límites de diseño (Yáñez M Gómez Vega & Medina, C 2007, p- 19).

En el caso de que la tasa instantánea de fallos sea constante (independiente del tiempo) se obtiene la expresión general:

$$R(t) = e^{-\lambda * t} \tag{1}$$

Dónde:

$R(t)$  = La confiabilidad de sistema o equipo en función del tiempo

e = Número exponencial

$\lambda$  = Tasa frecuencia de fallos

t = tiempo de proyección esperado

La confiabilidad de un sistema se define como la capacidad de dicho sistema para ejecutar la función, que de él se espera bajo un conjunto de condiciones específicas y bajo un periodo de tiempo predefinido. Es necesario mencionar que bajo este concepto, un componente o parte de los elementos del sistema puede estar no operativo, pero si el mismo sigue ejecutando sus funciones dentro de las premisas establecidas, el sistema como tal no se encuentra en falla, y por ende sigue satisfaciendo el concepto de confiabilidad.

### 3.1.2 Disponibilidad

La disponibilidad es la probabilidad de un sistema de estar en condiciones de funcionamiento en un tiempo (t). El sistema no debe haber tenido fallos o bien en caso de haberlos sufrido, debe haber sido reparado en un tiempo menor que el máximo permitido para su mantenimiento (Creuss & Francisco, 2009, p-6) y se expresa con la siguiente ecuación.

$$\begin{aligned} \text{Disponibilidad: } D(t) &= \frac{\mu(t)}{\mu(t)+\lambda} \\ \text{Disponibilidad: } D(t) &= \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \end{aligned} \tag{2}$$

Dónde:

**MTTR:** (Mean Time to Repair) Tiempo total bajo el que se puede esperarse que se reparen un porcentaje fijo de fallos (Creuss & Francisco, 2009,p-8). Su inverso será la tasa de reparación por unidad de tiempo ( $\mu$ ) se define mediante la ecuación.

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \tag{3}$$

( $\mu$ ) = Tasa de Reparación (reparaciones/hora)

**MTBF :**( Mean Time Between Failures) Tiempo medio entre fallos, se refiere al tiempo promedio de falla y subsiguiente reparación del componente. Corresponde al inverso de la tasa de fallas. Se define mediante la ecuación, y se representa con el siguiente gráfico.

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \quad (4)$$

### 3.1.3 Tasa de Falla

Se define como el número de fallas por unidad de tiempo, normalmente se expresa por unidades de falla por millón ( $10^6$ ) de horas. Este parámetro viene dado por la expresión.

$$\lambda = \frac{f(t)}{C(t)} \quad (5)$$

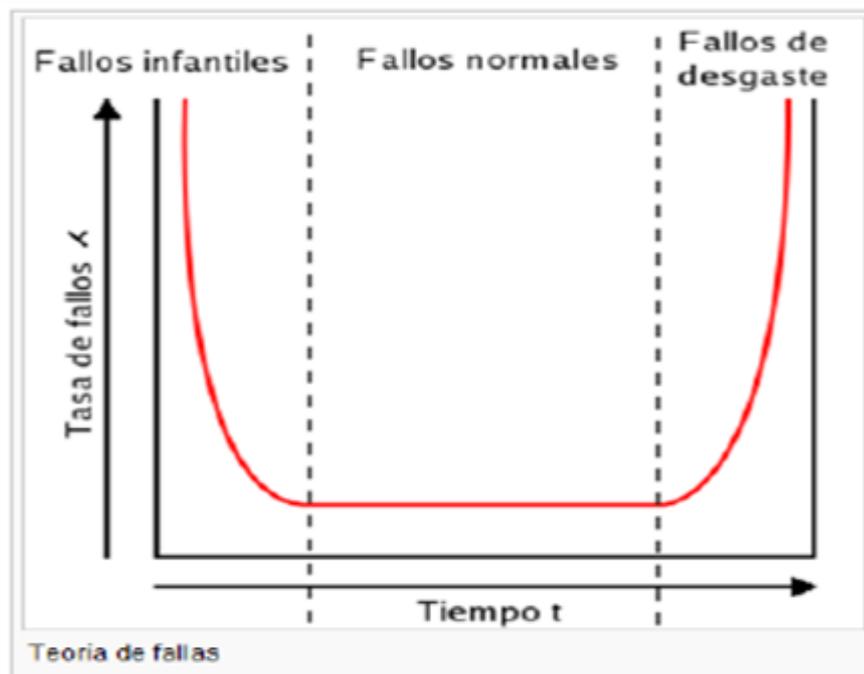
Dónde:

$f(t)$  = Función de densidad de probabilidad de falla

$C(t)$  = 1 Confiabilidad en función del tiempo

$\lambda$  = Tasa de fallas

La curva de la bañera representa de manera general como varia la tasa de fallas, con respecto al tiempo, con tres etapas definidas: fallos iniciales o infantiles, fallos en operación normal y fallos por desgaste o envejecimiento.



**Figura 1-3.** Representación gráfica de fallos en el tiempo

*Fuente:* (Yáñez M Gómez Vega & Medina, C 2007, p- 22).

### 3.1.4 Aplicación a los Mantenimientos Preventivos Mayores

Para el análisis de la confiabilidad y la disponibilidad de los equipos intervenidos por mantenimientos mayores definidos para el año 2015, se utilizaron los datos de falla registrados, desde el año 2010 calculándose un antes y un después de la intervención.

Los datos de falla se calcularon con la utilización de las ecuaciones (1) para el cálculo de la confiabilidad, la ecuación (5) para encontrar la tasa de falla, las ecuaciones (3) y (4) para calcular el tiempo de reparación (MTTR) y el tiempo medio entre fallas (MTTF).

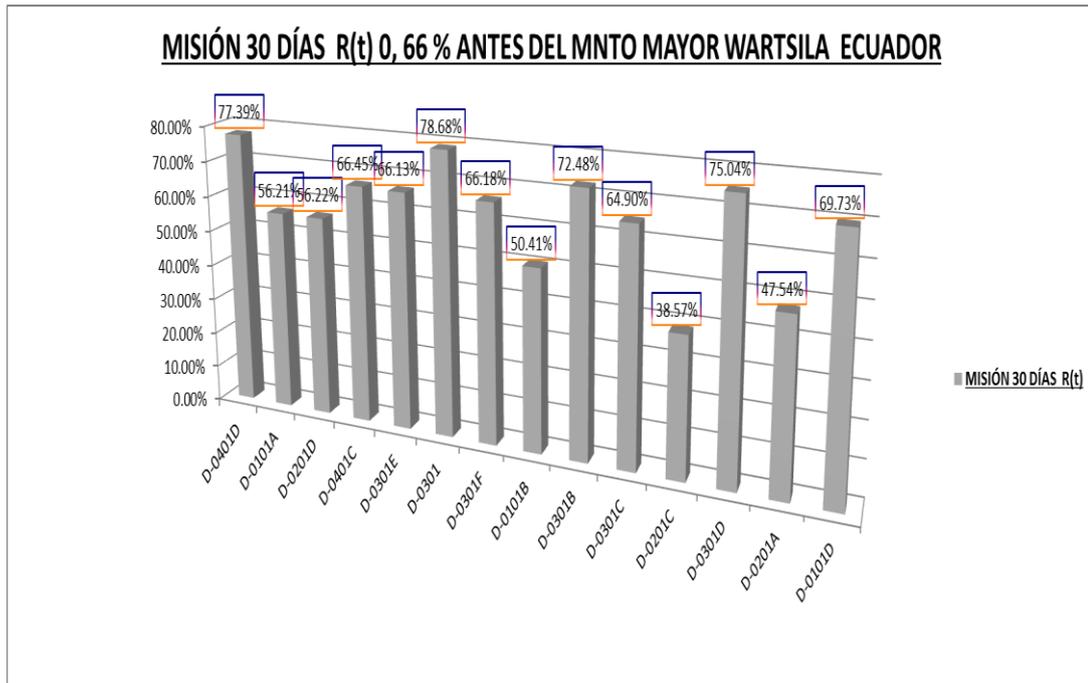
Con estos datos se utiliza la ecuación (2) para calcular la disponibilidad para el periodo definido en 30 días, en el caso de la probabilidad de ocurrencia está definida por la tasa de falla calculada y el número de fallos antes de la intervención.

El número de días fuera de los equipos corresponden a la cantidad de tiempo que estuvieron indisponibles por las fallas presentadas, considérese además que antes de las intervenciones del año 2015, estas eran ejecutadas por la empresa Wartsila.

**Tabla 1 - 3.** Análisis de fiabilidad, cálculos de confiabilidad, disponibilidad, antes de la intervención misión 30 días

Item	Mantenimientos Mayores descripción de la frecuencia y tarea	Tag equipo	Mes de intervención	Días off	Número de fallas antes de la intervención	Días disponibles	MTBF	MTTR	TASA FALLA $\lambda$	Probabilidad de ocurrencia (1/10)%	Tasa de reparación $\mu$	R (t)	F (t)	D
1	32 000 H Carcasas Turbos	D-0401D	Enero	35	15	1756	117.07	0.03	0.0085	0.001	35.00	77.39%	22.61%	1.000
2	32 000 H Carcasas Turbos	D-0101A	Febrero	29	29	1510	52.07	0.03	0.0192	0.002	29.00	56.21%	43.79%	0.999
3	Turbos 4000	D-0201D	Marzo	32	32	1667	52.09	0.03	0.0192	0.002	32.00	56.22%	43.78%	0.999
4	24 000 H Turbos Completo	D-0401C	Abril	23	23	1688	73.39	0.04	0.0136	0.001	23.00	66.45%	33.55%	0.999
5	Turbos 4 000 H	D-0301E	Junio	24	24	1741	72.54	0.04	0.0138	0.001	24.00	66.13%	33.87%	0.999
6	sistema de inyección y cojinetes del árbol de levas	D-0301	Junio	8	8	1001	125.13	0.13	0.0080	0.001	8.00	78.68%	21.32%	0.999
7	Turbos 4 000 H	D-0301F	Julio	24	24	1744	72.67	0.04	0.0138	0.001	24.00	66.18%	33.82%	0.999
8	Turbos 4 000 H	D-0101B	Julio	40	40	1752	43.80	0.03	0.0228	0.002	40.00	50.41%	49.59%	0.999
9	32 000 H Carcasas Turbos	D-0301B	Agosto	19	19	1771	93.21	0.05	0.0107	0.001	19.00	72.48%	27.52%	0.999
10	Turbos 4000 H	D-0301C	Septiembre	26	26	1804	69.38	0.04	0.0144	0.001	26.00	64.90%	35.10%	0.999
11	28 000 H	D-0201C	Octubre	55	55	1732	31.49	0.02	0.0318	0.003	55.00	38.57%	61.43%	0.999
12	24 000 H Contaminación aceite	D-0301D	Agosto	17	17	1776	104.47	0.06	0.0096	0.001	17.00	75.04%	24.96%	0.999
13	32 000 H	D-0201A	Noviembre	46	46	1856	40.35	0.02	0.0248	0.002	46.00	47.54%	52.46%	0.999
14	36 000 H	D-0101D	Diciembre	24	24	1997	83.21	0.04	0.0120	0.001	24.00	69.73%	30.27%	0.999
	<b>TOTAL</b>			<b>402</b>	<b>382</b>		<b>72.90</b>	<b>0.04</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>29.08</b>	<b>0.66</b>	<b>0.34</b>	<b>1.00</b>

Realizado por: Guevara J, 2016



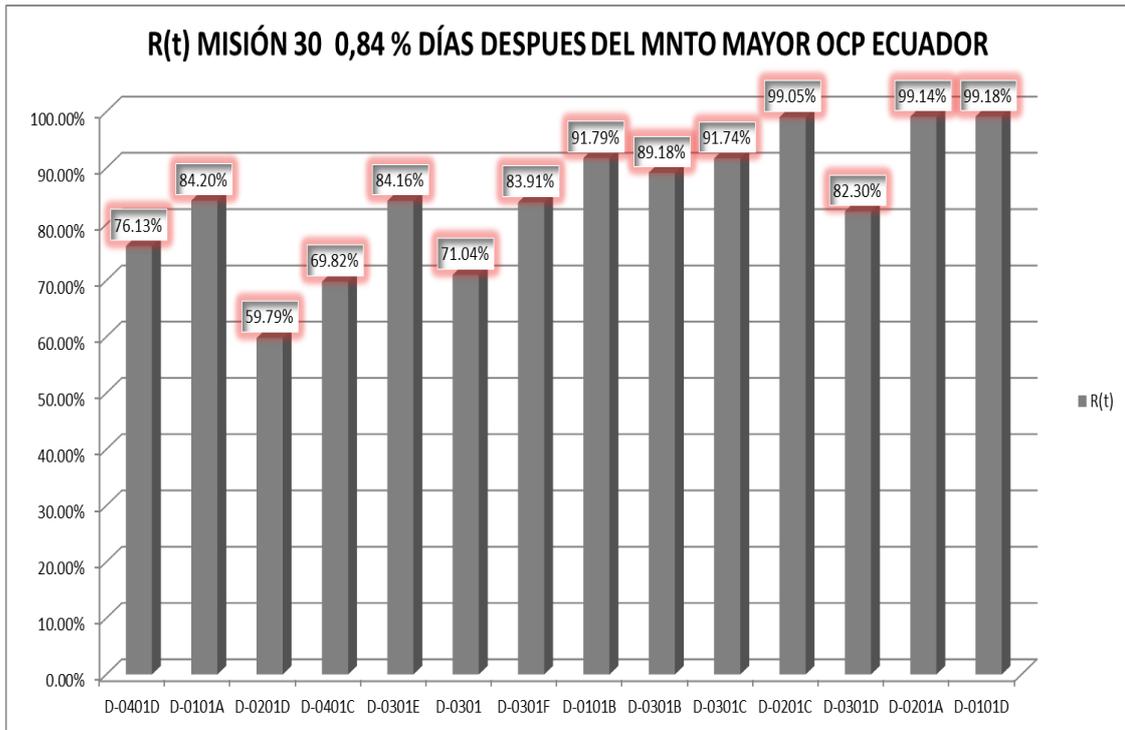
**Figura 2-3.** Tendencia del cálculo de confiabilidad antes de la intervención misión 30 días.

Realizado Por: Guevara J, 2016

**Tabla 2-3.** Análisis de fiabilidad, cálculos de confiabilidad, disponibilidad, después de la intervención misión 30 días.

Item	Mantenimientos Mayores descripción de la frecuencia y tarea	Tag equipo	Mes de intervención	Días off	Número de fallas luego de la intervención	Días disponibles	MTBF	MTTR	Tasa de falla $\lambda$	Probabilidad de ocurrencia (1/10) <sup>4</sup>	Tasa de reparación $\mu$	R (t)	F (t)	D
1	32 000 H Carcasas Turbos	D-0401D	Enero	35	3	330	110.00	0.03	0.0091	0.001	35.00	76.13%	23.87%	1.000
2	32 000 H Carcasas Turbos	D-0101A	Febrero	16	2	349	174.50	0.06	0.0057	0.001	16.00	84.20%	15.80%	1.000
3	Turbos 4000	D-0201D	Marzo	15	6	350	58.33	0.07	0.0171	0.002	15.00	59.79%	40.21%	0.999
4	24 000 H Turbos Completo	D-0401C	Abril	31	4	334	83.50	0.03	0.0120	0.001	31.00	69.82%	30.18%	1.000
5	Turbos 4 000 H	D-0301E	Junio	17	2	348	174.00	0.06	0.0057	0.001	17.00	84.16%	15.84%	1.000
6	sistema de inyección y cojinetes del árbol de levas	D-0301	Junio	14	4	351	87.75	0.07	0.0114	0.001	14.00	71.04%	28.96%	0.999
7	Turbos 4 000 H	D-0301F	Julio	23	2	342	171.00	0.04	0.0058	0.001	23.00	83.91%	16.09%	1.000
8	Turbos 4 000 H	D-0101B	Julio	15	1	350	350.00	0.07	0.0029	0.000	15.00	91.79%	8.21%	1.000
9	32 000 H Carcasas Turbos	D-0301B	Agosto	103	1	262	262.00	0.01	0.0038	0.000	103.00	89.18%	10.82%	1.000
10	Turbos 4000 H	D-0301C	Septiembre	17	1	348	348.00	0.06	0.0029	0.000	17.00	91.74%	8.26%	1.000
11	28 000 H	D-0201C	Octubre	50	0.1	315	3150.00	0.02	0.0003	0.000	50.00	99.05%	0.95%	1.000
12	24 000 H Contaminación aceite	D-0301D	Agosto	57	2	308	154.00	0.02	0.0065	0.001	57.00	82.30%	17.70%	1.000
13	32 000 H	D-0201A	Noviembre	17	0.1	348	3480.00	0.06	0.0003	0.000	17.00	99.14%	0.86%	1.000
14	36 000 H	D-0101D	Diciembre	0.1	0.1	364.9	3649.00	10.00	0.0003	0.000	0.10	99.18%	0.82%	0.997
	TOTAL			410.1	28.3		661.78	0.05	0.01	0.00	31.54	0.84	0.16	1.00

Realizado Por: Guevara J, 2016



**Figura 3-3.** Tendencia del cálculo de confiabilidad después de la intervención misión 30 días  
*Realizado Por:* Guevara J, 2016

Como se describe en las tablas y las gráficas después de la intervención se consideró tiempo para la reparación (MTTR) tiempo medio entre fallas (MTTF), con estos datos se calcularon la tasa de falla ( $\mu$ ) y la tasa de reparación ( $\lambda$ ), con estos resultados se aplicó la ecuación (1) exponencial para el cálculo de la confiabilidad en una misión de 30 días, así como la disponibilidad ecuación (2).

Considérese que la confiabilidad es la probabilidad de no fallar en un periodo de tiempo, al obtenerse este dato se puede definirlo como un indicador valido para medir la calidad de una intervención de mantenimiento mayor de manera cuantitativa, al no ser una certeza este dato (R), el tiempo al cual convenga su medición puede ser establecido de acuerdo al contexto operacional de utilización del equipo.

Con el fin de validar los cálculos establecidos se emplea para este propósito el software de Reliasoft Synthesis, tomando los datos de falla de cada uno de los equipos de histórico de fallas planificados para la intervención en el año 2015 calculado en días, se referencia los datos del equipo D-0101A descritos en la tabla a continuación, los cuales corresponden hasta antes de la intervención de mantenimiento mayor, como se demuestra en los gráficos siguientes:

Estos datos son cargados al software para su cálculo, tomado al último dato como suspensión, porque la herramienta lo considera la fecha de corte para el análisis, adjuntado los datos de falla, la herramienta califica la mejor opción para el cálculo de acuerdo a la distribución que más se ajuste al requerimiento.

En este caso fue el Weibull 2P, ingresadas las características de los datos se procede a procesarlos, como se evidencia en las gráficas se obtuvieron resultados muy cercanos a los establecidos en las estimaciones ejecutadas con el uso de la hoja de cálculo Excel.

Cabe anotar que el software es empleado por el subproceso de análisis como herramienta para las estimaciones de falla, para todos los activos instalados en el oleoducto.

Se tabularon (Ver Tabla 3-3) todos los datos de falla de los equipos intervenidos en el año 2015 por Mantenimiento Preventivo Mayor, y se empleó el Software Realiasoft Synthesis para la comprobación de los cálculos de probabilidad de falla antes y después de la intervención.

**Tabla 3-3.** Datos de falla D-0101A antes de la intervención

Descripción	Activo	Fecha de creación	TMF
<b>INICIO</b>		<b>01/10/2010</b>	<b>DÍAS</b>
REVISION DE SEÑAL DE RPM DEL T/C BANCO B	D-0101A	21/01/2011	112
Revisión control y comunicaciones	D-0101A	31/01/2011	10
Cambio controlador	U-0125A	28/02/2011	28
Cambio válvula lavado turbos	D-0101A	01/03/2011	1
Cambio sensor del rigsaver banco A	D-0101A	02/03/2011	1
Revisión elementos internos por pérdida aceite	U-0125A	31/03/2011	29
CAMBIO REGULADORA DE PRESION AIRE CONTROL	D-0101A	12/05/2011	42
REVISION POR PERDIDA DE ACEITE	U-0125A-D01	11/06/2011	30
Revisión del sello hidráulico	U-0125A	08/10/2011	119
Revisión inyector del cilindro A3	D-0101A	11/11/2011	34
Revisión inyectores	D-0101A	03/12/2011	22
Revisión inyector B6	D-0101A	18/12/2011	15
CAMBIO TUBO GASES DE ESCAPE	D-0101A	22/12/2011	4
Revisión sensor velocidad turbo B	D-0101A	29/02/2012	69
SIN SALIDA Cambio breaker etapa 2 calentador HT	D-0101A	24/03/2012	24
PERDIDA EXTERNA FLUIDO UTILIDADES CORREGIR PERDIDA ACEITE	D-0101A	04/04/2012	11
SIN SALIDA: revisión del Bently Nevada	D-0101A	14/06/2012	71
CAMBIO TRANSMISOR DE TEMPERATURA	U-0125A	14/10/2012	122
CHEQUEO DE SISTEMA DE AGUA HT	D-0101A	05/12/2012	52
REVISION VALVULAS DE ESCAPE DEL CILINDRO A4	D-0101A	10/04/2013	126
CAMBIO DE TRANSMISOR DE CONDUCTIVIDAD	U-0125A	15/04/2013	5
REVISION SEÑAL ERRONEA DE VELOCIDAD DEL TURBOCARGADOR LADO A	D-0101A	29/04/2013	14
cambio sensor conductivida	U-0125A	15/04/2014	351
revisión switch lado libre P-0101A	P-0101A	27/04/2014	12
cambio cañería combustible banco A	D-0101A	12/07/2014	76
Inspección bomba inyección B 3	D-0101A	17/07/2014	5
reparación cañería combustible	D-0101A	25/08/2014	39
cabezote fuga de agua	D-0101A	30/09/2014	36
transmisor de posición	D-0101A	19/11/2014	50

Realizado Por: Guevara J, 2016

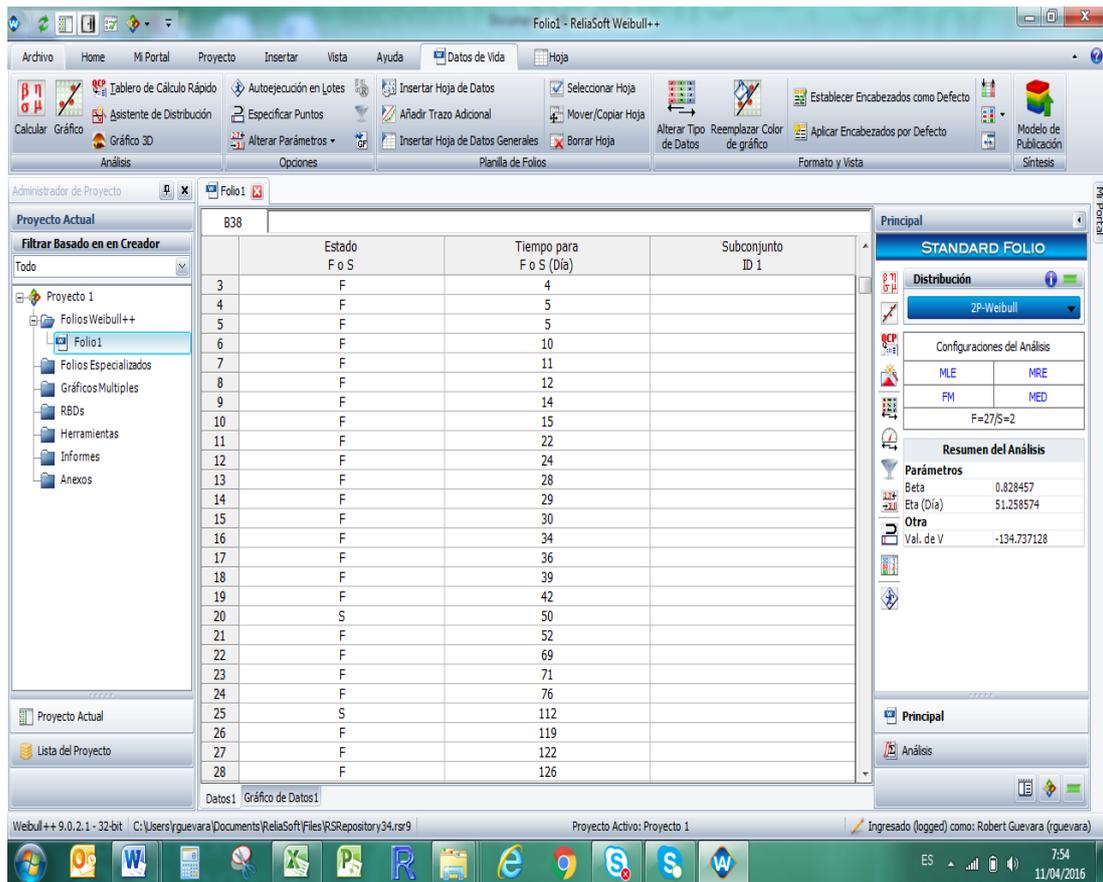


Figura 4-3. Cálculo de confiabilidad D.0101A, Software Realiasoft Synthesis

Realizado Por: Guevara J, 2016

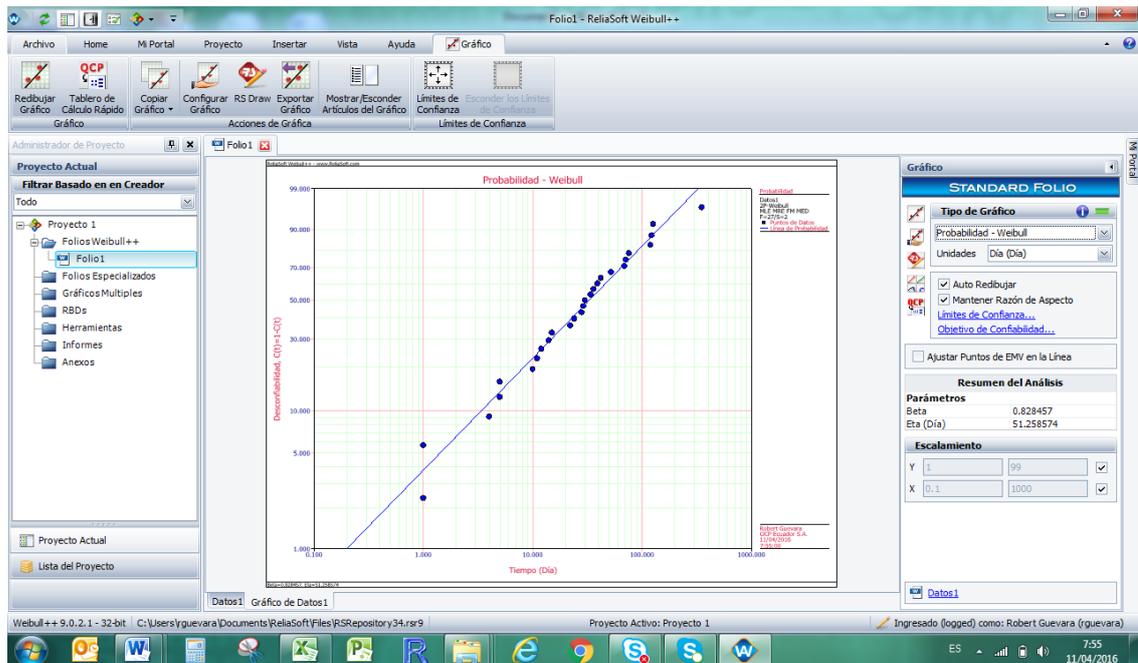
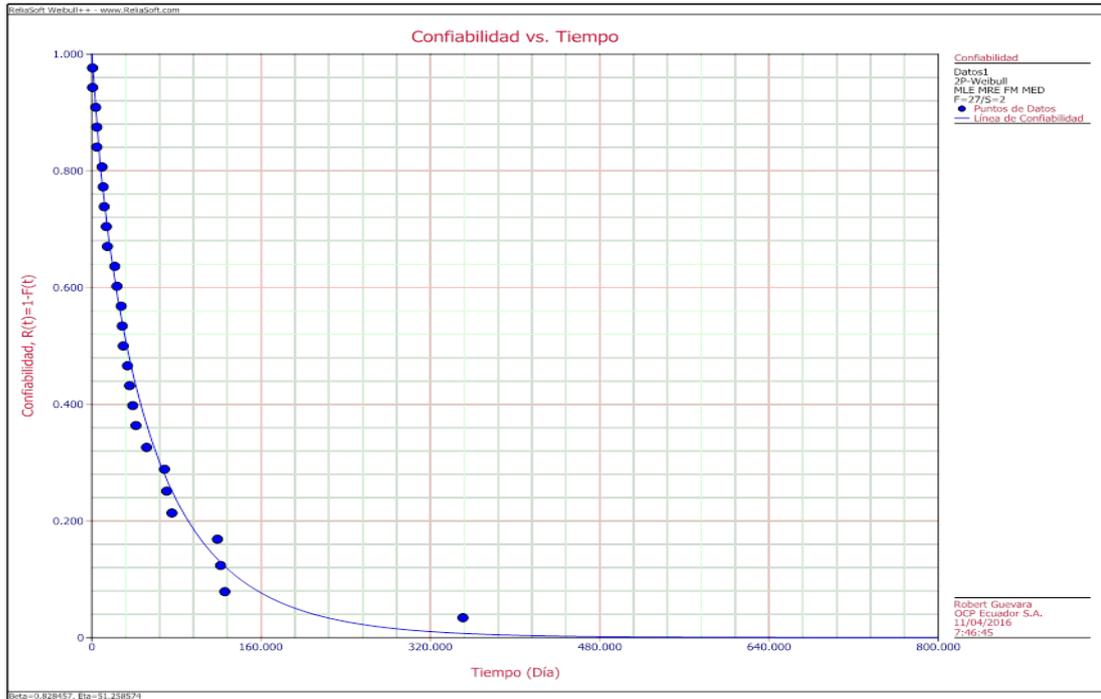


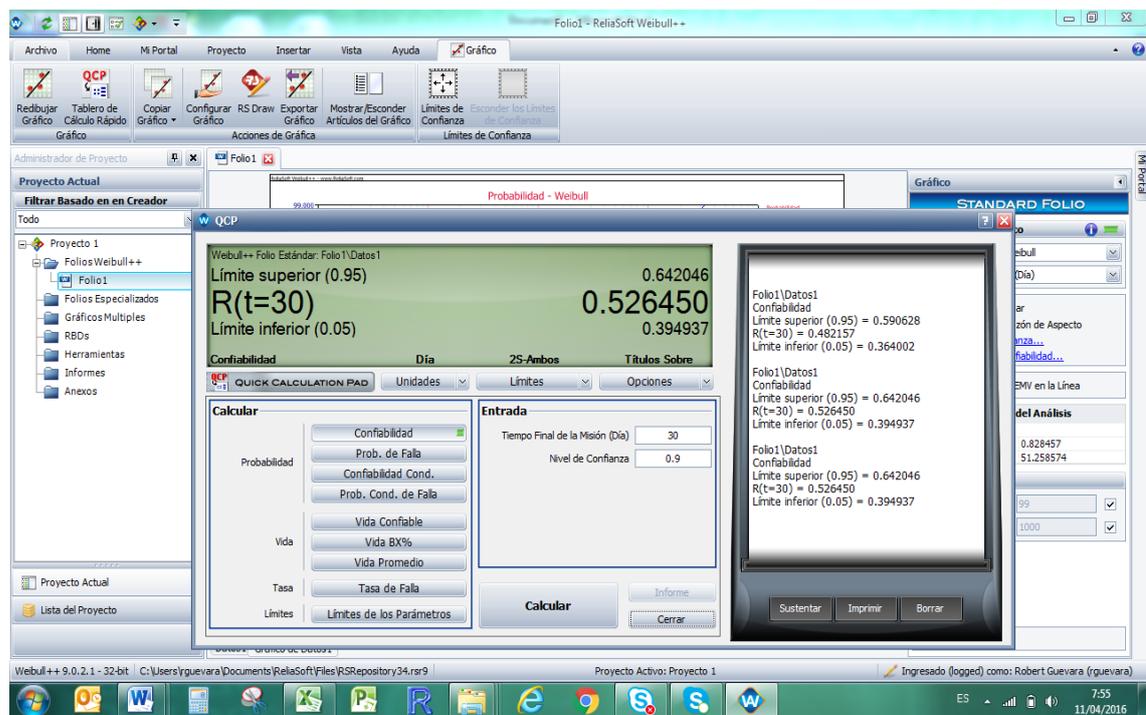
Figura 5-3. Cálculo distribución weibull D.0101A, Software Realiasoft Synthesis

Realizado Por: Guevara J, 2016



**Figura 6-3.** Cálculo confiabilidad vs tiempo D.0101A, Software Realiasoft Synthesis

Realizado Por: Guevara J, 2016



**Figura 7-3.** Cálculo confiabilidad misión 30 días D.0101A, Software Realiasoft Synthesis

Realizado Por: Guevara J, 2016

### ***3.2 Análisis de la evolución histórica de los mantenimientos preventivos mayores ejecutados por el personal externo, en los equipos Wartsila hasta el año 2014.***

El Oleoducto de Crudos Pesados inicia sus operaciones en septiembre de año 2003, con un promedio de bombeo de 175.000 bbl /día lo que representa 1,6 bombas en operación esto llevado a horas de funcionamiento por equipo representa 2500H año en el caso de los motores Wartsila vasa 32 y en el caso de los generadores Wartsila 6R32 4000H, con esta consideración el primer mantenimiento mayor ejecutado se aplicaría a los generadores hacia el año 2008.

Año en el cual se contrata los servicios de la empresa Wartsila Ecuador fin de ejecutar los mantenimientos mayores de 12 000 H de cuatro equipos Wartsila 6R32 que cumplieron de acuerdo al manual de servicio del fabricante, sus horas de funcionamiento.

Los trabajos contratados corresponden a los remplazos de los componentes que la contratista considera en el límite de desgaste, basados en los manuales del fabricante.

A Partir del año 2010 la empresa OCP Ecuador y Wartsila Ecuador mantienen acuerdos de servicios, donde su alcance está definido por costo de mano de obra, costo de los repuestos empleados, costos logísticos y las frecuencias se determinan básicamente basadas en las recomendaciones del fabricante.

Este acuerdo mantiene validez por tres años y se lo renegocia a conveniencia de las partes, no se mantiene ninguna exclusividad sobre los servicios contratados, OCP Ecuador se reserva el derecho de contratar con cualquier proveedor que preste los servicios que la empresa requiera en cual momento.

Wartsila Ecuador garantiza sus servicios y personal hasta por seis meses o 1000 horas de operación luego de ejecutado el servicio solicitado.

Para el año 2009 se inicia con los primeros mantenimientos de los motores de las bombas principales Wartsila vasa 32 al cumplimiento de las horas de funcionamiento.

Hasta el año 2014 el proveedor Wartsila efectuaría un total de 32 mantenimientos mayores en frecuencias de 12000H y 16000H basados en respetar los cambios de los componentes de desgaste recomendados en el manual de servicio del fabricante Wartsila.

### 3.2.1 Datos y registros históricos de los equipos intervenidos en el año 2015

A continuación, se presenta el histórico de intervenciones mayores ejecutada por la empresa de servicios Wartsila en años anteriores, es de acotar con se consideraba como mantenimientos mayores a partir de las 4 000 horas de funcionamiento del motor, bajo la interpretación inicial del proveedor Wartsila Ecuador en los primeros años de las intervenciones, a partir del año 2010 es retirada esta frecuencia y asumida como preventiva menor en el plan de mantenimiento asignado en el sistema Infor EAM OCP Ecuador.

A partir del año 2014 se adoptaron las frecuencias definidas en el manual de servicio Wartsila por horas de funcionamiento a 12 000 H y 16 000 H, para el año 2015 como resultado de los análisis de modos de falla desarrollados por la empresa Oleoducto de Crudos Pesados en los procesos de MCC (mantenimiento centrado en confiabilidad)

Se definió el incremento de la frecuencia para el mantenimiento mayor en 4 000 H más, las rutinas de 12 000 H pasaron a 16 000 H.

En el caso de las rutinas de 16 000 H no fueron incrementadas por que los datos obtenidos en los análisis de los modos de falla en el sistema de inyección están aún incompletos, estos serán revisados nuevamente para el año 2016.

A continuación, se presenta el histórico de los mantenimientos mayores de los equipos, antes de ser intervenidos para el año 2015, definidos por frecuencia.

**Tabla 4-3.** Histórico de Mantenimientos Preventivos Mayores equipos intervenidos en el 2015

<b>Histórico de intervención por Mantenimientos Preventivos Mayores. Equipos Wartsila</b>				
<b>Tag Motor</b>	<b>Frecuencia de Mantenimiento Preventivo Mayor</b>			<b>Novedades Importantes</b>
	<b>4 000 h</b>	<b>12 000 h</b>	<b>16 000 h</b>	
D-0101A	2	1	1	Motor en buenas condiciones
D-0101B	2	1	0	Cañerías de combustible banco A remplazadas
D-0101D	2	1	0	El aceite del motor fuera de parámetros de funcionamiento,

				reemplazo de cojinetes de bancada y aceite nuevo
D-0201A	2	1	1	En la intervención de 12.000 H se ejecutó mantenimiento de turbos compresores ABB y se alargaron las frecuencias de estas tareas a las 16 000 h
D-0201C	2	1	0	Se localizan señales de erosión en las paredes exteriores de las camisas, se recomienda revisión de concentración de inhibidor de corrosión del sistema de enfriamiento motor
D-0201D	2	1	0	Se localiza erosión en la carcasa de la bomba de inyección
D-0301	2	2	1	Reemplazo de camisa A1, reemplazo de cojinetes de bancada y biela
D-0301B	2	1	1	Presencia de erosión en los asientos de las camias, se rectifica el block en las posiciones A4, A,6,B3,B4,B6
D-0301C	2	1	1	No se reemplazan cojinetes del árbol de levas
D-0301D	2	1	0	Aceite en condiciones fuera de parámetros de funcionamiento reemplazado por nuevo

D-0301E	2	1	0	Presencia de sólidos en el sistema de enfriamiento motor
D-0301F	2	1	0	Daño en roscas de pernos cabezotes
D-0401C	2	1	0	Motor en buenas condiciones
D-0401D	2	1	1	Reemplazo de carcasas de los turbos por erosión

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

### **3.2.2 Análisis cronológico de las actividades ejecutadas**

Como se describe en el acápite 3.3.1 anterior, el histórico de intervención representa la fuente de información para determinar las actividades más relevantes consideradas en los mantenimientos mayores, ejecutados hasta el año 2014 por la empresa Wartsila Ecuador.

Del histórico obtenido del equipo, se deduce, la no presencia de fallas funcionales relevantes en el tiempo, los componentes en general presentan un desgaste previsto por sus horas de operación considerados en el manual de servicio del fabricante.

Los temas más relevantes se podrían citar como el control deficiente en algunos casos del inhibidor de corrosión del sistema de enfriamiento, así como el control periódico de la salud del lubricante, que son temas que se ejecutan en la operación del equipo y su responsabilidad corresponde a cada instalación.

El caso del equipo D-0301B y D-0401D, la rectificación del bloque de cilindros y reemplazo de carcasas de turbos compresores, se lo asocia con el deficiente control de inhibidor de corrosión y probables tiempos largos de parada del motor.

El motor se lo subdivide en varios subsistemas:

- Conjunto móvil (Pistón, biela, camisa, cojinetes principales y de biela)
- Cabezotes y bloque de cilindros.
- Turbos compresores, enfriadores de aire.
- Sistemas de inyección (bombas de inyección, inyector árbol de levas)
- Sistemas auxiliares (combustible y lubricación, sistema de enfriamiento motor)

- Sistema de control de velocidad y protecciones (eléctricas y mecánicas)

Con esta subdivisión el fabricante establece los replazos de elementos de desgaste, sin embargo, en el caso de OCP Ecuador se definieron como estrategia para los mantenimientos mayores, ejecutar verificaciones de metrología de los componentes más críticos de desgaste y llevarlos a condición, siempre y cuando sean respetadas las tolerancias de desgaste descritas en los manuales de mantenimiento de los equipos Wartsila.

Como referencia para llevar los componentes del motor por su desgaste a condición, el lubricante empleado y sus análisis de su salud son determinantes para este propósito, considerando que el aceite representa la fuente de información del desgaste de material, en los motores de combustión interna más importante, a continuación, se adjunta los requerimientos del lubricante a ser empleado en los motores Wartsila dados por el fabricante.

El aceite lubricante empleado es entregado al granel y su almacenaje se lo realiza en recipientes normados para este propósito, por cada instalación existe un tanque de capacidad de 6000 galones, sistema de filtrado después del tanque y la carga por motor se ejecuta de forma manual en un sistema cerrado de bombeo de aceite autónomo por equipo. (Ver Figura 8-3)

## 02.2

## Aceite lubricante

### 02.2.1 Características del aceite del sistema

**Viscosidad.** Viscosidad clase SAE 30 o SAE 40. (Preferentemente SAE 40.)

**Alcalinidad.** La alcalinidad del aceite lubricante está vinculada al combustible especificado para el motor, que se indica en la siguiente tabla.

Normas de combustible y requisitos del aceite lubricante			
Categoría	Norma de combustible	Aceite lubricante BN	
A	ASTM D 975-81, BS 6843: 1987 BS 2869-1983. ISO 8217: 1987(E)	GRADO 10, 2D, PROPUESTO 3D ISO-F-DMX, DMA CLASE A1, A2 ISO-F-DMX, DMA	10-40
B	ASTM D 975-81, BS 6843: 1987 ISO8217: 1987(E)	GRADO 4D ISO-F-DMB ISO-F-DMB	15 - 40
C	ASTM D 396, BS 6843: 1987 CIMAC 1990. ISO 8217: 1987(E)	GRADO NO 4-6 ISO-F-DMC, RMA10-RML55 CIMAC A10-K55 ISO-F-DMC, RMA10-RML55	25-55

Se recomienda utilizar lubricantes BN 40 con combustibles de categoría C. Sin embargo, si el uso de lubricantes BN 40 también provoca intervalos de cambio de aceite cortos, se recomienda utilizar lubricantes de BN (50 - 55) alto en instalaciones de combustibles pesados. Si se utiliza un gasóleo residual de azufre muy bajo, pueden utilizarse lubricantes BN 30. Los lubricantes BN 30 también pueden utilizarse si la experiencia demuestra que el equilibrio del aceite lubricante BN se mantiene a un nivel aceptable.

**Aditivos.** Los aceites deben contener aditivos que proporcionen una buena oxidación, protección contra la corrosión, capacidad de carga, neutralización de ácidos de combustión, oxidación de residuos y prevención de formación de depósitos en las partes internas del motor (sobre todo, zona del segmento del pistón y superficies de cojinetes).

**Características de la formación de espuma.** El aceite lubricante nuevo debe poseer los siguientes límites de tendencia y estabilidad de formación de espuma (según el método de prueba ASTM D 892-92):

- Secuencia I: 100/0 ml
- Secuencia II: 100/0 ml
- Secuencia III: 100/0 ml

**Figura 8-3.** Características aceite lubricante recomendados por Wartsila

*Fuente: Manual motores Wartsila vasa 32 6R32*

Los motores Wartsila emplean un lubricante de BN 50 (número total básico), por el uso de un combustible de crudo pesado (HF2) como se describe en la figura anterior este corresponderá a un combustible tipo C, se controla su salud con la medición de la disminución de este número, que en porcentaje no debe ser menor al 50 %, y comprobación de la viscosidad cinemática, para la medición de este valor se emplea un kit básico de reactivos, dotado por el fabricante del lubricante.

El Aceite empleado a partir del año 2014 en los motores Wartsila Vasa 32 y 6R32 es el Shell Argina XL 40 BN 50 ISO VG 150 representado en el país por la empresa Primax del Ecuador, se detalla a continuación las características del lubricante.

# Shell Argina® XL

Aceites para motores a diesel de velocidad media.



## Características típicas

	Shell Argina® XL
Grado SAE	40
Viscosidad cinemática @ 40°C cSt 100°C cSt (ASTM D 445, IP 71)	135 14
Índice de Viscosidad (ASTM D 2270, IP 226)	100
Densidad @ 15°C kg/l (ASTM D 4052, IP 365)	0.921
Flash Point °C (Pensky-Martens Closed Cup) (ASTM D 93, IP 34)	229
Punto de Fluidez °C (ASTM D 97, IP 15)	-18
TBN, mg/KOH/g (ASTM D 2896, IP 276)	50
Cenizas sulfatadas, % peso (ASTM D 874, IP 163)	6.1

*Las propiedades típicas del producto son actuales a la fecha de publicación de esta ficha técnica. Estas propiedades son determinadas promediando los datos reales del lote suministrado por las plantas de fabricación sobre un período de tiempo. Estos datos típicos no pueden ser garantizados idénticos a los productos en cualquier momento específico. Los datos suministrados en esta publicación son presentados como guía para los usuarios de lubricantes Shell. Consulte a su representante para la información más reciente.*

**Figura 9-3.** Características del aceite Shell Argina XL

*Fuente:* Hoja técnica empresa Primax Ecuador

La medición de BN se ejecuta cada quinientas horas, actividad que esta adjunta al plan de mantenimiento preventivo de los motores programado en el sistema Infor EAM, que establece sus frecuencia en 500, 1000, 2000, 4000 horas, éstas establecen el cambio de filtros de aire, aceite y combustible y el ajuste de los sistemas de inyección, combustible y afinación del motor.

Se complementa este análisis de salud del lubricante con la toma de muestras, por cada periodo de 2000 horas, las cuales son enviadas al laboratorio de lubricantes de OCP en el Terminal Marítimo instalado a partir del año 2014, donde se establece con mayores detalles la salud del lubricante con la medición de viscosidad, y conteo de partículas, los datos obtenidos son registrados en el sistema EAM.

Para el año 2015 el laboratorio de aceites de OCP no estuvo operativo en su totalidad, por las fallas en sus equipos más importantes, esta novedad obligó al empleo de análisis externos del lubricante, con la consecuencia de que la información llega fuera de tiempo.

Como se describe en la figura más adelante, el equipo D-0201B al cual corresponde el reporte, fue intervenido en el mes de octubre y la información llega en el mes de diciembre 2015.

Se establece, para el análisis del lubricante para el área de mantenimiento OCP un especialista en lubricación y su información es registrada por equipo y por periodo de análisis, el especialista es quien determina las alertas del estado del aceite antes de las intervenciones mayores de mantenimiento.

Se menciona que para los motores Wartsila, el lubricante es tratado con un sistema de clarificación, separación de sólidos y agua, se emplea separadoras de marca Wesfalia, las que están adjuntas al sistema de lubricación del motor desde el diseño original, y funcionan de forma continua mientras el motor está en operación.

Por las razones expuestas sobre el lubricante y su tratamiento y análisis el aceite no es remplazado en las intervenciones preventivas mayores, es llevado también a condición al momento se mantiene lubricante en operación de más de 8000 horas.

Se considera al consumo de lubricante un factor determinante para mantener la salud del aceite, este consumo representa en promedio una reposición del lubricante de 75 galones por cada 160 horas de operación del motor, considerando que la capacidad del Carter del motor es de 750 galones en los equipos V32 y en los 6R32 es de 475 galones.

La reposición de la totalidad del lubricante del equipo intervenido, es responsabilidad de la supervisión del mantenimiento previa validación del especialista de lubricación del subproceso de análisis del mantenimiento.

Mario Pazmino

Unit ID: **D-0201B** Unit Worksite: **CAYAGAMA** Comp. Ref NO.: **6234944**  
 Component Type: **ENGINE** Component: **MOTOR**  
 Unit Manufacturer and Model: **Wartsila 12V32** Oil Type: **SHELL ARGINA XL SAE 40**  
 Component Manufacturer and Model: **Wartsila 12V32** Component Serial Number:  
 Maintenance Recommendations for Lab No. **201512111181** Reported On: **Dec 14 2015**

From: **OCP CAYAGAMA, CAYAGAMA**

ANALISIS INDICA CONDICIONES FAVORABLES DEL ACEITE Y LA UNIDAD. El aceite puede seguir en uso si no ha sido cambiado. TOMAR MUESTRA al intervalo normal. programado.

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS IN PARTS PER MILLION																						
LAB NO.	Iron	Chromium	Nickel	Aluminum	Lead	Copper	Tin	Silver	Titanium	Silicon	Boron	Sodium	Potassium	Molybdenum	Phosphorus	Zinc	Calcium	Barium	Magnesium	Antimony	Vanadium	Sample Drawn
1181	14	1	101	<1	<1	1	<1	<0.1	<1	19	<1	21	<1	2	452	516	>9999	<1	76	<1	336	12/01/15
0887	14	1	103	<1	1	3	<1	<0.1	<1	15	1	23	3	2	409	495	>9999	<1	68	1	337	07/30/15
0267	12	<1	94	<1	1	1	<1	<0.1	<1	17	1	20	5	2	393	467	>9999	<1	62	<1	321	04/10/15
1006	15	<1	111	6	1	7	<1	<0.1	<1	19	<1	23	<10	<5	485	582	>9999	<10	78	<30	359	01/06/15
0767	12	<1	73	<1	<1	1	<1	<0.1	<1	12	<1	14	<10	<5	357	432	>9999	<10	59	<30	233	10/07/14

SAMPLE INFORMATION						PHYSICAL TEST RESULTS						
LAB NO.	MI/HR Unit	MI/HR Oil	Oil Add	FLTR CHG	OIL CHG	Water	Viscosity 100 °C	Visc Grade	Fuel	GLY Test	LEM Soot	TBN
1181	39399	7239	0	-	S	<0.1	15.1	40	<0.50	NEG	0.12	38.87
0887	38624	6464	0	-	S	<0.1	15.1	40	<0.50	NEG	0.13	41.04
0267	38115	5955	0	-	S	<0.1	15.4	40	<0.50	NEG	0.15	41.72
1006	37351	4273	0	-	S	<0.1	15.2	40	<0.50	NEG	0.12	42.64
0767	36238	3160	0	-	S	<0.1	15.2	40	<0.50	NEG	0.11	44.46

Notice: This analysis is intended as an aid in predicting mechanical wear. Test results, maintenance recommendations and accuracy are affected by customer-provided samples, equipment identification and maintenance history. No guarantee, expressed or implied, is made against failure of this piece of equipment or a component thereof. The ultimate responsibility for the maintenance of this piece of equipment and all of its components is the responsibility of the equipment owner.  
 N/R = Test not performed © Copyright 2012, Analysts, Inc.

**Figura 10-3.** Resultados análisis de lubricante Shell Argina XL

Fuente: Hoja técnica empresa Primax Ecuador

### **3.2.3 *Cálculo de tendencias de desgaste de componentes críticos internos del motor***

En la investigación se evidencio la carencia de datos metrológicos de componentes, antes de la intervención del mantenimiento y los datos localizados en los reportes del proveedor Wartsila mantienen inconsistencias, como se describe en la (tabla 9-3) se tomaron los datos metrológicos de las camisas de los cilindros banco A y B, medidos en las intervenciones de 12 000 H.

La primera ejecutada por el personal de Wartsila y en la segunda por el personal de OCP, como se resalta, los valores medidos en la segunda intervención son mayores que los medidos en la primera, lo cual físicamente no es posible ya que el material con el funcionamiento sufre desgaste.

Los datos fueron tomados de los registros de mantenimiento del equipo D-0101A, al no tener certeza en las mediciones, se considera como punto de partida la información de las mediciones efectuadas por los técnicos de OCP Ecuador.

Al ser un solo dato el resultado, las referencias de tendencias de desgaste se analizan, comparando las mediciones obtenidas con el manual de servicio del fabricante.

Se remplazan los componentes basados en el criterio y experiencia de los técnicos de OCP Ecuador, previo al análisis de los reportes de monitoreo windrock, esta actividad se ejecuta cada dos mil horas de funcionamiento del motor.

Como se describe en la tabla siguiente los datos adjuntos en la misma corresponden a la metrología registrada por el proveedor Wartsila en las dos últimas intervenciones de frecuencia de 12 000 horas. (Ver Tabla 5-3)

**Tabla 5-3.** Metrología camisas D-0101A

CYLINDER LINER BEFORE SIDE A							CYLINDER LINER BEFORE SIDE B								
1/100 mm	1	2	3	4	5	6	1/100 mm	1	2	3	4	5	6		
I	1	18.00	15.00	14.00	15.00	18.00	15.00	I	1	15.00	14.00	15.00	15.00	18.00	14.00
	2	18.00	15.00	14.00	14.00	15.00	18.00		2	18.00	14.00	15.00	15.00	18.00	15.00
	3	18.00	18.00	15.00	15.00	18.00	18.00		3	18.00	14.00	18.00	15.00	15.00	15.00
	4	18.00	18.00	15.00	15.00	18.00	14.00		4	18.00	15.00	18.00	15.00	15.00	15.00
II	1	18.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00	II	1	14.00	12.00	14.00	13.00	13.00	14.00
	2	14.00	14.00	13.00	14.00	15.00	15.00		2	14.00	12.00	14.00	14.00	13.00	14.00
	3	14.00	13.00	14.00	13.00	14.00	15.00		3	14.00	12.00	14.00	13.00	13.00	14.00
	4	14.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00		4	14.00	12.00	15.00	13.00	13.00	14.00
III	1	14.00	13.00	13.00	13.00	14.00	14.00	III	1	14.00	12.00	14.00	13.00	13.00	14.00
	2	15.00	13.00	14.00	14.00	15.00	15.00		2	14.00	12.00	14.00	14.00	13.00	14.00
	3	14.00	14.00	13.00	15.00	14.00	14.00		3	15.00	12.00	13.00	13.00	12.00	14.00
	4	13.00	13.00	13.00	12.00	13.00	13.00		4	15.00	12.00	13.00	12.00	12.00	13.00
IV	1	14.00	14.00	12.00	13.00	14.00	13.00	IV	1	15.00	12.00	14.00	13.00	13.00	14.00
	2	15.00	13.00	14.00	14.00	18.00	14.00		2	14.00	12.00	14.00	14.00	13.00	14.00
	3	14.00	12.00	12.00	12.00	14.00	14.00		3	12.00	11.00	13.00	12.00	12.00	13.00
	4	13.00	12.00	12.00	12.00	12.00	18.00		4	12.00	11.00	13.00	12.00	11.00	12.00
1/100 mm	1	2	3	4	5	6	1/100 mm	1	2	3	4	5	6		
I	1	18.00	19.00	19.00	19.00	19.00	19.00	I	1	19.00	18.00	18.00	17.00	18.00	19.00
	2	18.00	18.00	19.00	19.00	19.00	19.00		2	18.00	19.00	18.00	19.00	17.00	19.00
	3	18.00	18.00	19.00	19.00	19.00	18.00		3	19.00	18.00	19.00	18.00	17.00	17.00
	4	19.00	18.00	21.00	19.00	22.00	19.00		4	20.00	20.00	18.00	18.00	18.00	19.00
II	1	9.00	8.00	8.00	9.00	8.00	9.00	II	1	9.00	8.00	8.00	8.00	9.00	10.00
	2	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00	9.00		2	9.00	8.00	8.00	8.00	9.00	10.00
	3	9.00	8.00	8.00	9.00	8.00	9.00		3	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00	10.00
	4	9.00	8.00	8.00	9.00	8.00	9.00		4	9.00	8.00	8.00	8.00	8.00	10.00
III	1	9.00	7.00	7.00	8.00	8.00	8.00	III	1	8.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
	2	9.00	7.00	8.00	7.00	8.00	8.00		2	8.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
	3	9.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00		3	8.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
	4	9.00	7.00	7.00	7.00	8.00	7.00		4	8.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
IV	1	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	IV	1	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
	2	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00		2	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
	3	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00		3	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00
	4	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00		4	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	7.00

Realizado Por: Guevara J, 2016

### 3.3.4 Determinar los componentes críticos por desgaste

En la ejecución de las tareas de mantenimiento mayor se localizaron como componentes críticos de desgaste por frecuencias, como se describe en las tablas siguientes:

**Tabla 6-3.** Componentes de remplazo críticos frecuencia 12 000 H

Frecuencia 12 000 h	
1.- Camisas(cilindros, erosión en frio)	2.-Cabezotes (guías, válvulas)
3.- Pistones (erosión de faldas y coronas)	

Realizado Por: Guevara J, 2016

**Tabla 7-3.** Componentes de remplazo críticos frecuencia 16 000 H

Frecuencia 16 000 h	
1.- Cojinetes árbol de levas (erosión)	2.- Bombas Inyección (erosión)
3.- Inyectores (erosión en los cuerpos)	

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

En el caso de los turbos compresores, se remplazan todos los componentes de desgaste a las 12 000 H como son los rodamientos y cojinetes, respetándose la recomendación del fabricante.

En todas las intervenciones se ha evidenciado la presencia de erosión en sus componentes sea ésta en frío o en caliente, la empresa ha definido como estrategia, la ejecución de órdenes de trabajo para el análisis de las causas raíz de estas anomalías, para lo cual se mantiene metodologías de estudio descritas como:

- Análisis Causa Raíz (ACR)
- Análisis de Modos de Falla y Criticidad (AMEF, FMECA)
- Análisis de materiales (Laboratorios especializados)
- Análisis Ciclo de vida componentes (Software Reliasoft)

La erosión presentada se presume por la experiencia de los técnicos de forma empírica que está presente por temas relacionados al control de la temperatura de los sistemas de enfriamiento del motor, hipótesis que no aún está comprobada, por el subproceso de análisis y la ejecución del mantenimiento.

La erosión se ha evidenciado especialmente en la falda de las camisas, coronas del pistón, carcasas de los turbos de entrada y salida, como medida alterna de solución de esta falla de material, se han remplazado las válvulas termostáticas del motor de 86° C a 93 ° C con la hipótesis que el motor debe funcionar a más de 90 ° C, esta decisión no ha sido probada aun con datos que establezcan que es esta es la causa, está basada en la experiencia de los técnicos del grupo de mantenimiento.

Al momento se monitorea las tendencias de temperatura del sistema de refrigeración de los equipos que ya han sido remplazadas las válvulas termostáticas, para su posterior revisión en la

próxima frecuencia de mantenimiento mayor correspondiente, donde se validará la hipótesis empírica planteada.

De los componentes remplazados, se han tomado muestras aleatorias para el análisis del material y su composición de desgaste, bajo convenio con los laboratorios de la Escuela Politécnica Nacional de la ciudad de Quito, estos estudios forman parte del subproceso de análisis y sus resultados hasta la conclusión de este trabajo investigativo aun no son determinados.

Para el registro de los reportes generados, se lo realiza en la OT trabajo creada en el sistema Infor EAM automáticamente al cumplimiento de las horas de trabajo del equipo y la frecuencia establecida en el plan de mantenimiento.

El grupo de mantenimiento utiliza fotografías y desarrolla un documento de actividades para sus registros tanto metrológicos como descriptivos, no existe formatos oficiales de registro para estos procesos.

## CAPÍTULO IV

### **4. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN CON EL EMPLEO DE LA METODOLOGÍA DE ENTREVISTA Y ECUESTA, RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1 Determinación del grupo natural de trabajo**

En el año 2012 se establece por parte de OCP Ecuador un estudio preliminar, con la finalidad de definir la conveniencia de la adopción de los mantenimientos mayores de los equipos Wartsila ya que estos valores representan un 40% del presupuesto asignado.

Para mediados del año 2014, se adopta este proyecto, como una alternativa de reducir los costos del mantenimiento de la organización, las condiciones del mercado interno y las variaciones del precio del petróleo son determinantes para la búsqueda de la optimización de los recursos disponibles, se retoma la información del estudio en mención y se establece las primeras acciones con el afán de crear un grupo de Mantenimiento Mayor, es determinante para esta decisión la experiencia en Mantenimientos Mayores de los equipos Wartsila que se mantiene dentro del grupo de técnicos que conforman los equipos de operación de las estaciones de bombeo oriente del oleoducto.

Se selecciona el grupo humano que conformaría este nuevo reto, de igual manera se presupuesta y gestiona por parte de planificación operativa la compra de las herramientas y equipos básicos para el cumplimiento de los objetivos.

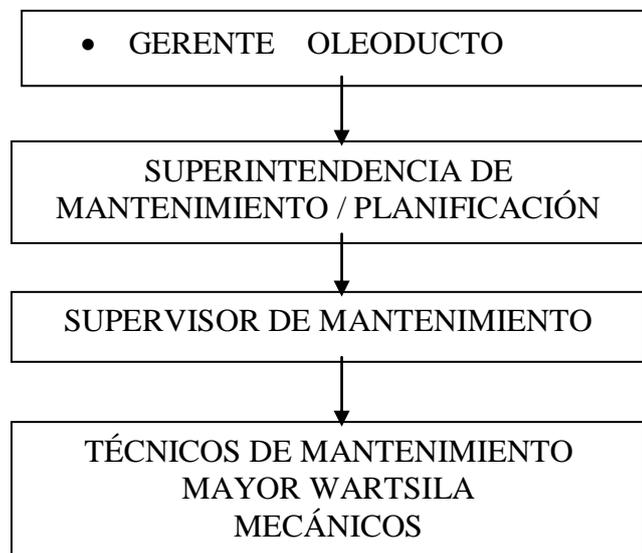
Definidas las directrices el grupo conformado está listo para iniciar sus operaciones el mes de agosto/14, se planifican los primeros mantenimientos mayores con recursos propios de la empresa OCP Ecuador para el último trimestre del año 2014.

Con las evaluaciones preliminares de la ejecución de los tres primeros mantenimientos del año 2014 y sus resultados positivos en la gestión de costos, se planifica la ejecución regular de mantenimiento mayor para el año 2015, considerándose los siguientes ajustes en la planificación:

- Se establece un plan de capacitación en el exterior para el mes de febrero del 2015 en los EEUU por parte de Wartsila, para los diez técnicos que conformar el grupo de Mantenimiento Mayor de OCP Ecuador.
- El presupuesto del año 2015 contempla la compra de los repuestos de forma directa por parte de OCP Ecuador a varios proveedores.
- Se renovó el contrato de prestación de servicios con Wartsila Ecuador por tres años más, puntualizándose la compra de repuestos y tareas que OCP no pueda ejecutar como, por ejemplo: reparación de cabezotes, rectificando de camisas, reparación de rotores de los turbos y calibraciones de los reguladores de velocidad motor, así como la dotación de los repuestos que no estén estimados.

#### 4.1.1 Descripción del contexto operacional del grupo de Mantenimiento Mayor

Al ser un proyecto interno de la institución el grupo para los mantenimientos mayores está organizado de la siguiente forma:



**Figura 1-4** Organigrama

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

#### 4.1.2 Determinación de las funciones de los miembros del grupo de mantenimiento mayor

1.- *Superintendente de Mantenimiento.* - Controla que las directrices organizacionales, para el mantenimiento mayor cumplan con los objetivos y políticas organizacionales, está regido por la Gerencia de Oleoducto.

2.- *Planificación Operativa.* - Planifica, administra, costea y controla los recursos humanos, técnicos, equipos, repuestos y herramientas que se requieran para ejecución de los mantenimientos mayores con un horizonte anual.

3.- *Supervisor de Mantenimiento.* - Programa organiza, y ejecuta los mantenimientos mayores de los equipos Wartsila planificados en un horizonte trimestral, administra los recursos humanos, técnicos, equipos, repuestos y herramientas que se asignen para la reparación, recuperación o mantenimiento en las instalaciones del oleoducto donde se requieran los servicios del grupo de mantenimiento mayor OCP.

4.- *Técnicos de Mantenimiento Mayor.* - Ejecutan los mantenimientos mayores en las labores de montaje y desmontaje, de los equipos intervenidos, bajo la supervisión y control del supervisor de mantenimiento, cumplirán su función de forma eficiente con honradez, calidad y satisfacción del cliente interno, bajo los estándares de seguridad y ambiente.

#### **4.1.3 Determinación de competencias técnicas del grupo de mantenimiento mayor**

El personal que integra el grupo de mantenimiento mayor fue reclutado de las instalaciones de bombeo del oleoducto, bajo las consideraciones de su experiencia en motores de combustión y se definieron sus competencias y destrezas.

Por los condicionamientos del departamento de recursos humanos de OCP Ecuador, que categoriza a los técnicos de cada instalación como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 1-4.** Descripción de estructura y competencias del grupo de mantenimiento mayor

N°	Técnico Actividad	Denominación	Experiencia	Sueldo x hora
1	Montaje/Desmontaje	Operador Junior	< 3 años	10.15 USD
6	Montaje / Desmontaje	Operador / Sénior	< 6, 8, 10 años	12.50 USD
2	Especialista ABB	Sénior	< 5 años	14 USD
1	Jefe Overhault Wartsila	Sénior / Supervisor	< 10 años	16 USD

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Como se describe en la tabla, la primera fila corresponde a la cantidad de técnicos que ocupan la denominación asignada, la siguiente fila es la actividad que ejecutan, la tercera fila indica la denominación de cada puesto por técnico dentro de la estructura funcional de OCP, la fila cuatro indica su años de experiencia y la fila cinco corresponde a su salario por hora.

La selección del personal idóneo bajo estas consideraciones, fue ejecutada por la supervisión de Mantenimiento Mayor, la cual dividió por especialización y experiencia a los técnicos seleccionados bajo la siguiente descripción:

*a) Dos líderes de grupo (experiencia mayor a diez años, Ingenieros Navales (máquinas), Mecánico, Electromecánico, Industrial)*

Son los encargados de dirigir los desmontajes y montajes, la ejecución de la metrología de componentes críticos por desgaste y la generación de reportes.

*b) Dos técnicos Senior (experiencia mayor a ocho años, Ingenieros Navales (máquinas), Mecánico, Electromecánico, Industrial)*

Ejecutan labores del sistema de inyección, auxiliares y manejo de herramientas especializadas para rectificado de componentes recuperables.

*c) Dos técnicos Senior (experiencia mayor a cinco años, Ingenieros (máquinas), Mecánico, Electromecánico, Industrial).*

Realizan las tareas de montaje y desmontaje de los conjuntos móviles del motor, reparan cabezotes y apoyan donde sean requeridos.

*d) Dos técnicos Sénior especialista turbos ABB (Certificación especialización turbos ABB, Ingenieros. Mecánico, Industrial, Tecnólogo Electromecánico)*

Son los encargados de los montajes y desmontajes de los turbos compresores ABB, limpieza y control de la metrología de los componentes de desgaste, apoyan donde sean requeridos.

*e) Un Técnico Junior (experiencia mayor a tres años, Tecnólogo mecánico, electromecánico)*

Su apoyo está definido por los líderes, para montaje y desmontaje donde se los requiera.

*f) Un Ayudante de Limpieza (externo Bachiller técnico)*

Ejecuta labores de limpieza de componentes, que se asignan y supervisan los líderes de grupo, este recurso es dotado por la empresa contratista SAE Ecuador.

#### **4.1.4 Evaluación del compromiso, actitud y aptitud de los miembros del grupo de mantenimiento mayor**

Como parte de la investigación para la evaluación de la actitud del personal que integra el grupo de mantenimiento cuantitativamente se utilizó la metodología de la encuesta (*Anexo B*), como la medición se efectúa con una población finita no se aplica un cálculo estadístico, efectuándose el censo a toda la población.

Se efectúa la encuesta a los diez técnicos que conforma el grupo de mantenimiento, al ser la muestra pequeña, se consideró como una metodología de refuerzo las reuniones de trabajo informales y las entrevistas estructuradas fin de medir cualitativamente la actitud y la aptitud del personal, integrando al comportamiento sobre los valores empresariales y las metas personales de cada integrante del grupo.

## **4.2 Resultados y Discusión**

### **4.2.1 Resultados de la encuesta**

A continuación, los resultados obtenidos en la encuesta:

#### **Pregunta 1**

*¿Cómo calificaría la decisión de asumir los Mantenimientos Preventivos Mayores de los equipos Wartsila por la empresa OCP Ecuador?*



**Figura 2-4.** Resultados pregunta 1

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

El setenta por ciento (60%) de la población encuestada considera muy buena la decisión asumida y el treinta por ciento (30%) la califica de buena, Se evidencia satisfacción en las tareas asignadas.

**Pregunta 2**

*¿Considera que su trabajo es importante para la organización del mantenimiento?*



**Figura 3-4.** Resultados pregunta 2

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

Toda la población encuestada considera que su labor es de importancia, se evidencia una actitud positiva.

### Pregunta 3

¿Considera que el trabajo aportado por usted disminuirá los costos del mantenimiento de los equipos Wartsila?



**Figura 4-4.** Resultados pregunta 3

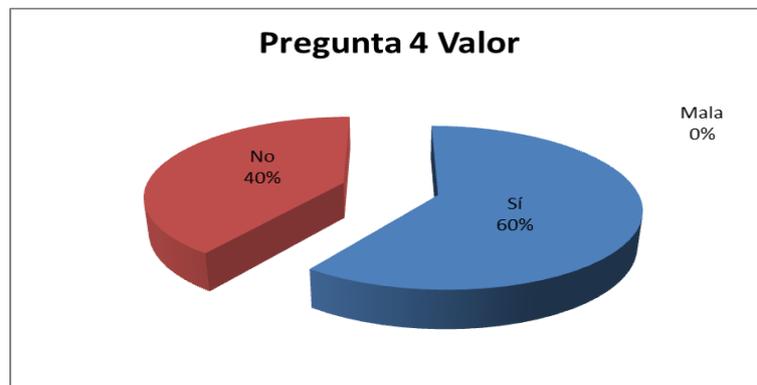
Realizado Por: Guevara J, 2016

### Conclusión:

El noventa por ciento (90%) de la población consultada considera que los costos si van a disminuirán y el diez por ciento califica que no.

### Pregunta 4

¿Considera que los recursos técnicos (equipos, herramientas e instrumentos) asignados para sus tareas son suficientes para el cumplimiento de sus objetivos?



**Figura 5-4.** Resultados pregunta 4

Realizado Por: Guevara J, 2016

*Conclusión:*

Un sesenta por ciento (60%) de la población consultada califica que los recursos entregados para sus tareas son adecuados, el cuarenta por ciento (40%) considera que no lo son, se evidencia que los recursos asignados aún son insuficientes.

**Pregunta 5**

*¿Conoce usted qué tipos de mantenimientos se ejecutan en la empresa?*



**Figura 6-4.** Resultados pregunta 5

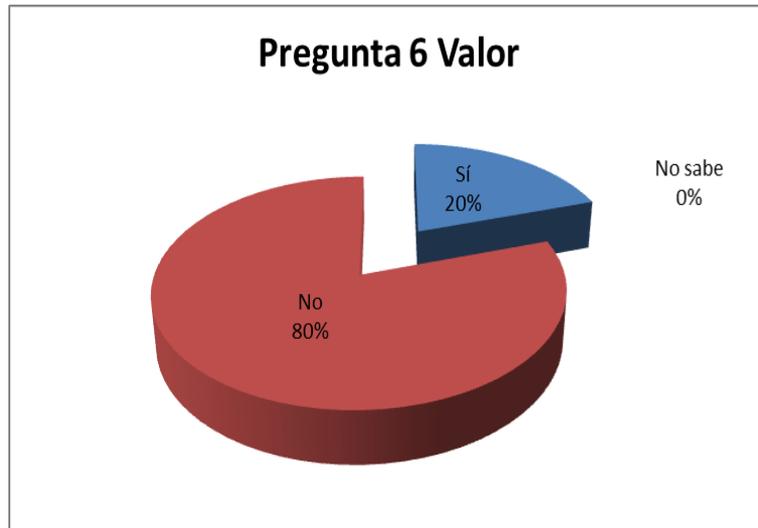
*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

Toda la población consultada identifica los tipos de mantenimientos que ejecuta la organización a sus activos.

**Pregunta 6**

*¿Ha recibido usted cursos de capacitación sobre gestión de mantenimiento?*



**Figura 7-4.** Resultados pregunta 6

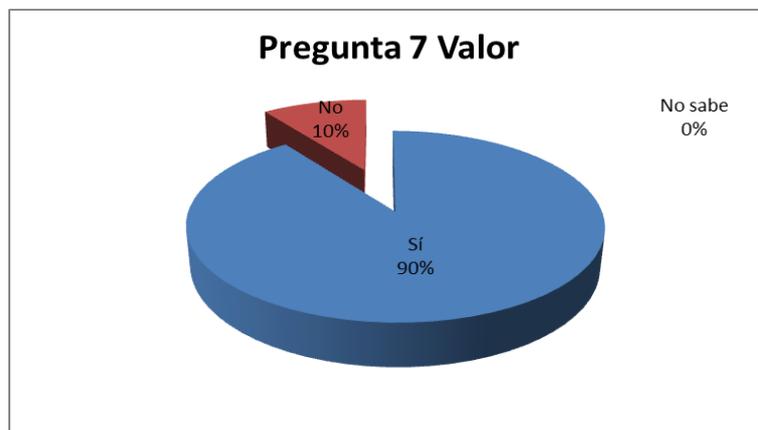
*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

El ochenta por ciento (80%) de la población consultada no ha recibido capacitación en la gestión del mantenimiento, el veinte por ciento (20%) indica que si, se evidencia el requerimiento de la capacitación sobre la gestión del mantenimiento y su importancia.

**Pregunta 7**

*¿Considera usted necesario recibir cursos de capacitación especializada en las áreas del mantenimiento industrial?*



**Figura 8-4.** Resultados pregunta 7

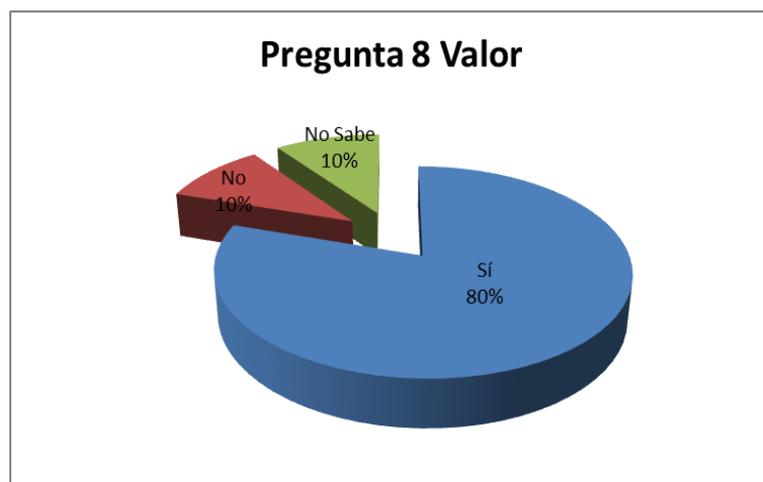
*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

El noventa por ciento (90%) de la población encuestada califica de necesaria la capacitación, mientras que el diez por ciento (10%) considera que no es necesaria, se evidencia el interés de capacitación especializada en la mayor cantidad de la población.

**Pregunta 8**

*¿Conoce si existe un histórico de fallas de los activos en el área de mantenimiento?*



**Figura 9-4.** Resultados pregunta 8

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

El ochenta por ciento (80%) de la población consultada conoce de la existencia de históricos de fallas, mientras que el veinte por ciento (20%) no lo conoce o no lo sabe si existe, se evidencia la necesidad de socializar, las herramientas de registro que mantiene la organización para conservar sus históricos de fallas, en el área de mantenimiento.

**Pregunta 9**

*¿Podría usted citar algunas de las causas más frecuentes por las cuales han fallado los activos intervenidos en los mantenimientos mayores?*



**Figura 10-4.** Resultados pregunta 9

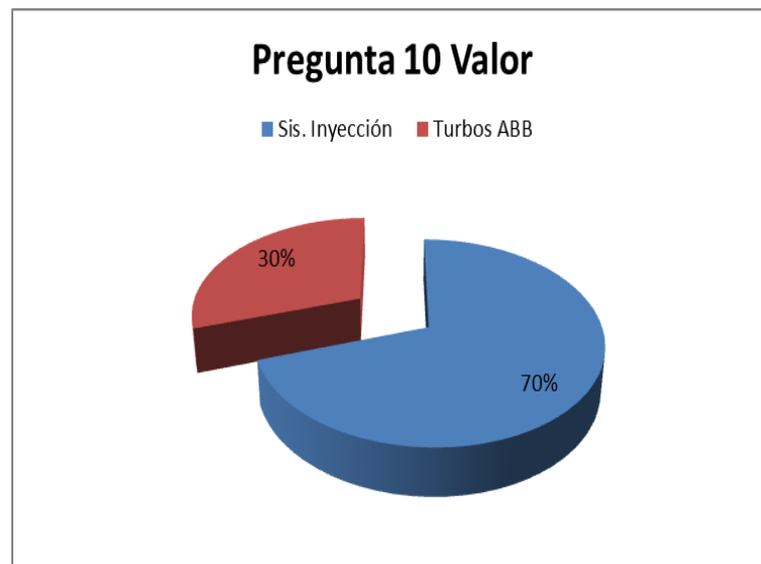
*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión*

Toda la población consultada conoce causas por las cuales han fallado los activos intervenidos en el mantenimiento mayor, se evidencia solvencia en las actividades asignadas.

**Pregunta 10**

*¿En caso de ser afirmativa su respuesta cual sería el sistema que usted considera que más ha fallado?*



**Figura 11-4.** Resultados pregunta 10

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

*Conclusión:*

El setenta por ciento (60%) de la población consultada considera que el sistema que más ha fallado es el de inyección de combustible, mientras que el treinta por ciento (30%) califica que es el de sobrealimentación de aire del motor turbos, se evidencia compromiso con sus actividades.

**4.2.2 Resultados de las entrevistas y reuniones de trabajo**

En la presente investigación, el autor efectuó visitas periódicas a las diferentes instalaciones donde se desarrollaron las actividades, y de acuerdo a la disponibilidad del personal de mantenimiento se realizaron reuniones de trabajo y entrevistas personales, con los técnicos y su supervisor.

De estas entrevistas y reuniones de trabajo se puede concluir los siguientes puntos:

- a) El personal que fue seleccionado para conformar el grupo de mantenimiento está motivado a ejecutar las labores asignadas por el cambio de actividad y la posible mejora salarial.
- b) Se consideran de mayor importancia dentro de la estructura funcional de la compañía por su aporte, los costos de la ejecución de los mantenimientos mayores, presumen que son menores a los que se cancelaban a una empresa externa.
- c) A pesar de su motivación, sienten que están siendo perjudicados por la pérdida de algunos de los beneficios que mantenían cuando eran personal asignado a una sola instalación.
- d) La rotación que mantienen dentro de las estaciones de bombeo por la ejecución de los mantenimientos, genera inconvenientes en la logística al no poder ser recibidos en su totalidad en las instalaciones por el número de disponibilidad de habitaciones en los campamentos.
- e) El plan de capacitación ejecutado en el año 2015 por el grupo de Mantenimiento Mayor fuera del país, cubrió sus expectativas, sin embargo consideran que se debería ampliar este beneficio en los próximos años por especialidad.

- f) En el desarrollo de esta actividad, consideran que la planificación debe mejorar los tiempos de entrega de los repuestos y la gestión con los proveedores de servicios externos, ya que esto retrasa su cronograma de ejecución.
- g) La auditoría que está aplicando a sus actividades, incomoda a todos los técnicos que conforman el grupo de mantenimiento OCP, porque consideran que la misma debió ser ejecutada en su momento al contratista que desarrollaba los mantenimientos mayores en años anteriores (Wartsila Servicios).
- h) El rendimiento que se estableció en las auditorías por ejecución y por actividad consideran que no corresponden a su realidad, porque es el grupo de mantenimiento mayor quien ejecuta tanto la reparación de componentes como el montaje y desmontaje de los mismos, y al momento no está funcional el taller de preparación de componentes, con lo cual mejorarían sus tiempos de ejecución.

#### **4.2.3 Resultados de estimaciones del rendimiento del tiempo empleado en la ejecución de tareas por Mantenimiento Preventivo Mayor**

Como referencia de las labores ejecutadas se procedió a estimar el rendimiento del personal del grupo de mantenimiento, para lo cual se empleó la siguiente ecuación [6]:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo disponible total} \times 100}{\text{Tiempo efectivo real}} \quad (6)$$

(García Garrido, 2012. Pág.77)

Para la obtención del rendimiento, se consideró el tiempo disponible para cada uno de los mantenimientos; el cual se obtiene de la multiplicación del número de técnicos por sus horas disponibles efectivas y por la jornada 14/ 14 (*catorce días de labor por catorce días de descanso*), este valor corresponde a las horas disponibles, el rubro de las horas empleadas se obtiene de la multiplicación del número de técnicos sus horas disponibles efectivas y el número de días que se empleó para la ejecución del mantenimiento (*se considera horas efectivas por día a ocho horas*).

Como se describe en la tabla (15-4) el rendimiento es la división de las horas disponibles por las horas empleadas, estos valores determinan el tiempo óptimo de ejecución, definiéndose a un

valor inferior al 100% como un indicador de una carga mayor de tiempo esperado, y un valor mayor 100% una menor carga del tiempo esperado[6].

Se calcularon las desviaciones de tiempo para cada mantenimiento porcentualmente, con este dato se obtuvo la desviación del tiempo estimado, dividido para el tiempo empelado, encontrándose el retraso medio para cada uno de los mantenimientos ejecutados.

A continuación, se detalla la tabla de rendimiento por tiempo de ejecución del grupo de mantenimiento mayor de OCP Ecuador en el año 2015:

**Tabla 2-4.** Evaluación de rendimiento

Equipo	Horas efectivas de mantenimiento	Horas disponibles	Rendimiento	desviación	Retraso medio
D-0401D	2800	1540	55.00%	1260	90.00
D-0101A	1280	1540	120.31%	-260	-18.57
D-0201D	1200	1540	128.33%	-340	-24.29
D-0401C	2480	1540	62.10%	940	67.14
D-0301E	1360	1540	113.24%	-180	-12.86
D-0301	1120	1540	137.50%	-420	-30.00
D-0301F	1840	1540	83.70%	300	21.43
D-0101B	1200	1540	128.33%	-340	-24.29
D-0301B	1120	1540	137.50%	-420	-30.00
D-0301C	1360	1540	113.24%	-180	-12.86
D-0201C	4000	1540	38.50%	2460	175.71
D-0301D	4560	1540	33.77%	3020	215.71
D-0201A	1360	1540	113.24%	-180	-12.86
D-0101D	0	1540	#DIV/0!	-1540	-110.00
Total	25680	21560	97.29%	4120	294.29

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Se calcularon las desviaciones de tiempo para cada mantenimiento, fin de establecer una comparación de lo planificado contra lo ejecutado obteniéndose los siguientes resultados.

**Tabla 3-4.** Desviación media

<b>Desviación media horas empleadas / horas previstas 2015</b>	
Incremento horas / hombre empleadas	7,980.00
Horas / hombre disponibles	21,560.00
Desviación medida	37%

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Como se determina el tiempo de ejecución fue mayor a lo planificado con una desviación del 37.01% en el número total de horas de ejecución de los mantenimientos mayores para el año 2015.

La variación de los tiempos empleados, en las frecuencias establecidas dependen del número de técnicos que intervengan y el número de actividades planeadas para cada frecuencia, no necesariamente se cumple estos tiempos ya que el Mantenimiento Mayor en aplicación es uno mejorado y llevado a la condición con lo cual la variación en los tiempos se ajustará al requerimiento.

#### ***4.2.4 Evaluación de costos del Mantenimiento Mayor de los equipos Wartsila ejecutados por la empresa Oleoducto de Crudos Pesados Ecuador en el año 2015***

Para evaluar este parámetro se tomó los costos ejecutados para cada frecuencia de mantenimiento comparada con el proveedor Wartsila:

Se definieron como frecuencias para los Mantenimientos Mayores las siguientes:

- 4.000 H más turbos. - En la cual se interviene los turbos porque su frecuencia es de
- 12.000 H por recomendación del fabricante, en este caso se respetó este valor porque al ser un equipo que gira a más de 20.000 rpm sus componentes internos son más susceptibles a desgaste o fatiga.
- Las 4.000 H corresponden a intervención menor del sistema de inyección y remplazo de filtros, inspecciones de comprobación de parámetros y ajustes de cigüeñal (deflexión).
- 12.000 H.- Se evalúa el histórico de intervenciones se intervine los turbos y componentes internos del motor, se remplazan componentes de desgaste si la metrología así lo determina, si el histórico determina el buen estado de los componentes sólo se interviene turbos y se alarga 4.000 H la intervención posterior.
- 28.000 H.- En esta frecuencia ya se ejecutó el alargue de 4.000 H con lo que se intervienen todos los componentes internos móviles, se evalúan sus componentes y se lo remplaza si es requerido.
- 16.000 H.- Esta frecuencia se define por que no se ejecuta alargue se interviene el sistema de inyección y árbol de levas, como lo determina el manual del fabricante.

- Se reemplazan todos los componentes del sistema de inyección (bombas, inyectores) en el caso del árbol de levas, se evalúa el desgaste de cojinetes y segmentos si la metrología lo determina se los reemplaza.

En todos los casos de los mantenimientos mayores del año 2015, se procedió al virado de carcasas de los turbos, este procedimiento se lo determinó con el estudio de análisis por erosión en caliente, por las perforaciones de las carcasas de entrada de los turbos, las que se definieron como tiempo de vida útil 24.000 H para este componente, inicialmente se adquirieron carcasas nuevas para este propósito, sin embargo por experiencia de empresas petroleras pares en operación con equipos similares Wartsila, se concluyó la posibilidad de virar las carcasas entre bancos (A,B) al ser un motor en (V) se consiguió devolver el tiempo de vida útil inicial de la carcasa virada por su posición, al ser cambiada al otro banco, su área de desgaste va al lado contrario, con esta práctica el costo de los componentes en reemplazos es un 80% menor en relación a un componente nuevo.

Se estableció el registro de los mantenimientos mayores ejecutados en años anteriores por Wartsila Ecuador y los efectuados por el grupo de Mantenimiento Mayor de OCP, se validaron los datos, y estos son comparados entre las frecuencias correspondientes.

Los valores comparados son menores en el caso de OCP Ecuador, y la frecuencia más eficiente es la de 16.000 H, donde la variación es importante sin embargo debemos acotar que éstos corresponden solamente al año 2015, de igual manera se consideró para esta comparación de forma referencial al contrato por servicios vigente con Wartsila y OCP, el cual define los costos tanto en la mano de obra por un valor de 68,24 USD por hora /hombre, como de los repuestos.

Es importante señalar que de esta manera se determinó los costos de inversión real, para su posterior análisis.

**Tabla 4-4** Comparación de costos Wartsila- OCP

<b>Evaluación de costos Mantenimientos Mayores OCP Ecuador 2015 equipos Wartsila</b>		
	<b>Gasto</b>	<b>Planeado</b>
Costo repuestos (USD)	2,632,118.26	3,219,120.25
Costo hora/hombre (USD)	20.19	68.38
Horas por tarea	25,680.00	21,560.00
Costo mano de obra OCP	518,400.00	1,474,320.00
Total	3,150,518.26	4,693,440.25
<b>Diferencia (USD)</b>	<b>1,542,921.99</b>	

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

#### **4.2.5 Determinación de costos presupuestados y ejecutados de Mantenimiento Mayor para el año 2015**

Para la definición de los costos de los mantenimientos mayores de los equipos Wartsila planificados para el año 2015, se establece por parte de la Empresa OCP Ecuador la asignación de los recursos para este propósito considerándose el cumplimiento de las horas de funcionamiento de los activos en las frecuencias definidas para este efecto, y lo que costó ejecutar estos mantenimientos en años anteriores. Para el control de los costos se definen por cuentas de mantenimiento para cada equipo intervenido y se asigna el valor cuando esté es cancelado a cada cuenta.

**Tabla 5-4.** Asignación presupuestaria OCP

<b>Presupuesto asignado en el año 2015 para Mantenimiento Mayor OCP (USD)</b>	
Repuestos	3,219,120.25
Mano de obra	1,474,320.00
<b>Total</b>	<b>4,693,440.25</b>

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Los costos de ejecución se determinan por la asignación de los recursos a una orden de trabajo, creada automáticamente en el sistema EAM (*Software para la gestión de activos*) al cumplimiento de las horas de funcionamiento.

La misma que está ligada a la planificación del mantenimiento preventivo del equipo establecido en el plan de mantenimiento creado previamente para la vida útil del activo fin de mantener su funcionalidad en el tiempo, a está se asigna los repuestos, materiales, la carga de mano de obra y los servicios de terceros, cuando esta orden es cerrada, el sistema costea todos los componentes y determina el costo en mano de obra y en recursos, sean estos servicios o repuestos, de esta manera se determina el costo por equipo y por frecuencia de mantenimiento preventivo.

**Tabla 6-4.** Ejecución Presupuestaria OCP

<b>Presupuesto ejecutado en el año 2015 por OCP Ecuador (USD)</b>	
Repuestos	2,632,118.26
Mano de obra	518,400.00
<b>Total</b>	<b>3,150,518.26</b>

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Determinados los costos asignados y los ejecutados se compara cada valor asignado por equipo y se ejecuta el balance correspondiente determinándose los valores que se podrán considerar de ahorro.

**Tabla 7-4.** Balance de costos

<b>Balance presupuestado / Gasto 2015 (USD)</b>	
Repuestos	587,001.99
Mano de obra	887,318.01
<b>Total</b>	<b>1,474,320.00</b>

*Realizado por: Guevara J, 2016*

#### **4.2.6 Evaluación de la planificación, logística y control de la ejecución de los mantenimientos mayores programados para el año 2015**

La planificación operativa estableció la ejecución de catorce mantenimientos mayores para los equipos Wartsila en las estaciones de bombeo oriente en el año 2015, se ejecutaron trece mantenimientos, lo cual representa un 90% de cumplimiento.

En el caso de la intervención de la unidad D-0101D planificada para el mes de diciembre/15, está no se cumplió por la falta de recursos ya que por parte de la planificación táctica se definió

la entrega de repuestos en el mes de noviembre/2015 sea trasladada al mes de enero/2016, por la directriz de la Gerencia de Operaciones de un recorte presupuestario.

Logísticamente el proceso de Cadena de Abastecimientos de la Empresa OCP Ecuador, cumplió con la entrega de los repuestos a cada una de las órdenes de trabajo creadas para cada equipo, en algunos casos estos recursos fueron devueltos por mala calidad o fallas en el funcionamiento.

En el proceso de Cadena de Abastecimientos mantiene sus políticas para la adquisición de recursos valoradas esencialmente por costo, mas no por argumentación técnica.

#### ***4.3 Resultados de la auditoría del Mantenimiento Preventivo Mayor en el año 2015 ejecutado por los técnicos de la Empresa OCP Ecuador***

A continuación, en la (tabla 21-4), el detalle de los resultados obtenidos en la auditoria cualitativa en un consolidado de todos los mantenimientos mayores ejecutados a los equipos Wartsila planificados para el año 2015.

Como se describe el cumplimiento de la ejecución de los mantenimientos mayores de los equipos Wartsila es en promedio de un 86,64 %, descrita en la metodología utilizada como satisfactorio.

Considerándose que la puntuación mínima aceptable es de 70 %.

El objetivo de la evaluación realizada a la ejecución de los mantenimientos mayores es la búsqueda del mejoramiento continuo, por lo que la valoración establecida se considera como satisfactoria, pero con opciones de mejora.

Como se evidencia en la tabla de resultados los valores son relativamente altos, porque en cada equipo se cumplió con el objetivo del mantenimiento, en devolver la función al equipo con un estándar de calidad adecuado y aceptado por la organización, ningún equipo intervenido ha presentado indisponibilidad operativa luego de efectuado el Mantenimiento Preventivo Mayor.

La auditoría inicia por equipo, luego de concluido el mantenimiento y cerrada la Orden de Trabajo, generada en el sistema de administración del mantenimiento Infor EAM, recopilando los datos requeridos en algunos casos directamente en la instalación donde se intervino el

equipo, se procede a su medición cualitativa en los formatos creados para este propósito, la siguiente medición al ejecuto el supervisor de la instalación con el mismo formato.

La metodología empleada establece un análisis documental sobre las actividades realizadas, esta revisión se efectuó a cada uno de los reportes generados por el personal de mantenimiento mayor OCP, y adjuntado a cada OT de trabajo.

**Tabla 8-4. Resultados cuantitativos auditoría**

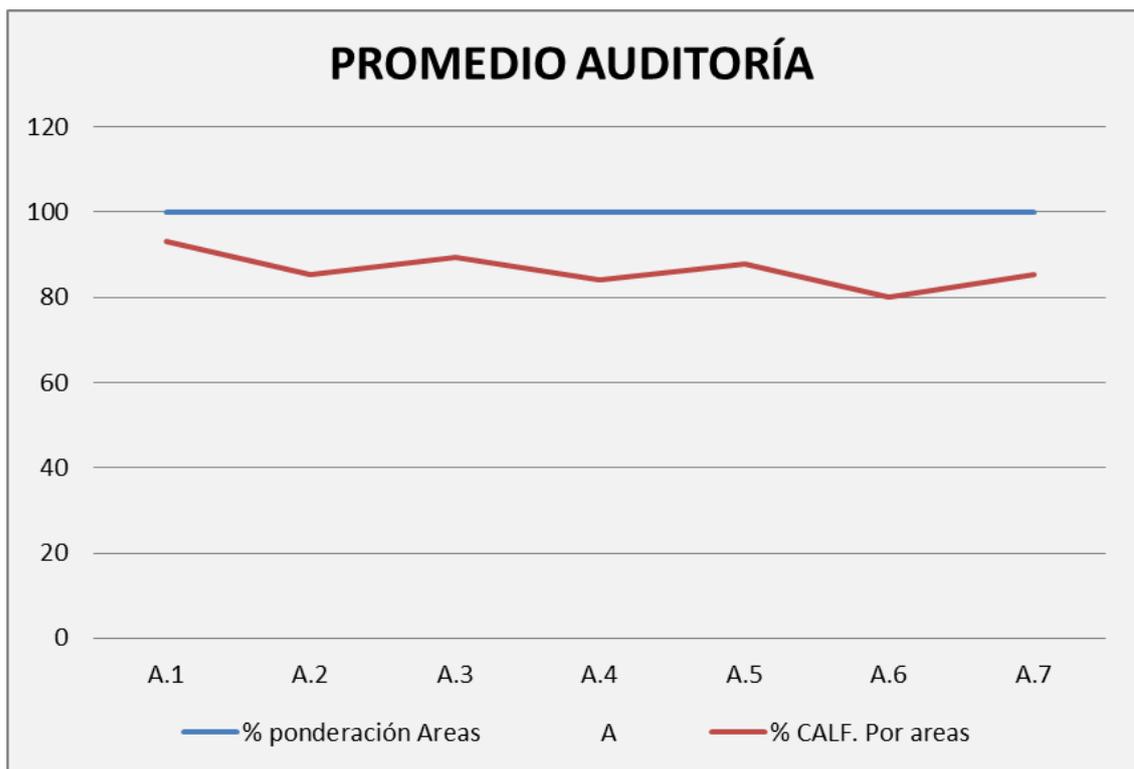
Resultados auditoría de los Mantenimientos Mayores OCP ejecutados en el año 2015																	
Diagnóstico de la gestión del Mantenimiento Mayor para los equipos wartsila																	
% ponderación Areas A	Areas/funcionales	% Ponderación funciones B	C= Calificación área/función (10 perfecto)										% Calf. area D=Bx C/10	% Calf. mnto F=AxD/100	<u>Conclusiones</u>		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				10	
16	Organización Personal	100												9	89	14.24	Se cumplio con el objetivo del mantenimiento con personal de OCP en un 86.64 % considerado como aceptable
10	Cumplimiento Planificación	100												8	80	8	Por la recepción de los repuestos a fuera de la programación las tareas se retrasaron
20	Directrices de mantenimiento	100												9	90	18	
10	Dotación repuestos y logística	100												8	80	8	Mejorar la gestión de cadena de abastecimientos en la asignación de repuestos a las Ordenes de Trabajo
12	Contratación	100												9	90	10.8	Se plantea en el nuevo contrato definir multas por no cumplimiento en % del servicio prestado
12	Presupuesto de mantenimiento	100												8	80	9.6	
20	Eficiencia	100												9	90	18	La intervención de cadena de abastecimientos debe ser de mayor empoderamiento, ya que no registran control de los repuestos a las OT asignadas
100											<i>Cumplimiento</i>						
											86.64						

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

#### 4.3.1 Las variables medidas con menor calificación en la auditoría

- Cumplimiento de la planificación. - Está fue ajustada al requerimiento de cada instalación, no en todos los casos fue posible intervenirlos en los meses programados, por lo que en algunos casos se adelantaron o atrasaron los mantenimientos.

- Dotación de repuestos y logística. Si bien el departamento de cadena de abastecimientos cumplió con la planificación en asignar los repuestos a cada orden de trabajo, la identificación y codificación de los repuestos retrasaron en algunos casos la entrega oportuna.
- Presupuesto de mantenimiento. Al ser ajustada la programación de los mantenimientos descrito en los puntos anteriores, no se cumplió con la asignación presupuestaria establecida al mes de asignación para cada equipo, por lo que el balance general de costo de la empresa debió ser revisado continuamente, con la afectación a los indicadores financieros empresariales.



**Figura 12-4.** Tendencia de calificación por cumplimiento

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

En la tendencia de la gráfica se representa el cumplimiento de las áreas funcionales evaluadas, en este caso el área con menor puntaje corresponde a la A6 (Presupuesto mantenimiento) como lo mencionamos anteriormente no se cumplió en su totalidad la asignación presupuestaria en los meses planificados, por lo que los índices financieros de la organización se afectaron.

#### 4.3.2 *No conformidades evidentes en la auditoría*

En el desarrollo de la investigación se evidencia las siguientes no conformidades descritas a continuación:

- No existen formatos estándar para registro de metrología y reportes
- El registro de los reportes en las OT de trabajo es insuficiente
- A pesar de mantener reuniones previas a los mantenimientos mayores, los enlaces entre los sub procesos del área no están estructurados, no en todos los mantenimientos se ejecutaron análisis antes y después de las intervenciones
- La instalación definida como taller en la estación Sardinas aún no está su funcionalidad completa, los equipos instalados para los mantenimientos mayores están operando parcialmente
- Los datos emitidos por el laboratorio de lubricantes de OCP son insuficientes, en varios mantenimientos se ha remplazado el aceite por falta de información

#### 4.3.3 *Análisis de costos establecidos en la auditoría*

Para el análisis de los costos se consideran los registros de pago emitidos en el sistema Infor EAM a partir del año 2010 hasta el año 2014, para el caso del proveedor Wartsila. Para el costo de las intervenciones de OCP se considera los datos de las OT de trabajo asignado por equipo al finalizar el mantenimiento y el cierre contable de la OT para el año 2015.

**Tabla 8-4.** Resultados cuantitativos auditoría

<b>Tabla comparativa de costos de Mantenimiento Preventivo Mayor Wartsila 2015</b>		
Descripción	Costo Wartsila (USD)	Costo OCP (USD)
Cuatro años	10,624,050.00	0.00
Por año	2,656,012.00	3,182,738.45
Por número de mantenimientos	8	13
Promedio por mantenimientos	332,001.00	244,826.03
<b>Diferencia</b>	<b>87,175.56</b>	

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Se representa los costos de inversión efectuados para el mantenimiento mayor de los equipos Wartsila por el proveedor Wartsila y por el grupo de Mantenimiento Mayor de OCP, de los registros analizados Wartsila ejecutó 32 mantenimientos mayores en un periodo de cuatro años, es decir a un promedio de ocho mantenimientos por año a un costo promedio de 332.000 USD por mantenimiento.

El grupo de mantenimiento mayor de OCP Ecuador ejecutó en el año 2015 trece mantenimientos a un promedio de costo por mantenimiento de 240.000 +/- USD, *evidenciándose una mejor efectividad del grupo de OCP a menor costo*

Los resultados en la disminución de costos son evidentes entre lo asignado y ejecutado, en el rubro de los repuestos corresponde a los componentes no utilizados y devueltos a bodega y su stock, por la estrategia del mantenimiento a condición, los componentes son evaluados y su replazo es ejecutado, si estos sobrepasan los umbrales de desgaste.

En el caso de la mano de obra, el presupuesto asignado fue estimado en base a lo pagado a un proveedor externo en años anteriores, sin embargo, en la ejecución estos valores no representan el costo real por este rubro, es decir este valor fue sobreestimado.

La proporción del costo por mano de obra del grupo de mantenimiento es de 20.19 USD / hora, por cada técnico integrante del grupo, es decir el costo del grupo es de 20.19 USD / hora del personal de OCP, este valor mantiene variaciones importantes porque en el número global de horas empleadas fue superior en un 37% sobre las horas disponibles, sin embargo, la efectividad en la cantidad de mantenimientos ejecutados determina un ahorro en el global de los recursos empleados.

En la (tabla 24-4) se comparan los costos de mano de obra si se ejecutaban el mismo número de mantenimientos con Wartsila en el año 2015, como es evidente esto representaría un 200% más de los ejecutado con el grupo de Mantenimiento por OCP.

**Tabla 9-4.** Comparación costos mano de obra

Costo hora / hombre. Díez técnicos OCP	20.19
Costo hora / hombre. Díez técnicos Wartsila	68.24
Costo Wartsila (USD)	1,561,331.20
Costo OCP (USD)	518,479.20

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

#### 4.2.8 Verificación de la hipótesis

En la investigación propuesta en este caso se plantea como hipótesis el cumplimiento de los parámetros requeridos para garantizar una operación confiable luego de las intervenciones del Mantenimiento Preventivo Mayor en los equipos Wartsila, ejecutadas por el grupo creado para este propósito por OCP Ecuador, se considera los datos de confiabilidad calculados en la investigación como el parámetro a ser medido y verificado.

Para esto se toma la comparación de dos poblaciones, el promedio de la confiabilidad de los mismos equipos objeto de la investigación intervenidos por Wartsila antes del año 2015 que es de 0,63 %, y el promedio de la confiabilidad del año 2015 después de las intervenciones por OCP Ecuador que es del 0,84%, en el segundo caso sería la hipótesis nula, que la describiríamos de la siguiente manera:

$$H_0: u \geq 0,84$$

En el segundo caso sería la hipótesis alterna:

$$H_1: u < 0,84$$

**Tabla 10-4.** Datos estadísticos de las muestras

<b>Datos para el procesamiento estadístico</b>			
<i>Antes de la intervención OCP</i>		<i>Después de la intervención OCP</i>	
X	0.62	X	0.84
U	0.66	U	0.84
S2	0.1169	S1	0.1193
N	14	N	13

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

Como se describe en la tabla, se detallan los datos estadísticos calculados con las poblaciones objeto del análisis antes y después de las intervenciones en el periodo 2015.

Dónde:

X= Media de la muestra

U= Valor especificado como hipótesis

S= Desviación estándar de la muestra

N= tamaño de la muestra

Para la demostración de la hipótesis se utiliza el método tradicional para la prueba de hipótesis  $t$  considerando que la muestra poblacional es  $N > 30$  (*Anexo B*) los resultados se muestran en la (tabla 26-4), el procesamiento se realizó con la ayuda del paquete estadístico office Excel; de la tabla se puede apreciar que la hipótesis nula  $H_0$  no se rechaza. Al no ser rechazada la hipótesis nula, concluiremos que efectivamente se verifica que la hipótesis nula es verdadera, al aseverar que efectivamente el grupo de mantenimiento mayor del OCP garantiza la operación confiable de los equipos luego de sus intervenciones por el incremento de la confiabilidad en un 0,18.

**Tabla 11-4.** Test de hipótesis, Excel Office

<b>hipotesis Q</b>	
(assumes unequal population variances)	
Hypothesized Difference	0.18
Level of Significance	0.05
Population 1 Sample	
Sample Size	14
Sample Mean	0.632805415
Sample Standard Deviation	0.1194
Population 2 Sample	
Sample Size	14
Sample Mean	0.84388713
Sample Standard Deviation	0.1193
Intermediate Calculations	
Numerator of Degrees of Freedom	0.0000
Denominator of Degrees of Freedom	0.0000
Total Degrees of Freedom	26.0000
Degrees of Freedom	25
Standard Error	0.0451
Difference in Sample Means	-0.2111
<b>Separate-Variance <math>t</math> Test Statistic</b>	<b>-8.6676</b>
<b>Two-Tail Test</b>	
<b>Lower Critical Value</b>	<b>-2.0630</b>
<b>Upper Critical Value</b>	<b>2.0630</b>
<b><math>p</math>-Value</b>	<b>0.1073</b>
<b>Do not reject the null hypothesis</b>	

Realizado Por: Guevara J, 2016

## CAPITULO V

### 5.- PROPUESTA

#### 5.1 Aporte de la investigación

En la presente investigación como aporte científico se propone el siguiente árbol de decisión para la ejecución de auditorías de activos mantenibles o aplicable para procesos que gestionen algún tipo de mantenimiento en el Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador y éstos requieran ser evaluados de forma periódica.

##### 5.1.1...*Metodología propuesta*

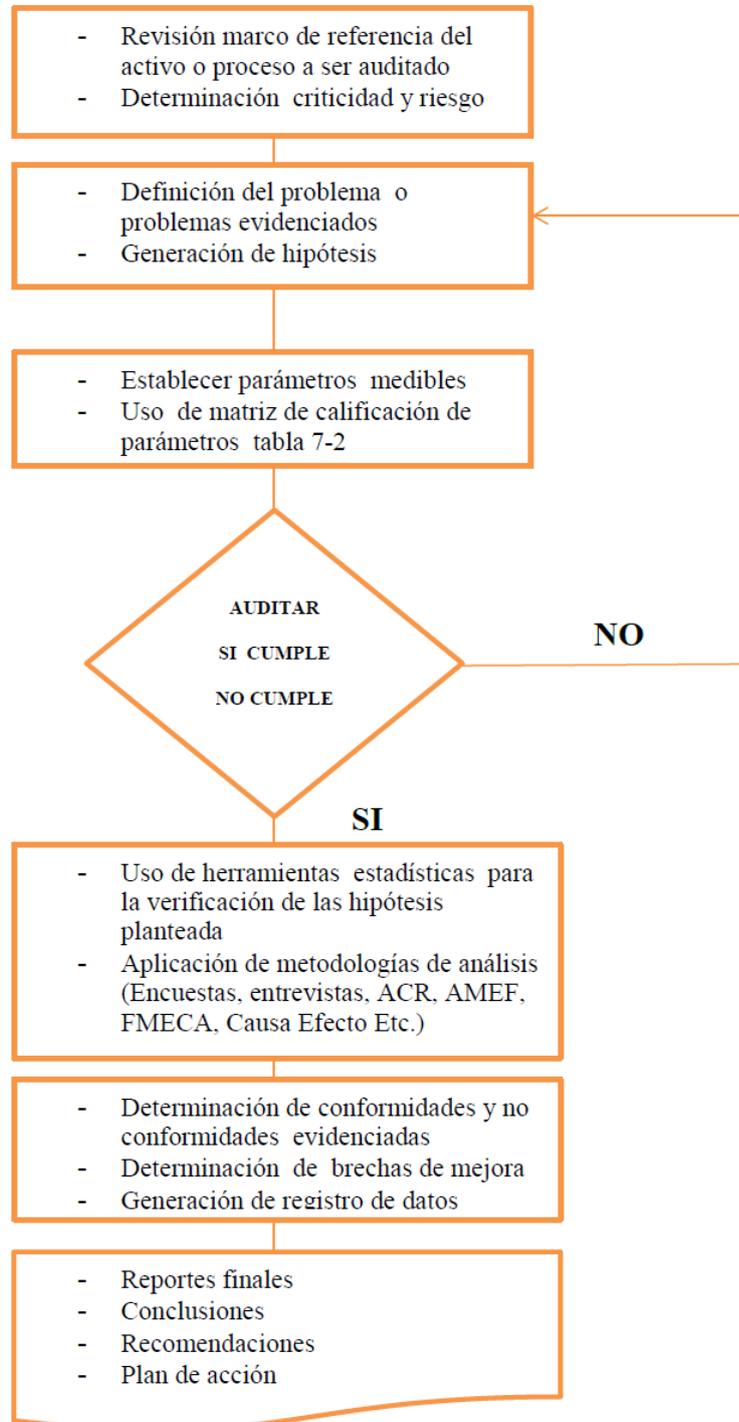
La metodología establece los pasos básicos que se ha de considerar para la utilización de una auditoria de mantenimiento como herramienta de evaluación cualitativa y cuantitativa de un determinado proceso o activo mantenible.

En el primer paso describe el estudio del proceso o activo de manera que se establezcan claramente los lineamientos de su funcionalidad, a continuación se referencia la necesidad de un análisis básico de riesgo y criticidad.

En el segundo y tercer paso, se establece el problema a ser resuelto y el planteamiento de la hipótesis, así como la definición de los parámetros a ser medidos, y la aplicación de las matrices de evaluación establecidas en la presente investigación.

Con los resultados de la evaluación se verificará el cumplimiento o no de los parámetros medidos, si no pasa la valoración se regresa al paso dos, si la valoración es cumplida se deberá verificar la hipótesis planteada, y evidenciar los hallazgos, así como documentar los resultados de la evaluación, el plan de acción deberá ser socializado con los usuarios finales del activo o proceso evaluado.

## ÁRBOL DE DECISIÓN PARA LA EJECUCIÓN DE AUDITORIAS PARA EL MANTENIMIENTO DE ACTIVOS



**Figura 13-4.** Árbol de decisión

*Realizado Por: Guevara J, 2016*

## CONCLUSIONES

- En el desarrollo de la investigación se establecieron criterios definidos por el autor, los cuales la empresa Oleoducto de Crudos Pesados OCP Ecuador se reserva el derecho a aceptarlos o rechazarlos.
- La metodología utilizada en la investigación definió los parámetros medidos de forma cualitativa y cuantitativa, la calidad de los servicios establecidos en los Mantenimientos Mayores evidencia competencias satisfactorias del personal que conforma el grupo de mantenimiento.
- Al evidenciarse una diferencia ímportate (0,18%) en la confiabilidad medida luego de las intervenciones se garantiza que la estrategia de la dirección del mantenimiento de OCP Ecuador, en intervenir los equipos Wartsila con personal interno fue acertada, y se cumple con los objetivos de disponibilidad, eficacia y eficiencia de los equipos intervenidos.
- En el análisis de costos, si bien existió un ahorro en los valores ejecutados comparados con los asignados, el costo por la mano de obra se sobreestimó, porque se respaldó la ejecución de los Mantenimientos Preventivos Mayores con la contratista Wartsila. Como alternativa si el grupo de OCP no podía cumplir con el número de los mantenimientos planificados para el año 2015, caso que no ocurrió y el valor de eficacia del grupo fue del 90%, sobrepasando la expectativa.
- El incumplimiento de las asignaciones presupuestarias en los meses planificados, afectaron a los índices financieros de la organización, lo que se evidencio en la auditoría, validando la eficacia de la metodología aplicada en este caso.
- En la práctica se llevó a los Mantenimientos Preventivos denominados Mayores para los equipos Wartsila a condición, es decir se reemplazaron componentes si es necesario. Contribuyendo a un mejoramiento del stock de repuestos y afectándose positivamente a lo que se presupuestarían para el año 2016 en componentes reemplazables.

- El costo calculado para (hora / hombre) del grupo de Mantenimiento Mayor de OCP Ecuador se podría considerar adecuado comparado con empresas pares de la industria petrolera en Ecuador, sin embargo, se aclara que la Empresa OCP, no incremento su nómina para la creación de este equipo multidisciplinario de trabajo, más bien tomo técnicos de las estaciones de bombeo disminuyéndose la capacidad operativa del personal de donde se tomó el recurso.
- Al considerar el recurso humano más idóneo para conformar el equipo de Mantenimiento Preventivo Mayor, por haber contribuido efectivamente al cumplimiento de los objetivos planteados por OCP Ecuador, se garantiza su capacidad de adaptación ante los requerimientos de la industria en la reducción de costos por contingencias externas en tiempos de crisis.
- La investigación desarrollada establece los parámetros básicos para la aplicación de auditorías internas aplicadas al mantenimiento, este estudio podrá ser configurado y usado en las condiciones y variables que se deseen medir, en otros equipos o áreas.
- El aporte científico de la presente investigación se fundamenta en la creación de una metodología propia de OCP para la evaluación de sus procesos de mantenimiento, así como la vinculación de éstos a las demás áreas funcionales del oleoducto.
- Se determinó que el proceso de cadena de abastecimientos impone su decisión por el costo antes que por los criterios técnicos para la compra de repuestos y recursos.

## RECOMENDACIONES

- La evidencia de los buenos resultados obtenidos por la adopción de tareas encomendadas anteriormente a terceros, considerar como estrategia empresarial, fin de establecer planes de desarrollo de personal, para garantizar la conservación del recurso humano idóneo y capacitado.
- Estratégicamente la Planificación del Mantenimiento Empresarial de OCP Ecuador, adoptar al mantenimiento condicional aplicado en los equipos Wartsila para el año 2015, a otras áreas o equipos, revisándose su plan integral de mantenimiento preventivo.
- Para que el grupo de Mantenimiento Mayor sea más eficiente, adoptar tareas similares en equipos de combustión interna diferentes a los motores Wartsila, como son los Motores Caterpillar del sistema booster en Amazonas, que actualmente se desarrollan con un proveedor externo.
- La aplicación de auditorías internas para el mantenimiento, estandarizar en las demás áreas del mantenimiento en la organización, fin de aplicarlas de forma periódica, lo cual mejorará la gestión del mantenimiento y podrá establecer valores cualitativos y cuantitativos para un mejoramiento continuo de la calidad y sus costos de ejecución.
- Especializar al personal de cada área del oleoducto, para reducir el costo de cada actividad de mantenimiento y así reducir el costo del Mantenimiento Mayor del OCP.
- Los periodos de auditoría de los activos definir por su criticidad dentro de los procesos para la operación del transporte de petróleo.
- La documentación generada por los mantenimientos mayores estandarizar y crear los formatos de registro.
- Mejorar los enlaces entre los subprocesos del mantenimiento como área.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA ISO**, 14224 (2006) *Estándar internacional de las industrias del petróleo petroquímicas y gas, recolección bases de datos para la confiabilidad del mantenimiento de equipos*. EE. UU: ISO. Texas, Pág. 03.
- [2] **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA ISO**, 55001 (2014) *Estándar internacional requerimientos para la implementación de gestión de activos*. EE. UU: ISO. New York, Pág. 05,06.
- [3] **ESTADOS UNIDOS DE AMERICA ISO**, 31001 (2014) *Estándar internacional requerimientos para la implementación de gestión de riesgo*. EE. UU: ISO. New York, Pág.10, 12.
- [4] **ECUADOR OLEODUCTO DE CRUDOS PESADOS OCP ECUADOR S.A** (2003) *Manual de operación de oleoducto*. Ecuador: Biblioteca Empresarial. Quito, Pág. 03, 15, 18, 25, 38,55.
- [5] **GARCIA GARRIDO, S.** (2003) *Organización y gestión integral de mantenimiento*. Ediciones Díaz de Santos S.A. Madrid España Doña Juana I de Castilla, 22 28027. Pág., 76, 77, 101,120.
- [6] **SEXTO, F.** (2014) *Modulo auditoria para evaluar la gestión del mantenimiento en la empresa*. Italia: Radical management. Roma, Pág., 03-10.
- [7] **LOURIVAL, A** (2003) *Auditorias de mantenimiento*. México: Copiman. DF. México Pág., 01-10.
- [8] **NEL QUEZADA, L** (2010) *Estadística para Ingenieros*. Perú Editorial Macro Lima Pág., 21, 276-280.
- [9] **TRIOLA, M.** (2009) *Estadística*. 10º ed. México: Editorial Pearson Educación pág., 904.
- [10] **SAE JA 1012** (2002) *A Guide to the Reliability-Centered Maintenance (RCM) Standard*. USA: Editado por Society of Automotive Engineers. G-11m. pág, 57

## ANEXOS

### ANEXO A.- Encuesta aplicada al personal de Mantenimiento Preventivo Mayor OCP Ecuador



## ENCUESTA

**INSTALACIÓN.....**

**CARGO.....**

**ESPECIALIDAD.....**

***1.- ¿Cómo calificaría la decisión de asumir los Mantenimientos Preventivos Mayores de los equipos Wartsila por la empresa OCP Ecuador?***

Muy Buena..... Buena..... Regular..... Mala.....

***2.- ¿Considera que su trabajo es importante para la organización del mantenimiento?***

Si..... No..... No Sabe.....

***3.- ¿Considera que el trabajo aportado por usted va disminuir los costos del mantenimiento de los equipos Wartsila?***

Si..... No..... No Sabe.....

**4.- *¿Considera que los recursos técnicos (equipos, herramientas e instrumentos) asignados para sus tareas son suficientes para el cumplimiento de sus objetivos?***

Si..... No.....

**5.- *¿Conoce usted qué tipo de mantenimientos se ejecutan en la empresa?***

Si..... No..... No Sabe.....

**6.- *¿Ha recibido usted cursos de capacitación sobre gestión de mantenimiento?***

Si..... No.....

**7.- *¿Considera usted necesario recibir cursos de capacitación especializada en las áreas del mantenimiento industrial?***

Si..... No..... No Sabe.....

**8.- *¿Conoce si existe un histórico de fallas de los activos en el área de mantenimiento?***

Si..... No..... No Sabe.....

**9.- *¿Podría usted citar algunas de las causas más frecuentes por las cuales han fallado los activos intervenidos en los mantenimientos mayores?***

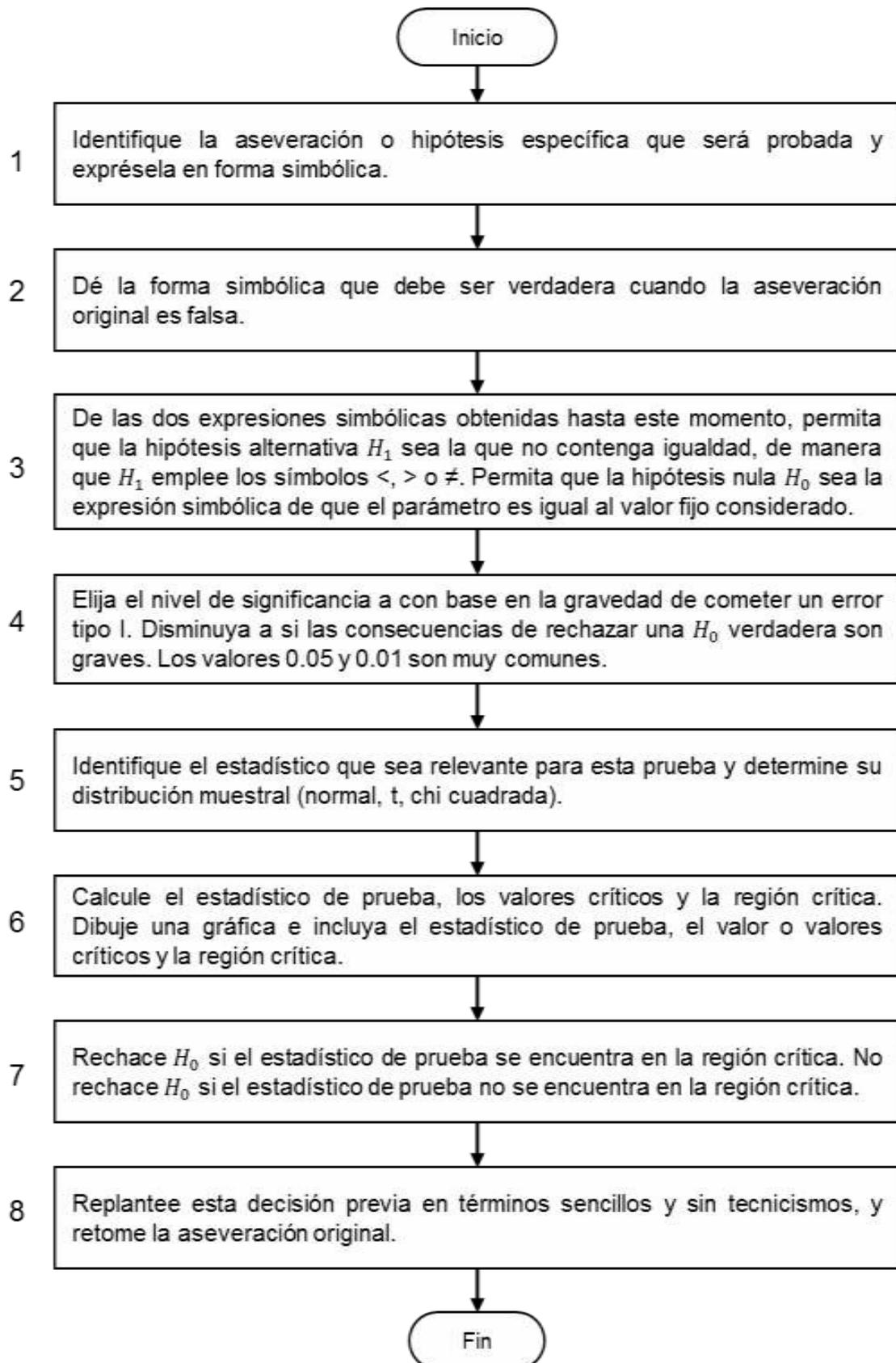
Si..... No..... No Sabe.....

**10.- *¿En caso de ser afirmativa su respuesta cual sería el sistema que usted considera que más ha fallado?***

.....

Gracias por su colaboración

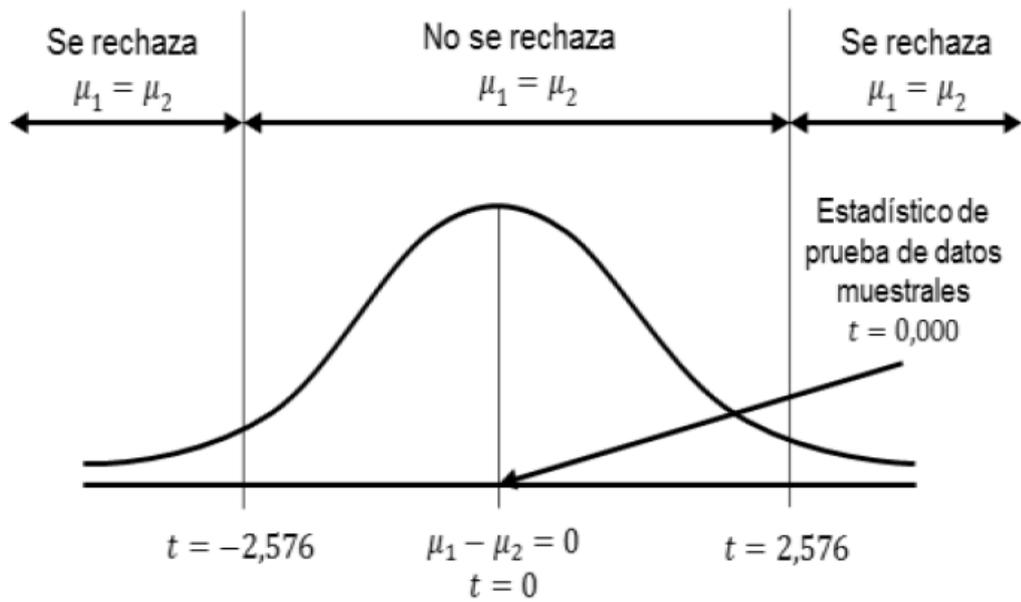
## ANEXO B Método tradicional para la prueba de hipótesis



**Tabla B 1.** Distribución t, valores críticos

Grados de libertad	Área de una colas				
	$\alpha = 0,005$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,025$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,10$
	Área de dos colas				
	$\alpha/2 = 0,01$	$\alpha/2 = 0,025$	$\alpha/2 = 0,05$	$\alpha/2 = 0,10$	$\alpha/2 = 0,20$
1	63,657	31,821	12,706	6,314	3,078
2	9,925	6,965	4,303	2,920	1,886
3	5,841	4,541	3,182	2,353	1,638
4	4,604	3,747	2,776	2,132	1,533
5	4,032	3,365	2,571	2,015	1,476
6	3,707	3,143	2,447	1,943	1,440
7	3,499	2,998	2,365	1,895	1,415
8	3,355	2,896	2,306	1,860	1,397
9	3,250	2,821	2,262	1,833	1,383
10	3,169	2,764	2,228	1,812	1,372
11	3,106	2,718	2,201	1,796	1,363
12	3,055	2,681	2,179	1,782	1,356
13	3,012	2,650	2,160	1,771	1,350
14	2,977	2,624	2,145	1,761	1,345
15	2,947	2,602	2,131	1,753	1,341
16	2,921	2,583	2,120	1,746	1,337
17	2,898	2,567	2,110	1,740	1,333
18	2,878	2,552	2,101	1,734	1,330
19	2,861	2,539	2,093	1,729	1,328
20	2,845	2,528	2,086	1,725	1,325
21	2,831	2,518	2,080	1,721	1,323
22	2,819	2,508	2,074	1,717	1,321
23	2,807	2,500	2,069	1,714	1,319
24	2,797	2,492	2,064	1,711	1,318
25	2,787	2,485	2,060	1,708	1,316
26	2,779	2,479	2,056	1,706	1,315
27	2,771	2,473	2,052	1,703	1,314
28	2,763	2,467	2,048	1,701	1,313
29	2,756	2,462	2,045	1,699	1,311
30	2,750	2,457	2,042	1,697	1,310
31	2,744	2,453	2,040	1,696	1,309
32	2,738	2,449	2,037	1,694	1,309
34	2,728	2,441	2,032	1,691	1,307
36	2,719	2,434	2,028	1,688	1,306
38	2,712	2,429	2,024	1,686	1,304
40	2,704	2,423	2,021	1,684	1,303
45	2,690	2,412	2,014	1,679	1,301
50	2,678	2,403	2,009	1,676	1,299
55	2,668	2,396	2,004	1,673	1,297
60	2,660	2,390	2,000	1,671	1,296
65	2,654	2,385	1,997	1,669	1,295
70	2,648	2,381	1,994	1,667	1,294
75	2,643	2,377	1,992	1,665	1,293
80	2,639	2,374	1,990	1,664	1,292
90	2,632	2,368	1,987	1,662	1,291
100	2,626	2,364	1,984	1,660	1,290
200	2,601	2,345	1,972	1,653	1,286
300	2,592	2,339	1,968	1,650	1,284
400	2,588	2,336	1,966	1,649	1,284
500	2,586	2,334	1,965	1,648	1,283
750	2,582	2,331	1,963	1,647	1,283
1000	2,581	2,330	1,962	1,646	1,282
2000	2,578	2,328	1,961	1,646	1,282
Grande	2,576	2,326	1,960	1,645	1,282

Fuente: Triola (2009), p. 477.



**Figura 1 B.** Prueba de hipótesis

*Realizado Por: J Guevara 2016*



DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0101A 32000 OCP 2015																
% ponderación Areas A	Areas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	
16	A. 1. Organización, Personal, Relaciones	100													91	14,56
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10								7					7	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20										9			18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20										9			18	
	A.1.4. Planes de formación	15										9			13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10		30	
	A.1.6. Comunicación	5										9			4,5	
10	A.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100													78,7	7,87
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20										9			18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20										9			18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8									8				6,4	
	A.2.4. Definición de materiales	15								7					10,5	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8								7					5,6	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8										8			6,4	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15							6						9	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6										8			4,8	
20	A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	100													87,5	17,5
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15										9			13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible	10										9			9	
	A.3.3. Historial equipos	20									8				16	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25										9			22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10										9			9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5										8			4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15										9			13,5	
10	A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	100													80	8,00
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30										8			24	
	A.4.2. Recepción de materiales	30									7				21	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20										9			18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10										9			9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10										8			8	
12	A.5. CONTRATACIÓN	100													88	10,56
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30										9			27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30										9			27	
	A. 5.3. Selección de Contratistas	20										9			18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20										8			16	
12	A.6. Presupuestos de Mantenimiento	100													88,5	10,62
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50										9			45	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20										9			18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5										9			4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10										8			8	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10										9			9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5										8			4	
20	A.7. EFICIENCIA	100													84,5	16,9
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15										8			12	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20										8			16	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20										9			18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10										9			9	
	A.7. 5. Estado de las Instalaciones-Averías	15										9			13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20										8			16	
100																86,01

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0101B 24000+TURBOS OCP 2015																
% ponderación Areas A	Araes/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	
16	A. 1. Organización, Personal, Relaciones	100													93	14,88
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9		9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9		18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9		18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9		13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10		30	
	A.1.6. Comunicación	5											9		4,5	
10	A.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100													90	9
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9		18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9		18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9		7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15											9		13,5	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8											9		7,2	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8											9		7,2	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											9		13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6											9		5,4	
20	A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	100													86,5	17,3
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9		13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible	10											9		9	
	A.3.3. Historial equipos	20										8		16		
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											9		22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9		9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											9		4,5	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											8		12	
10	A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	100													90	9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											9		27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30											9		27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9		18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											9		9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											9		9	
12	A.5. CONTRATACIÓN	100													82	9,84
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9		27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30								7					21	
	A. 5.3. Selección de Contratistas	20											9		18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											8		16	
12	A.6. Presupuestos de Mantenimiento	100													89,5	10,74
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											9		45	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9		18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9		4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											9		9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											9		9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											8		4	
20	A.7. EFICIENCIA	100													90	18
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											9		13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9		18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											9		18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10											9		9	
	A.7. 5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9		13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9		18	
100																88,76

% ponderación Áreas A	Áreas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. A REA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100														93	14,88
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9			9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9			18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9			18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9			13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30												10		30	
	A.1.6. Comunicación	5											9			4,5	
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100														86,9	8,69
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9			18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9			18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9			7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15										8				12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8										8				6,4	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8										8				6,4	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											9			13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6											9			5,4	
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100														89,5	17,9
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9			13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10											9			9	
	A.3.3. Historial equipos	20											9			18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											9			22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9			9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5										8				4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9			13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100														75	7,5
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											9			27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30					4									12	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9			18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											9			9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											9			9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100														85	10,2
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9			27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30										8				24	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20											9			18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20										8				16	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100														45	5,4
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50	0													0	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9			18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9			4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											9			9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											9			9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											9			4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100														90	18
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											9			13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9			18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											9			18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10											9			9	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9			13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9			18	
100																	82,57



DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0201D 24000+4000 OCP 2015																	
% ponderación Areas A	Araes/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
16	A. 1. Organización, Personal, Relaciones	100														93	14,88
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9			9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9			18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9			18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9			13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30												10		30	
	A.1.6. Comunicación	5											9			4,5	
10	A.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100														88,5	8,85
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9			18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9			18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9			7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15										8				12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8											9			7,2	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8											9			7,2	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											9			13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6											9			5,4	
20	A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	100														89,5	17,9
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9			13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible	10											9			9	
	A.3.3. Historial equipos	20											9			18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											9			22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9			9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5										8				4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9			13,5	
10	A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	100														86	8,6
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											8			24	
	A.4.2. Recepción de materiales	30											9			27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9			18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10										8				8	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											9			9	
12	A.5. CONTRATACIÓN	100														90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9			27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30											9			27	
	A. 5.3. Selección de Contratistas	20											9			18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											9			18	
12	A.6. Presupuestos de Mantenimiento	100														88,5	10,62
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											9			45	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9			18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5										8				4	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											9			9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											9			9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5										7				3,5	
20	A.7. EFICIENCIA	100														79	15,8
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											9			13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9			18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20										8				16	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10										8				8	
	A.7. 5. Estado de las Instalaciones-Averías	15							5							7,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20										8				16	
100																	87,45

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0301 52000 OCP 2015															
% ponderación Áreas A	Áreas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100												95	15,2
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10										9		9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20										10		20	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20										9		18	
	A.1.4. Planes de formación	15										9		13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30										10		30	
	A.1.6. Comunicación	5										9		4,5	
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100												88,5	8,85
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20										9		18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20										9		18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8										9		7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15									8			12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8										9		7,2	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8										9		7,2	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15										9		13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6										9		5,4	
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100												89	17,8
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15										9		13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10									8			8	
	A.3.3. Historial equipos	20										9		18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25										9		22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10										9		9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5										9		4,5	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15										9		13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100												89	8,9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30										9		27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30										9		27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20										9		18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10									8			8	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10										9		9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100												90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30										9		27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30										9		27	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20										9		18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20										9		18	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100												92	11,04
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50										9		45	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20										9		18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5										9		4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10										10		10	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10										10		10	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5										9		4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100												90	18
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15										9		13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20										9		18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20										9		18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10										9		9	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15										9		13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20										9		18	
100															90,59

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0301B TURBOS OCP 2015															
% ponderación Áreas A	Araes/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100												93	14,88
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9	9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9	18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9	18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9	13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10	30	
	A.1.6. Comunicación	5											9	4,5	
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100												85,3	8,53
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9	18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9	18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9	7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15											8	12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8										7		5,6	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8										7		5,6	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											9	13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6											9	5,4	
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100												87,5	17,5
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9	13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10											9	9	
	A.3.3. Historial equipos	20											9	18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											8	20	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9	9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											9	4,5	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9	13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100												90	9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											9	27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30											9	27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9	18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											9	9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											9	9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100												90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9	27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30											9	27	
	A. 5.3. Selección de Contratistas	20											9	18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											9	18	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100												75	9
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											6	30	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9	18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9	4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											9	9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											9	9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											9	4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100												82,5	16,5
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											8	12	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											6	12	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											9	18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10											9	9	
	A.7. 5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9	13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9	18	
100															86,21

% ponderación Áreas A	Áreas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. A REA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100			
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10		
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100														92,5	14,8
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10												9		9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20												9		18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20												9		18	
	A.1.4. Planes de formación	15												9		13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30													10	30	
	A.1.6. Comunicación	5											8			4	
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100														88,4	8,84
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20												9		18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20												9		18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8												9		7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15												9		13,5	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8											8			6,4	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8											8			6,4	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15												9		13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6												9		5,4	
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100														87	17,4
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15												9		13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10												9		9	
	A.3.3. Historial equipos	20												9		18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											8			20	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10												9		9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											8			4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15												9		13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100														89	8,9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30												9		27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30												9		27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20												9		18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											8			8	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10												9		9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100														90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30												9		27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30												9		27	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20												9		18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20												9		18	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100														45	5,4
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50	0													0	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20												9		18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5												9		4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10												9		9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10												9		9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5												9		4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100														88,5	17,7
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											8			12	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20												9		18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20												9		18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10												9		9	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15												9		13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20												9		18	
100																	83,84

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0301D TURBOS +4000 OCP 2015															
% ponderación Áreas A	Áreas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF.A REA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD /100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100												92,5	14,8
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10										9		9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20										9		18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20										9		18	
	A.1.4. Planes de formación	15										9		13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30										10		30	
	A.1.6. Comunicación	5									8			4	
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100												85,4	8,54
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20										9		18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20										9		18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8										9		7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15									8			12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8									8			6,4	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8									8			6,4	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15									8			12	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6										9		5,4	
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100												80	16
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15										9		13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10										9		9	
	A.3.3. Historial equipos	20										9		18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25						5						12,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10										9		9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5										9		4,5	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15										9		13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100												90	9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30										9		27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30										9		27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20										9		18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10										9		9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10										9		9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100												90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30										9		27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30										9		27	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20										9		18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20										9		18	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100												45	5,4
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50	0											0	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20										9		18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5										9		4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10										9		9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10										9		9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5										9		4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100												76	15,2
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15								7				10,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20									8			16	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20										9		18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10	0											0	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15										9		13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20										9		18	
100															79,74

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0301E TURBOS +4000 OCP 2015															
% ponderación Áreas A	Áreas/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. A REA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
16	<b>A. 1. Organización, Personal, Relaciones</b>	100												94,5	15,12
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9	9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											10	20	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9	18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9	13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10	30	
	A.1.6. Comunicación	5										8	4		
10	<b>A.2. Preparación y Planificación del Trabajo</b>	100												85,4	8,54
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											9	18	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9	18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9	7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15										8	12		
	A.2.5. Estimación de tiempos	8										8	6,4		
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8										8	6,4		
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15										8	12		
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6										9	5,4		
20	<b>A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.</b>	100												87	17,4
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9	13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible (Reportes)	10											9	9	
	A.3.3. Historial equipos	20											9	18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25										8	20		
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9	9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											8	4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9	13,5	
10	<b>A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO</b>	100												90	9
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											9	27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30											9	27	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9	18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											9	9	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											9	9	
12	<b>A.5. CONTRATACIÓN</b>	100												90	10,8
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9	27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30											9	27	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20											9	18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											9	18	
12	<b>A.6. Presupuestos de Mantenimiento</b>	100												92	11,04
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											9	45	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9	18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9	4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											10	10	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											10	10	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											9	4,5	
20	<b>A.7. EFICIENCIA</b>	100												88,5	17,7
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											8	12	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9	18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											9	18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10											9	9	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9	13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9	18	
100															89,6

DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0301F 24000+TURBOS OCP 2015															
% ponderación Areas A	Araes/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100	
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10
16	A. 1. Organización, Personal, Relaciones	100												93	14,88
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9	9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9	18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9	18	
	A.1.4. Planes de formación	15											9	13,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10	30	
	A.1.6. Comunicación	5											9	4,5	
10	A.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100												88,8	8,88
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											10	20	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9	18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8											9	7,2	
	A.2.4. Definición de materiales	15											8	12	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8											8	6,4	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8											9	7,2	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											8	12	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6											10	6	
20	A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	100												87,5	17,5
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											9	13,5	
	A.3.2. Documentación técnica disponible	10											9	9	
	A.3.3. Historial equipos	20											8	16	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25											9	22,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9	9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											8	4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9	13,5	
10	A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	100												85	8,5
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30											9	27	
	A.4.2. Recepción de materiales	30											8	24	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20											9	18	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10											8	8	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10											8	8	
12	A.5. CONTRATACIÓN	100												88	10,56
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											9	27	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30											9	27	
	A. 5.3. Selección de Contratistas	20											9	18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											8	16	
12	A.6. Presupuestos de Mantenimiento	100												84	10,08
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											8	40	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9	18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9	4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											8	8	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											9	9	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											9	4,5	
20	A.7. EFICIENCIA	100												91	18,2
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											9	13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9	18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											9	18	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10											10	10	
	A.7. 5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9	13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9	18	
100															88,6



DIAGNOSTICO GESTIÓN DEL MANTENIMIENTO D-0401D 32000 OCP 2014																
% ponderación Areas A	Araes/funcionales	% Ponderación FUNCIONES B	C= CALIFICACIÓN AREA/FUNCIÓN (10 PERFECTO)										% CALF. AREA D=BXC/10	% CALF. MTO F=AXD/100		
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	
16	A. 1. Organización, Personal, Relaciones	100													87	13,92
	A.1.1. Adecuación y balance del organigrama	10											9		9	
	A.1.2. Directrices de mantenimiento	20											9		18	
	A.1.3. Formación y cualificación del personal	20											9		18	
	A.1.4. Planes de formación	15						5							7,5	
	A.1.5. Motivación del personal	30											10		30	
	A.1.6. Comunicación	5											9		4,5	
10	A.2. Preparación y Planificación del Trabajo	100													79,9	7,99
	A.2.1. Sistemática de órdenes de trabajo (O.T.)	20											8		16	
	A.2.2. Coordinación de especialidades	20											9		18	
	A.2.3. Establecimiento de programas	8								7					5,6	
	A.2.4. Definición de materiales	15							6						9	
	A.2.5. Estimación de tiempos	8										8			6,4	
	A.2.6. Estimación de fechas de finalización	8											9		7,2	
	A.2.7. Recepción de trabajos terminados	15											9		13,5	
	A.2.8. Evaluación de necesidades externas	6									7				4,2	
20	A.3. INGENIERIA, INSPECCIÓN, MANTENIMIENTO PREVENTIVO.	100													87	17,4
	A.3.1. Diseño y montaje instalaciones existentes	15											10		15	
	A.3.2. Documentación técnica disponible	10											10		10	
	A.3.3. Historial equipos	20											9		18	
	A.3.4. Investigación sistemática de averías.	25								7					17,5	
	A.3.5. Gamas de mantenimiento preventivo	10											9		9	
	A.3.6. Análisis de métodos de trabajo	5											8		4	
	A.3.7. Dotación de medios de mantenimiento e inspección	15											9		13,5	
10	A.4 COMPRAS Y ALMACENES DE MANTENIMIENTO	100													67	6,7
	A.4.1. Sistemática de la gestión de compras	30				4									12	
	A.4.2. Recepción de materiales	30										8			24	
	A.4.3. Locales. Disposición física de los materiales. Localización	20										8			16	
	A.4.4. Codificación. Estandarización de recambios	10										8			8	
	A.4.5. Calidad del servicio de los almacenes de mantenimiento	10									7				7	
12	A.5. CONTRATACIÓN	100													96	11,52
	A.5.1. Política de Contratación de trabajos	30											10		30	
	A.5.2. Especificación técnica de los trabajos a contratar.	30											10		30	
	A.5.3. Selección de Contratistas	20											9		18	
	A.5.4. Supervisión de Contratistas	20											9		18	
12	A.6. Presupuestos de Mantenimiento	100													96	11,52
	A.6.1. Preparación de presupuesto anual de Mantenimiento	50											10		50	
	A.6.2. Definición de tipos de Mantenimiento. Tratamiento Contable	20											9		18	
	A.6.3. Documentos de Gestión Económica	5											9		4,5	
	A.6.4. Informatización del Control de Costes	10											9		9	
	A.6.5. Seguimiento y Control de Costes.	10											10		10	
	A.6.6. Existencia y evolución de índices económicos.	5											9		4,5	
20	A.7. EFICIENCIA	100													91	18,2
	A.7.1. Duración de los trabajos de Mantenimiento.	15											9		13,5	
	A.7.2. Cumplimiento de los plazos	20											9		18	
	A.7.3. Calidad de los trabajos realizados	20											10		20	
	A.7.4. Coste de los trabajos realizados	10										8			8	
	A.7.5. Estado de las Instalaciones-Averías	15											9		13,5	
	A.7.6. Calidad de servicio	20											9		18	
100																87,25

## ANEXO D.- Archivo fotográfico instalación OCP oriente, y equipos Wartsila

### Grupo Electrónico de Bombeo Principal

