

MODELO DE PLANEACION Y EJECUCION DEL PROYECTO  
“MANTENIMIENTO MAYOR DE GRUPOS ELECTROGENOS OPERADOS POR  
COMPAÑÍA DEDICADA AL SECTOR OIL & GAS”.

HANDERSON SALAS OSORIO

CAMILO ANTONIO SANCHEZ VANEGAS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2016

MODELO DE PLANEACION Y EJECUCION DEL PROYECTO  
“MANTENIMIENTO MAYOR DE GRUPOS ELECTROGENOS OPERADOS POR  
COMPAÑÍA DEDICADA AL SECTOR OIL & GAS”.

HANDERSON SALAS OSORIO

CAMILO ANTONIO SANCHEZ VANEGAS

MONOGRAFIA DE GRADO PARA OPTAR AL TITULO DE  
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO

DIRECTOR: RUBEN DARIO DUARTE ANAYA  
ING: INGENIERO MECÁNICO ESPECIALISTA EN GERENCIA DE  
MANTENIMIENTO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICO-MECANICAS.  
ESCUELA DE INGENIERIA MECANICA  
ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
BUCARAMANGA

2016

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios a quien todo debemos y en manos de quien ponemos nuestro futuro.

A la compañía interesada en el proyecto por la oportunidad brindada para aplicar los conocimientos adquiridos durante el proceso académico de la especialización.

A nuestros profesores los cuales dedicaron tiempo para ayudarnos a adquirir conceptos fundamentales para la aplicación en nuestra vida profesional.

A nuestras familias y compañera de vida quienes nos brindan su apoyo firme e incondicional.

## TABLA DE CONTENIDO

### Pag

INTRODUCCION .....	18
1.1 OBJETIVOS .....	20
1.1.1 Objetivo General .....	20
1.1.2 Objetivos específicos .....	20
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO .....	21
2. MARCO TEÓRICO .....	22
2.1 CONCEPTOS BÁSICOS GENERALES.....	22
2.2 CONCEPTOS BASICOS SOBRE GENERADORES ELECTRICOS .....	23
2.3 PROCESO DE PLANEACIÓN .....	28
2.4 BASES TEÓRICAS [4] [11].....	29
2.5 MODELOS DE PLANEACIÓN DE LOS PROYECTOS DE MANTENIMIENTO .....	29
2.6 ETAPAS DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO .....	30
2.7 AYUDAS COMPUTACIONALES .....	32
3. ANALISIS DEL MODELO ACTUAL .....	33
3.1 ESTRUCTURA DE COSTOS MODELO ACTUAL.....	34
3.1.1 Costo de mano de obra en taller.....	34
3.1.2 Costos de repuestos .....	36
3.1.3 Costos de servicios especializados .....	40

3.1.4 Costos de repuestos desinstalación / instalación de equipos en sitio (campo)	42
3.1.5 Costos de movilización y desmovilización de equipos	43
3.1.6 Costos totales por equipo	45
3.1.7 Tiempos de ejecución de los mantenimientos mayores (OVERHAUL)	49
3.1.8 Garantía sobre los mantenimientos mayores	51
4. GESTION Y ANALISIS DE COSTOS DEL NUEVO MODELO	53
4.1 GESTIÓN DE REPUESTOS	55
4.2 GESTIÓN DE MANO DE OBRA	58
4.2.1 Perfiles del personal requerido [9]	58
4.2.2 Costo de mano de obra	58
4.3 GESTIÓN DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS	63
4.3.1 Servicios especializados motor de combustión	64
4.3.2 Servicios especializados generador	65
4.3.3 Servicios especializados radiador	66
4.4 GESTIÓN DE MOVILIZACIONES DE EQUIPOS	68
4.5 GESTIÓN DE INSTALACIÓN / DESINSTALACIÓN EN CAMPO	68
5. MODELO DE TÉCNICO DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN	69
5.1 SOLICITUD DEL SERVICIO	70
5.2 RECEPCIÓN DEL EQUIPO EN CAMPO	70
5.3 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO	71
5.4 DESARROLLO DE LA EJECUCIÓN	75
5.4.1 Controles para el seguimiento de la ejecución de actividades	76
5.5 PRUEBAS DEL EQUIPO	79

5.6 ESTRATEGIA DE ILUSTRACIÓN DEL PROCESO .....	79
6. BALANCE TECNICO-ECONOMICO DEL MODELO .....	81
6.1 BALANCE ECONOMICO DEL MODELO .....	82
6.2 BALANCE TÉCNICO DEL MODELO.....	85
6.2.1 Tiempo total de ejecución de mantenimientos mayores .....	85
6.2.2 Calidad del resultado final del proceso .....	87
7. CONCLUSIONES.....	90
BIBLIOGRAFIA.....	95
ANEXOS .....	97

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pag</b>
Tabla 1. Deelers autorizados por marcas. ....	34
Tabla 2. Costos de mano de obra.....	36
Tabla 3. Listado de repuestos.....	37
Tabla 4. Costos de repuestos. ....	39
Tabla 5. Servicios especializados. ....	40
Tabla 6. Costos de servicios especializados. ....	41
Tabla 7. Mano de obra y recursos de instalación.....	42
Tabla 9. Movilización y desmovilización de equipos .....	44
Tabla 10. Costos de movilización de equipos .....	44
Tabla 11. Costo total mantenimiento Cummins .....	46
Tabla 12. Costo total mantenimiento Caterpillar .....	47
Tabla 13. Costo total mantenimiento MTU-Detroit .....	48
Tabla 14. Costo total mantenimiento Perkins .....	49
Tabla 15. Etapas generales de mantenimiento mayor.....	50
Tabla 16. Tiempos promedio de ejecución .....	51
Tabla 17. Comparativo de garantías mantenimiento mayores.....	52
Tabla 18. Costo final de cada ítem de mantenimiento por marca.....	54
Tabla 19. Escala de conceptos de acuerdo a impacto económico .....	55
Tabla 20. Análisis de costos gestión de repuestos .....	57
Tabla 28. Motores rango potencia 26-400kw.....	59
Tabla 29. Motores rango potencia 400-1000kw .....	60
Tabla 30. Motores potencias 1000-2000kw. ....	61
Tabla 31. Comparativo Costos de mano de obra en taller mantenimiento mayor..	62

Tabla 32. Estudio de mercado Servicios especializados .....	63
Tabla 33. Comparativo por rango de potencias de total costos .....	64
Tabla 34. Comparativo por rango de potencias servicio generador.....	65
Tabla 35. Comparativo por rango de potencias servicio radiador .....	66
Tabla 36. Comparativo por rango de potencias costo de servicio 3 proveedores..	67
Tabla 37. Comparativo de costos entre las opciones actuales y escogencia. ....	68
Tabla 38. Primera Campaña de mantenimiento mayor.....	81
Tabla 39. Costos totales de la campaña a 9 grupos electrógenos. Modelo nuevo	82
Tabla 40. Costos totales de la campaña a 9 grupos electrógenos. Modelo anterior .....	83
Tabla 41. Comparativo de los dos modelos en cada ítem. ....	84
Tabla 42. Cronograma general de mantenimientos mayores. ....	85
Tabla 43. Comparativo de tiempos. ....	86
Tabla 44. Ponderación cantidades de solicitudes de garantía. ....	87
Tabla 45. Ponderación severidad de solicitudes de garantía.....	88
Tabla 46. Puntuación final calidad del mantenimiento mayor. ....	88
Tabla 47. Puntuación de calidad.....	89
Tabla 21-27 Perfiles de cargos por anexo.....	<b>98-105</b>

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pag</b>
Figura 1. Flujo energético de un generador. ....	25
Figura 2. Elementos de motor de combustión interna.....	25
Figura 3. Componentes de motor de combustión interna. ....	26
Figura 4. Detalle rotor y estator de un generador. ....	27
Figura 5. Diagrama de funcionamiento del alternador. ....	27
Figura 6. Generador ensamblado. ....	28
Figura 7. Flujo de acciones del proceso y documento asociado.....	69
Figura 8. Software caterpillar SIS CAT. ....	72
Figura 9. Software cummins Quickserve. ....	72
Figura 10. Software Perkins SP12. ....	73
Figura 11. Manual de partes Cummins. ....	73
Figura 12. Manual de procedimientos de fabricante. ....	76
Figura 13. Manual de servicio. ....	78
Figura 14. Especificación del manual de servicio. ....	78
Figura 15. Imagen de video misión del proyecto “mantenimiento mayor”. ....	80

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pag</b>
Anexo 1. Perfiles de cargos.....	97
<b>Tabla 21. Perfil supervisor de mantenimiento.....</b>	<b>98</b>
<b>Tabla 22. Perfil programador/ planeador de mantenimiento.....</b>	<b>99</b>
<b>Tabla 23. Perfil mecánico I --.....</b>	<b>100</b>
<b>Tabla 24. Perfil mecánico II .....</b>	<b>102</b>
<b>Tabla 25. Perfil electricista I .....</b>	<b>103</b>
<b>Tabla 26. Perfil técnico metalmecánico.....</b>	<b>104</b>
<b>Tabla 27. Perfil supervisor HSE.....</b>	<b>105</b>

## RESUMEN

### **TITULO:**

Modelo de planeación y ejecución del proyecto “Mantenimiento mayor de grupos electrógenos operados por compañía dedicada al sector Oil & Gas” \*

### **AUTORES:**

Camilo Sánchez Vanegas. 2158608\*\*

Handerson Salas Osorio. 2158605\*\*

### **PALABRAS CLAVES:**

Modelo, Planeación, Mantenimiento Mayor, Overhaul, Grupos Electrógenos.

La presente monografía esta direccionada a plantear y desarrollar un modelo de planeación y ejecución para la gestión de los mantenimientos mayores de los activos (en este caso de grupos electrógenos) de una compañía con la línea de negocio para la prestación de servicios de generación de energía en el sector Oil & Gas.

El modelo actual para la gestión de mantenimientos mayores está orientado a la contratación de los servicios con las empresas que venden y distribuyen los equipos de acuerdo a la marca del grupo electrógeno. El nuevo modelo planteado en el presente documento es el resultado del desarrollo de estrategias que permiten la optimización de recursos, disminución de costos, disminución de tiempos de ejecución y aseguramiento de la calidad de los servicios.

Se usan herramientas como estudios de mercado con proveedores, búsqueda de alternativas a las opciones tradicionales de abastecimiento de bienes y servicios, adquisición de competencias internas de la compañía para ejecutar los procesos de mantenimiento mayor.

Finalmente después de la ejecución de una campaña de mantenimientos mayores (Overhaul) se realiza un balance técnico-económico que permite la comparación objetiva del modelo anterior con el nuevo modelo planteado y queda estipulado como un plan corporativo para realizar los mantenimientos mayores de grupos electrógenos de la compañía.

---

\* Monografía de especialización

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Ingeniería Mecánica UIS. Ing. Rubén Darío Duarte.

## ABSTRACT

### **TITLE:**

Model planning and implementing the project "Major maintenance of generators operated company dedicated to the Oil & Gas industry" \*

### **AUTHORS:**

Camilo Sánchez Vanegas. 2158608\*\*

Handerson Osorio Salas. 2158605\*\*

### **KEYWORDS:**

Model, Planning, Major Maintenance, Overhaul, Generators.

This monograph is guided to propose and develop a model of planning and execution for the management of major maintenance of assets (in this Genset) of a company with business line for supply of power generation in the Oil & Gas industry.

The common model for management major maintenance is guide at engagement services with companies that sell and distribute equipment according to the brand Genset. The new model proposed in this paper is the result of the development of strategies to optimize resources, reduced costs and reduced times of execution and quality services.

Tools are used as market research with suppliers, search for alternatives to traditional supply options assets and services, acquisition of the company's internal capacities to implement processes of major maintenance.

Finally after running a campaign major maintenance (overhaul) a technical-economic balance that allows the objective comparison of the previous model with the new proposed model and is stipulated as a corporate plan for major maintenance of Genset the company.

---

\*Monograph Specialization

\*\*Physic-mechanical Engineering Faculty, School of Engineering Mechanics UIS. Ing. Rubén Darío Duarte.

## INTRODUCCION

El presente trabajo comprende la evaluación del mantenimiento mayor aplicado a los grupos electrógenos de una compañía del sector Oil & Gas.

La importancia de este proyecto radica en aumentar el nivel de desempeño del mantenimiento de la compañía, incorporando nuevas competencias, adicionar nuevos procesos de mantenimiento a la estrategia actual, aumentar la confiabilidad de los activos y optimizar los recursos destinados al mantenimiento.

Comprende la realización de análisis de la situación actual, análisis del mercado y las ofertas asociadas a los procesos de mantenimiento mayor en la industria nacional.

Se plantea una estrategia alternativa a las opciones tradicionales para el mantenimiento mayor, que generalmente conllevan a la contratación externa total del servicio.

Se realiza la respectiva planeación, seguimiento y control al desarrollo total del proceso de mantenimiento mayor. Se muestran los beneficios económicos y técnicos de la implementación del modelo planteado en el presente documento.

Se ilustra el proceso mediante un video como una estrategia de marketing interno del modelo de planeación y ejecución del proceso de mantenimiento mayor de grupos electrógenos.

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente la industria del sector de hidrocarburos se encuentra orientada a la búsqueda de constantes modelos, métodos y filosofías que permitan lograr la mayor efectividad en la gestión de operaciones. Un componente principal en esta gestión, es la gestión del mantenimiento de los activos de las compañías.

La gestión de mantenimiento permanece en constante proceso de optimización buscando minimizar costos de mantenimiento, disminuir costos asociados a fallas en activos, disminuir tiempos de indisponibilidad en equipos, mantener la funcionalidad de los activos y aumentar la confiabilidad de los mismos.

Con el objetivo de cumplir con una efectiva optimización de la gestión de mantenimiento, las compañías implementan durante los procesos de planeación, programación y ejecución, un constante control y seguimiento de los recursos.

Los contratos de mantenimiento mayor de grupos electrógenos, actuales se encuentran bajo la exclusividad de los representantes de cada fabricante de los equipos, lo que produce un modelo estándar de costos que no permite una optimización o reducción de los recursos destinados para estos procesos.

La compañía propone dar una alternativa en los modelos de gestión de mantenimiento mayor de los grupos electrógenos en los distintos bloques de sus operaciones.

Este modelo se basa en las siguientes políticas:

- Optimización de los recursos por cada proceso
- Procesos de calidad, basado en procedimientos estandarizados y de acuerdo a los manuales de fabricantes de los equipos

-Implementación de alianzas empresariales con proveedores locales para cada suministro y servicios externos

-Reducción de tiempos de los procesos de ejecución

La compañía inicia el proceso de implementación del modelo de planeación y ejecución del proyecto de mantenimiento mayor de 9 grupos electrógenos con capacidades de 0,75 MW a 2 MW y con un presupuesto de 1.6 millones de USD.

El modelo a implementar en este proyecto inicial, constituye la base y el estándar para próximos proyectos y contratos en los siguientes años.

## **1.1 OBJETIVOS**

**1.1.1 Objetivo General.** Elaborar e implementar un modelo de planeación y ejecución para el proyecto de mantenimiento mayor de los grupos electrógenos operados por la compañía del sector de Oil & Gas.

### **1.1.2 Objetivos específicos:**

- Realizar un análisis de la situación actual en la industria para la ejecución de los procesos de mantenimiento mayor de grupos electrógenos.
- Realizar un estudio de mercado de los proveedores para implementación de alianza empresarial en la ejecución del proyecto de mantenimiento mayor de grupos electrógenos.
- Desarrollar una estrategia y modelo técnico-económica para la planeación y ejecución del proyecto de mantenimiento mayor de grupos electrógenos.
- Elaborar un balance técnico-económico del proyecto de mantenimiento mayor de grupos electrógenos.

- Documentar e ilustrar el proceso.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PLAN PROPUESTO**

Actualmente los procesos de mantenimiento mayor de los grupos electrógenos operados por la compañía son ejecutados por empresas distribuidoras de los equipos, lo cual ocasiona exclusividad en los procesos que impiden la búsqueda de estrategias de optimización.

Con base en lo anterior la compañía plantea implementar un modelo que permita la ejecución directa del proyecto inicial de mantenimiento mayor de 9 grupos electrógenos y dejar la base para las estrategias de proyectos futuros.

Con el modelo planteado se amplía el portafolio empresarial de la compañía, se mejoran los tiempos de ejecución de los procesos y se optimiza los presupuestos destinados para mantenimientos mayores.

Con este modelo se dan las estrategias y filosofías tecno-económicas para la planificación y ejecución de los procesos de mantenimiento mayor de grupos electrógenos operados por la compañía.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 CONCEPTOS BÁSICOS GENERALES

- Mantenimiento mayor (Overhaul): proceso de mantenimiento que permite la recuperación de un activo dando una nueva expectativa de vida útil. Consiste en el cambio y o reparación de todos los elementos sometidos a desgaste.

-Grupo electrógeno: conjunto de máquina compuesta por generador eléctrico y motor de combustión interna para la generación de energía eléctrica.

-Mantenimiento preventivo: en las operaciones de mantenimiento, el mantenimiento preventivo es el destinado a la conservación de equipos o instalaciones mediante realización de revisión y reparación que garanticen su buen funcionamiento y fiabilidad. El mantenimiento preventivo se realiza en equipos en condiciones de funcionamiento, por oposición al mantenimiento correctivo que repara o pone en condiciones de funcionamiento aquellos que dejaron de funcionar o están dañados.

-Mantenimiento predictivo: es la serie de acciones que se toman y las técnicas que se aplican con el objetivo de detectar posibles fallas y defectos de maquinaria en las etapas incipientes para evitar que las fallas se manifiesten en una falla más grande durante la operación, evitando que ocasionen paros de emergencia y tiempos muertos, causando impacto financiero negativo.

-Estudio de mercado: consiste en una iniciativa empresarial con el fin de hacerse una idea sobre la viabilidad comercial de una actividad económica.

-Estrategia técnico económica: estrategias orientadas a la correcta aplicación de las técnicas y tácticas del mantenimiento teniendo en cuenta el mejor coste posible.

-Estrategia de control: el estudio de dirección estratégica constituye un aspecto fundamental en cualquier organización: es un proceso de toma de decisiones dentro de una organización, debido al ambiente cambiante y complejo.

## **2.2 CONCEPTOS BASICOS SOBRE GENERADORES ELECTRICOS**

Un generador eléctrico [6] es todo dispositivo capaz de mantener una diferencia de potencial eléctrica entre dos de sus puntos (llamados polos, terminales o bornes) transformando la energía mecánica en eléctrica. Esta transformación se consigue por la acción de un campo magnético sobre los conductores eléctricos dispuestos sobre una armadura (denominada también estator). Si se produce mecánicamente un movimiento relativo entre los conductores y el campo, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Este sistema está basado en la ley de Faraday.

Aunque la corriente generada es corriente alterna, puede ser rectificadas para obtener una corriente continua. En el diagrama adjunto se observa la corriente inducida en un generador simple de una sola fase. La mayoría de los generadores de corriente alterna son de tres fases.

El proceso inverso sería el realizado por un motor eléctrico, que transforma energía eléctrica en mecánica. [5]

Los alternadores generan electricidad en corriente alterna. El elemento inductor es el rotor y el inducido el estátor. Un ejemplo se encontraría en los generadores de las centrales eléctricas, las cuales transforman la energía mecánica en eléctrica alterna.

Las dinamos generan electricidad en corriente continua. El elemento inductor es el estator y el inducido el rotor. Un ejemplo se encontraría en la luz que tiene una bicicleta, la cual funciona a través del pedaleo.

Los alternadores están acoplados a una máquina motriz que les genera la energía mecánica en forma de rotación. Según la máquina motriz se tienen tres tipos:

**Máquinas de vapor:** Se acopla directamente al alternador. Generan una velocidad de giro baja y necesitan un volante de inercia para generar una rotación uniforme.

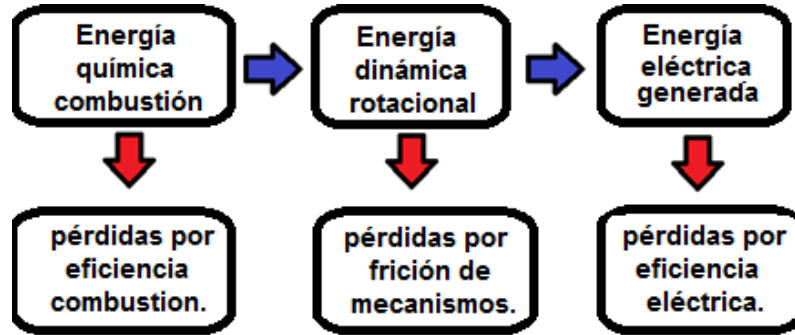
**Motores de combustión interna:** Se acoplan directamente y las características son similares al caso anterior.

**Turbinas hidráulicas:** La velocidad de funcionamiento tiene un rango muy amplio. Estos alternadores están diseñados para funcionar bien hasta el doble de su velocidad de régimen.

Para el caso actual se tiene generadores acoplados a motores de combustión interna como fuente de energía motriz.

El flujo de la energía es el siguiente:

**Figura 1. Flujo energético de un generador.**



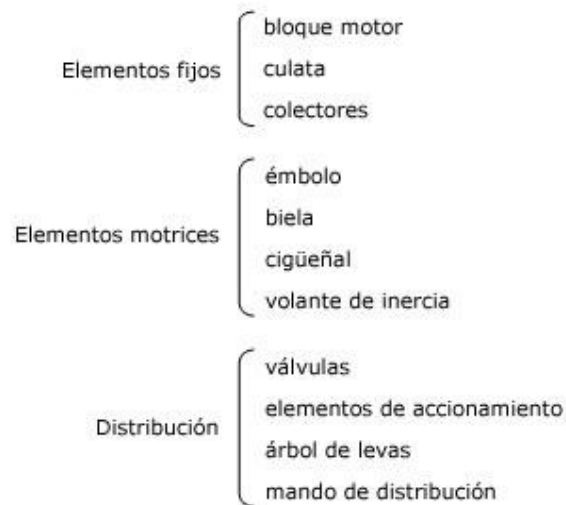
Fuente: Los autores.

Las partes que componen un generador son las siguientes:

**Fuente motriz de energía;** para este caso se trata de motores de combustión interna que utilizan combustible diésel como fuente de energía química.

Se componen de los siguientes elementos:

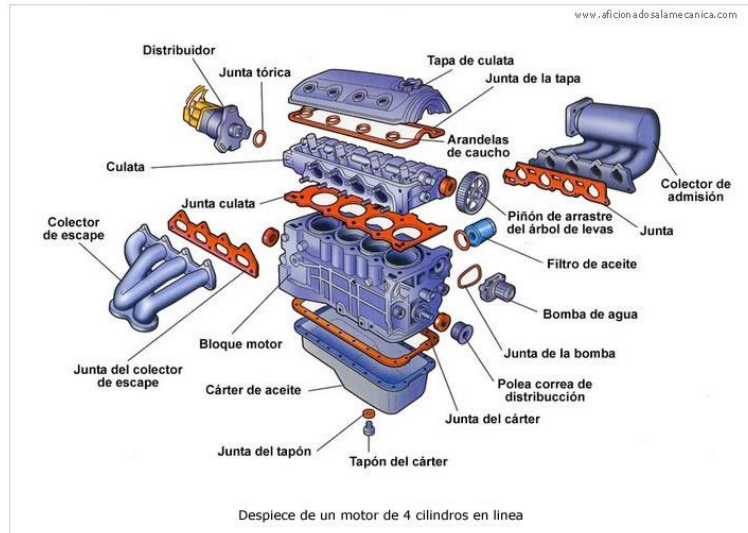
**Figura 2. Elementos de motor de combustión interna.**



Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>, 2010.

Dependiendo de la potencia de la cual se hable, los motores pueden ser hasta de 16 cilindros en configuraciones en línea o en ángulo en V pero tienen esta misma base constructiva.

**Figura 3. Componentes de motor de combustión interna.**

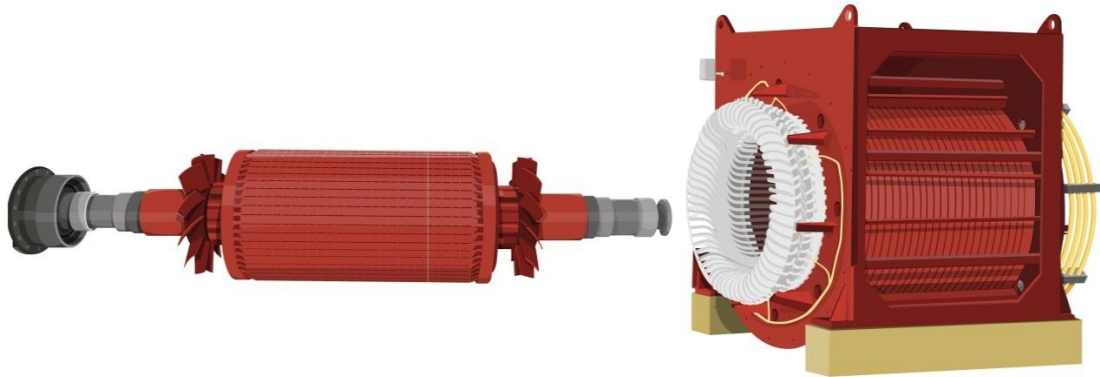


Fuente: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>, 2010.

Existen diferentes tamaños y diferentes fabricantes algunos de los cuales se tratarán en este documento.

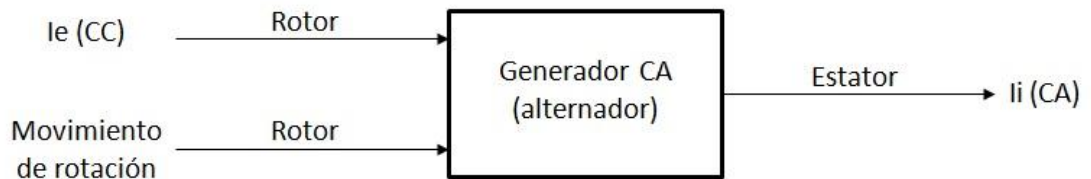
**Generador [5]:** es el elemento donde se genera la electricidad por medios físicos. Se compone de los siguientes elementos: estator y generador.

**Figura 4. Detalle rotor y estator de un generador.**



Fuente: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores), 2010.

**Figura 5. Diagrama de funcionamiento del alternador.**



Fuente: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores), 2010.

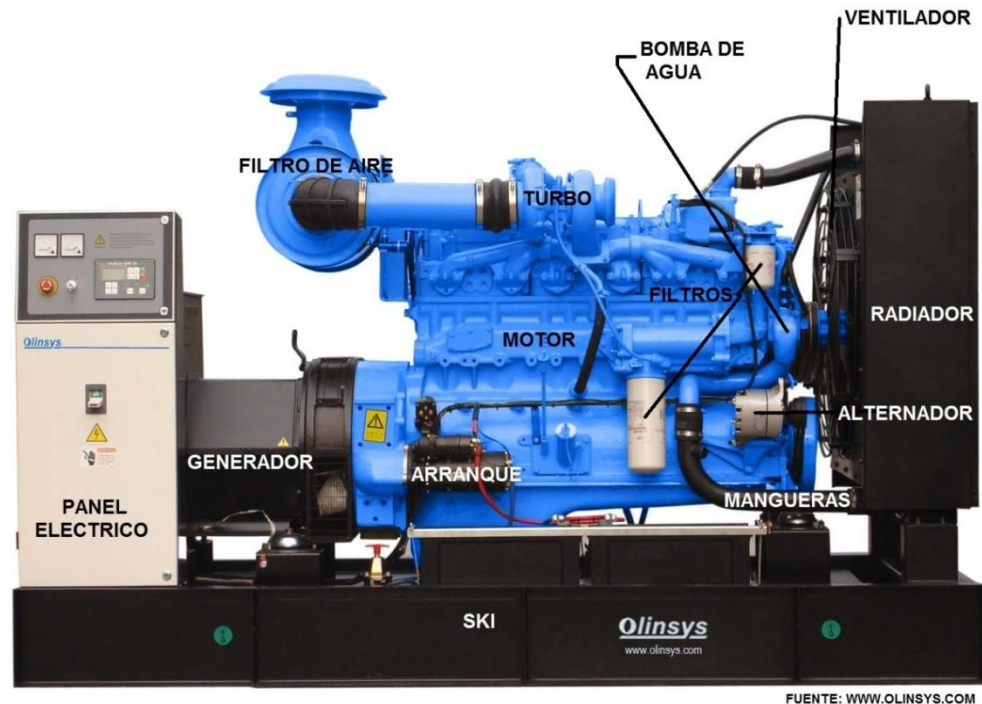
PANEL ELECTRICO. El cual es un tablero eléctrico desde donde se le hace monitoreo eléctrico al generador.

RADIADOR. El cual es el sistema de transferencia de calor por medio del cual se mantiene el sistema con la temperatura regulada.

SKID. Es la estructura donde se monta todo el generador.

A continuación se presenta La figura 6, donde se encuentran todas las partes constitutivas ensambladas.

**Figura 6. Generador ensamblado.**



Fuente: [www.olinsys.com](http://www.olinsys.com), 2009.

### 2.3 PROCESO DE PLANEACIÓN

Es la fase del proceso administrativo mediante el cual se sistematizan los objetivos y metas propuestos en un proyecto productivo de una compañía. La planeación corresponde a una metodología para la toma de decisiones, por lo tanto es una estrategia para la selección de alternativas.

La planeación es básica para las demás funciones administrativas, sin una buena planeación no se podrá organizar ejecutar ni controlar un proceso. La planeación permite elaborar un modelo de trabajo que suministra las bases del proceso.

Una planificación efectiva ayuda a completar un proyecto en menos tiempo y a menos costo que cualquier caso.

Objetivos de la planeación en Mantenimiento:

- Establecer los tipos de mantenimiento a utilizar para todos los equipos de la planta, de tal forma que se obtengan los niveles de disponibilidad, confiabilidad y costos establecidos en la planeación estratégica.
- Define las herramientas, equipos, recursos y materiales necesarios para ejecutar dichos trabajos.

## **2.4 BASES TEÓRICAS [4] [11]**

La fundamentación teórica de la investigación se centró en los estudios que han surgido sobre proyectos de mantenimiento, de las cuales como fuente principal se consideró a Duffuaa (2004) en el área de planificación y control de mantenimiento, Tavares (2004) para la parte de la administración moderna y control de mantenimiento, todo ello para basar el desarrollo del control del mantenimiento mayor expuesto en este documento.

## **2.5 MODELOS DE PLANEACIÓN DE LOS PROYECTOS DE MANTENIMIENTO**

Para Duffuaa, (2004), La planificación es la fase del proceso administrativo a través de la cual se pretende sistematizar por adelantado lo que se requiere hacer en las empresas. La planificación es una metodología para la toma de decisiones. Toda decisión envuelve una selección entre recursos de acción, por tanto, se puede decir que se trata de una metodología para seleccionar entre recursos de acción.

En una era económica, tecnológica, social y política, en la que la planificación ha llegado a ser un requisito fundamental para la supervivencia de los negocios. El desarrollo económico y el cambio ofrecen oportunidades, pero también conllevan riesgos. La tarea de la planificación es exactamente minimizar los riesgos, a la vez que obtener las mejores ventajas de las oportunidades. La planificación debe contribuir en forma positiva al cumplimiento de los objetivos empresariales.

## **2.6 ETAPAS DE UN MODELO DE PLANIFICACIÓN DE MANTENIMIENTO**

El proceso de planificación consiste en una secuencia determinada, de actividades que conducen a la previsión de las acciones que deberá ejecutarse en un periodo futuro. Para Duffuaa, (2004) es básicamente una actividad mental que envuelve los siguientes elementos.

El receptor: Es el objeto de la planeación, o sea aquel que se pretende llevar a las situaciones deseadas. La previsión: Es el elemento sobre el cual se fundamenta todo el proceso de la planificación del futuro, requiere capacidad de previsión hacia las diversas opciones y escenarios posibles, de modo que la utilización de los recursos se efectúe de manera eficiente. La información: Disponible que, dependiendo de su calidad, cantidad y del horizonte de tiempo sobre el cual se extiende, determina el mayor o menor poder de acción del agente sobre las variables.

Los objetivos: actúan como puntos de referencia. Todas las acciones concebidas durante el proceso de planificación deben estar, directa o indirectamente, relacionadas con los objetivos que han de cumplirse.

Los medios: Representados por los recursos físicos, financieros y humanos disponibles y cuya combinación debe, obedeciendo a determinados patrones de eficiencia, conducir al resultado deseado.

La coordinación: Su propósito es la concentración de las acciones, teniendo en cuenta la conexión entre ellas, las prioridades y los requisitos de cada una de las mismas en lo que se refiere a la absorción entre las acciones demuestra la calidad de la planificación, pues constituye un factor primordial para la utilización eficiente de los recursos.

Los plazos: Define el periodo dentro del cual deberá alcanzarse los objetivos, representa una restricción que no puede perderse de vista. La falta de tiempo útil para una planificación adecuada puede ocasionar serias repercusiones en el desarrollo posterior de los trabajadores.

La eficiencia: Constituye uno de los criterios para la evaluación de las ventajas y desventajas de cada acción que ha de prescribirse. Es la valor obtenido entre la relación de insumos y productos.

La decisión: Corresponde a la formulación de la acción que ha de desencadenarse de cada etapa del proceso continuo que deberán llevar a la consecución del objetivo deseado.

Una de las ventajas de la planificación es que aun cuando el futuro no se materialice en la forma esperada, el hecho de haberse pensado y estudiado diversos cursos de acción al respecto proporciona al agente planificador Mejores condiciones de adaptación y respuesta a situaciones imprevistas. Para que el proceso de planificación se realice de modo pleno es indispensable que Esos elementos se consideren en conjunto y nunca de manera aislada.

El plan: Es el resultado del proceso de planificación. Es el documento que Fundamental y en el cual se deja constancia de las decisiones tomadas durante el Proceso de planificación. Todo plan debe reunir dos requisitos fundamentales Como: Describir acciones a efectuar y sus resultados.

## **2.7 AYUDAS COMPUTACIONALES**

Estas ayudas fueron principalmente sobre el control de procesos y tiempos y se implementaron los planes de acción en el software MS PROJECT de Windows, el cual es una herramienta que ayuda a administrar proyectos dividiendo la ejecución global en tareas menores que abarcan todo el espectro de lo que es el esfuerzo necesario a aplicar para obtener el bien o servicio deseado, ya que al definirse hacer el overhaul este pasa a ser un proyecto en el cual es muy importante garantizar su pronta ejecución con altos estándares de calidad a un precio favorable que le permita a los gestores del negocio dar una rentabilidad positiva del ejercicio.

El otro software que se utilizó fue el Excel de Windows. El cual es un software genérico que nos permite crear hojas de cálculo con las cuales controlar, costos ejecuciones.

-Control de costos: es una función de la filosofía del mantenimiento, el patrón de operaciones, el tipo de sistema y los procedimientos adoptados por la compañía. Con este control se optimiza los costos, logrando al mismo tiempo los objetivos planteados.

-Control de calidad: se ejerce midiendo el cumplimiento de los objetivos de cada proceso y el resultado de los mismos.

Igualmente fue utilizado el mismo Excel para creación de formularios.

### **3, ANALISIS DEL MODELO ACTUAL**

A continuación se realiza un análisis del modelo actual implementado para la ejecución de los procesos de mantenimiento mayor de grupos electrógenos en la industria nacional.

En la mayoría de compañías del sector Oil & Gas se maneja un modelo de gestión de mantenimientos mayores basado en la contratación de empresas especializadas en estos procesos. Principalmente las compañías que prestan estos servicios son los distribuidores de las diferentes marcas de grupos electrógenos que se venden en Colombia. De igual manera los distribuidores autorizados para cada marca se prestan el servicio sólo al sector al cual están autorizados.

Por ejemplo en Colombia hay 4 compañías que son distribuidores de una de las marcas que se muestran en la tabla 1, y cada compañía sólo puede atender al sector que está autorizado (automotriz, sector minero, sector Oil & Gas, otros sectores).

Lo anterior conlleva a que las empresas que compran los equipos de generación de cierta marca para su negocio, están direccionadas a que sólo podrían contratar los servicios de mantenimiento mayor con los distribuidores a los cuales le compraron los equipos, disminuyendo así las opciones de oferta.

Como ejemplo se presentan las siguientes compañías que prestan servicios de mantenimiento mayor (Overhaul) dependiendo de la marca de los grupos electrógenos:

**Tabla 1. Dealers autorizados por marcas.**

<b>ITEM</b>	<b>MARCA</b>	<b>COMPANÍA DISTRIBUIDORA PARA EL SECTOR OIL&amp;GAS</b>
1	CUMMINS	TRIENERGY
2	CATERPILLAR	GECOLSA
3	MTU – DETROIT	STEWART & STEVENSON
4	PERKINS	CASA INGLESA

### **3.1 ESTRUCTURA DE COSTOS MODELO ACTUAL**

Para el análisis de costo del modelo actual se tiene la siguiente estructura:

- Costos de mano de obra en taller
- Costos de repuestos
- Costos de servicios especializados
- Costos de desinstalación / instalación de equipos en sitio (campo)
- Costos de movilización y desmovilización de equipos

**3.1.1 Costo de mano de obra en taller.** La mano de obra en taller para un proceso de mantenimiento mayor de un grupo electrógeno comprende el siguiente alcance general:

- **Desensamble:**

Proceso de desensamble de radiador, alternado (generador), motor, skid y cabina.

Proceso de retiro de periféricos del motor de combustión como turbo cargadores, bombas de agua, bombas de combustible, arranques, alternador.

Proceso de retiro de mangueras del motor de combustión.

Proceso de retiro de componentes del motor de combustión como culatas, sistema de inyección, ejes de levas, pistones, camisas, cigüeñal, tapas de bancada.

Proceso de desensamble de generador (alternador).

- **Diagnóstico:**

Proceso de metrología de componentes reutilizables del motor como: bloque, ejes de levas, cigüeñal, engranes de repartición, culatas, bielas.

Proceso de diagnóstico de componentes del sistema de inyección (bombas de combustible e inyectores).

Proceso de diagnóstico periféricos como bombas de agua, turbo cargadores, arranques, alternador.

Proceso de diagnóstico del generador.

Proceso de diagnóstico del radiador.

Proceso de diagnóstico del skid y cabina del grupo electrógeno.

- **Ensamble:**

Proceso de armado de motor de combustión interna realizando el respectivo proceso de reparación y cambio de repuestos estipulados para el mantenimiento mayor de un grupo electrógeno.

Proceso de armado de generador realizando el respectivo procedimiento de reparación y ensamble.

Proceso de ensamble de motor de combustión, generador, radiador, skid y cabina.

- **Pruebas en taller**

Comprende el proceso de pruebas funcionales del grupo electrógeno. Generalmente al 80% de la carga máxima del equipo.

Teniendo en cuenta el anterior alcance para la mano de obra en taller en el proceso de mantenimiento mayor de grupos electrógenos se realizó un estudio de mercado para los diferentes rangos de potencia:

**Tabla 2. Costos de mano de obra**

COSTOS DE MANO DE OBRA EN TALLER MANTENIMIENTO MAYOR (OVERHAUL)						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	CONFIGURACIÓN TÍPICA MOTOR	MARCA 1 CUMMINS [COP]	MARCA 2 CATERPILLAR [COP]	MARCA 3 MTU-DETROIT [COP]	MARCA 4 PERKINS [COP]
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	12.650.000	15.570.000	13.840.000	12.542.500
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	24.450.000	32.287.500	28.597.500	25.830.000
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 -14 LITROS	38.530.000	46.503.900	40.797.900	36.518.400
4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 -19 LITROS	45.420.000	66.943.800	59.859.800	54.546.800
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 -38 LITROS	66.350.000	76.014.000	66.744.000	59.791.500
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 -50 LITROS	88.860.000	102.416.400	90.644.400	NA
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	96.430.000	126.109.500	110.823.500	NA

**3.1.2 Costos de repuestos.** Los repuestos que se manejan en el proceso de mantenimiento mayor de grupos electrógenos comprenden el siguiente alcance:

**Tabla 3. Listado de repuestos.**

<b>REPUESTOS PARA MANTENIMIENTO MAYOR DE GRUPOS ELECTROGENOS</b>	
<b>1. MOTOR DE COMBUSTION INTERNA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	KIT DE CAMISAS
2	KIT DE PISTONES
3	KIT DE CASQUETERIA DE BANCADA
4	KIT DE CASQUETES DE BIELA
5	KIT DE EMPAQUETADURAS
6	KIT DE MANGUERAS Y ABRAZADERAS
7	KIT DE SELLOS Y ORING
8	KIT PARA REPARACION DE CULATAS (RESORTES, VALVULAS, ASIENTOS)
9	KIT DE BUJES DE EJES DE LEVAS
10	KIT REPARACION DE BOMBA DE AGUA
11	KIT DE REPARACION DE BOMBA DE COMBUSTIBLE
12	KIT DE REPARACION DE TURBOCARGADORES
13	KIT DE REPARACION DE ARRANQUES
14	KIT DE REPARACION DE ALTERNADOR
15	KIT DE REPARACION DE BOMBA DE ACEITE
16	KIT DE REPARACION DE INYECTORES
17	KIT REPARACION MANDO VENTILADOR
18	SENSORES CONTROL
19	FILTRACION
20	CONSUMIBLES (ACEITE Y RERFIGERANTE)
<b>2. GENERADOR (ALTERNADOR)</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	KIT DIODOS Y VARISTORES

2	REGULADOR DE VOLTAJE
3	TARJETA TRANSFORMADOR
4	RODAMIENTOS
5	KIT PMG
6	TRANSFORMADOR DE CORRIENTE
7	OTROS
<b>3. RADIADOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	KIT DE TORNILLERIA
2	RODAMIENTO /CHUMACERAS VENTILADOR
3	TUBOS PANELES

Teniendo en cuenta el anterior alcance para los repuestos en el proceso de mantenimiento mayor de grupos electrógenos se realizó un estudio de mercado para los diferentes rangos de potencia:

**Tabla 4. Costos de repuestos.**

COSTOS DE REPUESTOS MANTENIMIENTO MAYOR (OVERHAUL)						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	CONFIGURACIÓN TÍPICA MOTOR	MARCA 1 CUMMINS [COP]	MARCA 2 CATERPILLAR [COP]	MARCA 3 MTU-DETROIT [COP]	MARCA 4 PERKINS [COP]
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	41.520.000	74.736.000	66.432.000	55.636.800
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	83.025.000	153.596.250	136.991.250	119.556.000
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 - 14 LITROS	151.209.000	293.345.460	263.103.660	220.765.140
4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 - 19 LITROS	184.184.000	353.633.280	316.796.480	252.332.080
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 - 38 LITROS	231.750.000	454.230.000	407.880.000	322.132.500
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 - 50 LITROS	353.160.000	618.030.000	547.398.000	NA
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	535.010.000	925.567.300	818.565.300	NA

**3.1.3 Costos de servicios especializados.** Comprende los siguientes servicios especiales:

**Tabla 5. Servicios especializados.**

<b>SERVICIOS ESPECIALIZADOS</b>	
<b>1. MOTOR DE COMBUSTION</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS – PARTICULAS MAGNETICAS Y TINTAS PENETRANTES BLOQUE, CIGÜEÑAL, EJES DE LEVAS, PIÑONERIA REPARTICION, POLEAS, CONTRAPESAS, VOLANTE
	SERVICIOS DE RECTIFICADORA
2	RECTIFICACION CIGÜEÑAL RECTIFICADO EJES DE LEVAS RECTIFICADO CULATAS RECTIFICADO BLOQUE RECTIFICADO BIELAS
<b>2. GENERADOR (ALTERNADOR)</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	PRUEBA DE AISLAMIENTO
2	PRUEBAS DE MCE MAX
3	LAVADO ESTATOR, EXCITATRIZ, ROTOR
4	SECADO EN HORNO ESTATOR, EXCITATRIZ, ROTOR
<b>3. RADIADOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	REPARACION DE PANELES RADIADOR
2	SONDEO DE PANELES
3	PINTURA

Teniendo en cuenta el anterior alcance se realizó un estudio de mercado para los diferentes rangos de potencia:

**Tabla 6. Costos de servicios especializados.**

SERVICIOS ESPECIALIZADOS						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	CONFIGURACIÓN TÍPICA MOTOR	MARCA 1 CUMMINS [COP]	MARCA 2 CATERPILLAR [COP]	MARCA 3 MTU-DETROIT [COP]	MARCA 4 PERKINS [COP]
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	8.430.000	14.078.100	12.560.700	12.054.900
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	12.350.000	20.254.000	18.031.000	17.290.000
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 -14 LITROS	18.450.000	29.889.000	26.568.000	25.461.000
4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 -19 LITROS	24.560.000	40.524.000	36.103.200	34.629.600
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 -38 LITROS	38.650.000	62.226.500	55.269.500	52.950.500
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 -50 LITROS	49.640.000	71.978.000	63.042.800	NA
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	62.650.000	97.734.000	86.457.000	NA

**3.1.4 Costos de repuestos desinstalación / instalación de equipos en sitio (campo).** El alcance de este ítem comprende la mano de obra y recursos necesarios para el proceso de desinstalación del grupo electrógeno y posterior instalación después de reparación. Comprende procedo de pruebas funcionales con carga en campo.

A continuación se enumeran los ítems generales de este concepto

**Tabla 7. Mano de obra y recursos de instalación.**

<b>MANO DE OBRA Y RECURSOS DESINSTALACION / INSTALACION DE GRUPOS ELECTROGENOS EN CAMPO</b>	
<b>1. MANO DE OBRA</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	TECNICOS ELECTRICOS
2	TECNICOS MECANICOS
3	SUPERVISOR DE OPERACIONES
4	SUPERVISOR HSEQ
<b>2. RECURSOS</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	VEHICULOS (CAMIONETAS MOVILIZACION PERSONAL - HERRAMIENTAS)
2	HERRAMIENTAS
3	CONSUMIBLES

Teniendo en cuenta el anterior alcance se realizó un estudio de mercado para los diferentes rangos de potencia:

**Tabla 8. Mano de obra y recursos desinstalación**

MANO DE OBRA Y RECURSOS DESINSTALACION / INSTALACION DE GRUPOS ELECTROGENOS EN CAMPO						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	CONFIGURACIÓN TÍPICA MOTOR	MARCA 1 CUMMINS [COP]	MARCA 2 CATERPILLAR [COP]	MARCA 3 MTU-DETROIT [COP]	MARCA 4 PERKINS [COP]
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	5.450.000	7.739.000	6.431.000	6.213.000
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	5.450.000	7.902.500	6.376.500	6.158.500
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 -14 LITROS	8.750.000	11.812.500	9.975.000	9.625.000
4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 -19 LITROS	8.750.000	11.375.000	10.062.500	9.712.500
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 -38 LITROS	10.360.000	12.950.000	11.188.800	10.774.400
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 -50 LITROS	12.150.000	16.281.000	14.094.000	NA
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	12.150.000	16.038.000	13.486.500	NA

**3.1.5 Costos de movilización y desmovilización de equipos.** Este concepto comprende los siguientes ítems:

**Tabla 9. Movilización y desmovilización de equipos**

<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS</b>	
<b>1. TRANSPORTE DE EQUIPOS</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	CAMION, TRACTOCAMION, CAMA ALTA O CAMA BAJA DE ACUERDO A REQUERIMIENTO
2	GRUA TELECOPICA DE ACUERDO A REQUERIMIENTO

De acuerdo al anterior alcance los costos son iguales sin importar marca del equipo. Se presupuesta para el sondeo de mercado un trayecto de movilización y desmovilización no mayor a 400 km.

**Tabla 10. Costos de movilización de equipos**

<b>MOVILIZACION Y DESMOVILIZACIÓN DE EQUIPOS</b>					
<b>ITEM</b>	<b>RANGO DE POTENCIA [KW]</b>	<b>CONFIGURACIÓN TIPICA MOTOR</b>	<b>COSTO POR TRAYECTO [COP]</b>	<b>COSTO GRUA POR DIA [COP]</b>	<b>COSTO TOTAL 2 TRAYECTOS + 2 DÍAS DE GRUA [COP]</b>
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	2.500.000	1.800.000	8.600.000
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	3.000.000	1.800.000	9.600.000
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 - 14 LITROS	3.500.000	1.800.000	10.600.000

4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 - 19 LITROS	3.500.000	1.800.000	10.600.000
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 - 38 LITROS	5.500.000	2.600.000	16.200.000
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 - 50 LITROS	7.900.000	2.600.000	21.000.000
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	8.900.000	2.600.000	23.000.000

**3.1.6 Costos totales por equipo.** De acuerdo a los rangos de potencia, a continuación se presentan los costos totales de acuerdo a las marcas objeto del estudio.

- Cummins

**Tabla 11. Costo total mantenimiento Cummins**

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES CUMMINS							
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
1	25-100	12.650.000	41.520.000	8.430.000	5.450.000	8.600.000	76.650.000
2	100-250	24.450.000	83.025.000	12.350.000	5.450.000	9.600.000	134.875.000
3	250-400	38.530.000	151.209.000	18.450.000	8.750.000	10.600.000	227.539.000
4	400-600	45.420.000	184.184.000	24.560.000	8.750.000	10.600.000	273.514.000
5	600-1000	66.350.000	231.750.000	38.650.000	10.360.000	16.200.000	363.310.000
6	1000-1500	88.860.000	353.160.000	49.640.000	12.150.000	21.000.000	524.810.000
7	1500-2000	96.430.000	535.010.000	62.650.000	12.150.000	23.000.000	729.240.000
<b>PROMEDIO</b>		<b>53.241.429</b>	<b>225.694.000</b>	<b>30.675.714</b>	<b>9.008.571</b>	<b>14.228.571</b>	<b>332.848.286</b>
<b>PONDERACION</b>		<b>16,0%</b>	<b>67,8%</b>	<b>9,2%</b>	<b>2,7%</b>	<b>4,3%</b>	<b>100,0%</b>

- Caterpillar

**Tabla 12. Costo total mantenimiento Caterpillar**

<b>COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES CATERPILLAR</b>							
<b>ITEM</b>	<b>RANGO DE POTENCIA [KW]</b>	<b>MANO DE OBRA [COP]</b>	<b>REPUESTOS [COP]</b>	<b>SERVICIOS ESP. [COP]</b>	<b>INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]</b>	<b>MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]</b>	<b>COSTO TOTAL [COP]</b>
1	25-100	15.570.000	74.736.000	14.078.100	7.739.000	8.600.000	120.723.100
2	100-250	32.287.500	153.596.250	20.254.000	7.902.500	9.600.000	223.640.250
3	250-400	46.503.900	293.345.460	29.889.000	11.812.500	10.600.000	392.150.860
4	400-600	66.943.800	353.633.280	40.524.000	11.375.000	10.600.000	483.076.080
5	600-1000	76.014.000	454.230.000	62.226.500	12.950.000	16.200.000	621.620.500
6	1000-1500	102.416.400	618.030.000	71.978.000	16.281.000	21.000.000	829.705.400
7	1500-2000	126.109.500	925.567.300	97.734.000	16.038.000	23.000.000	1.188.448.800
	<b>PROMEDIO</b>	<b>66.549.300</b>	<b>410.448.327</b>	<b>48.097.657</b>	<b>12.014.000</b>	<b>14.228.571</b>	<b>551.337.856</b>
	<b>PONDERACION</b>	<b>12,1%</b>	<b>74,4%</b>	<b>8,7%</b>	<b>2,2%</b>	<b>2,6%</b>	<b>100,0%</b>

- MTU-Detroit

**Tabla 13. Costo total mantenimiento MTU-Detroit**

<b>COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES MTU-DETROIT</b>							
<b>ITEM</b>	<b>RANGO DE POTENCIA [KW]</b>	<b>MANO DE OBRA [COP]</b>	<b>REPUESTOS [COP]</b>	<b>SERVICIOS ESP. [COP]</b>	<b>INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]</b>	<b>MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]</b>	<b>COSTO TOTAL [COP]</b>
1	25-100	13.840.000	66.432.000	12.560.700	6.431.000	8.600.000	107.863.700
2	100-250	28.597.500	136.991.250	18.031.000	6.376.500	9.600.000	199.596.250
3	250-400	40.797.900	263.103.660	26.568.000	9.975.000	10.600.000	351.044.560
4	400-600	59.859.800	316.796.480	36.103.200	10.062.500	10.600.000	433.421.980
5	600-1000	66.744.000	407.880.000	55.269.500	11.188.800	16.200.000	557.282.300
6	1000-1500	90.644.400	547.398.000	63.042.800	14.094.000	21.000.000	736.179.200
7	1500-2000	110.823.500	818.565.300	86.457.000	13.486.500	23.000.000	1.052.332.300
	<b>PROMEDIO</b>	<b>58.758.157</b>	<b>365.309.527</b>	<b>42.576.029</b>	<b>10.230.614</b>	<b>14.228.571</b>	<b>491.102.899</b>
	<b>PONDERACION</b>	<b>12,0%</b>	<b>74,4%</b>	<b>8,7%</b>	<b>2,1%</b>	<b>2,9%</b>	<b>100,0%</b>

- Perkins

**Tabla 14. Costo total mantenimiento Perkins**

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES PERKINS							
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DEISINT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
1	25-100	12.542.500	55.636.800	12.054.900	6.213.000	8.600.000	95.047.200
2	100-250	25.830.000	119.556.000	17.290.000	6.158.500	9.600.000	178.434.500
3	250-400	36.518.400	220.765.140	25.461.000	9.625.000	10.600.000	302.969.540
4	400-600	54.546.800	252.332.080	34.629.600	9.712.500	10.600.000	361.820.980
5	600-1000	59.791.500	322.132.500	52.950.500	10.774.400	16.200.000	461.848.900
6	1000-1500	-	-	-	-	-	-
7	1500-2000	-	-	-	-	-	-
<b>PROMEDIO</b>		<b>37.845.840</b>	<b>194.084.504</b>	<b>28.477.200</b>	<b>8.496.680</b>	<b>11.120.000</b>	<b>280.024.224</b>
<b>PONDERACION</b>		<b>13,5%</b>	<b>69,3%</b>	<b>10,2%</b>	<b>3,0%</b>	<b>4,0%</b>	<b>100,0%</b>

**3.1.7 Tiempos de ejecución de los mantenimientos mayores (OVERHAUL).**

Un parámetro importante para el análisis técnico de un mantenimiento mayor de grupos electrógenos es el tiempo de ejecución de las actividades.

El tiempo de un mantenimiento mayor se mide desde el momento en que se realiza la desconexión del equipo en campo hasta el momento en que se instala nuevamente en el sitio después de la reparación. Incluye a manera general las siguientes etapas:

**Tabla 15. Etapas generales de mantenimiento mayor**

<b>ETAPAS GENERALES DE MANTENIMIENTO MAYOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	DESINSTALACIÓN EN CAMPO
2	DESMOVILIZACIÓN (TRASLADO DE CAMPO A TALLER DE REPARACION)
3	PROCESO DE MANTENIMIENTO MAYOR EN TALLER
4	MOVILIZACION (TRASLADO DE TALLER DE REPARACION A CAMPO)
5	INSTALACIÓN EN CAMPO

En promedio se estima que el proceso de desinstalación del equipo en campo más la desmovilización (traslado del equipo desde campo al taller de reparación) es de aproximadamente 4 días.

En promedio se estima que el proceso de instalación del equipo en campo más la movilización (traslado del equipo desde taller de reparación a campo) es de aproximadamente 6 días.

Con lo anterior se tiene un tiempo promedio de 10 días para los procesos de desinstalación/instalación y movilización/desmovilización de equipos los cuales son iguales para todos los proveedores.

La diferencia radica en los tiempos que determina cada proveedor para la ejecución de las actividades en sus talleres. A continuación se presentan los tiempos promedios estipulados por cada marca y dependiendo de cada rango de

potencia (incluye los 10 días estimados para desinstalación/instalación y movilización/desmovilización):

**Tabla 16. Tiempos promedio de ejecución**

TIEMPOS PROMEDIO DE EJECUCIÓN DE MANTENIMIENTOS MAYORES						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	CONFIGURACIÓN TIPICA MOTOR	MARCA 1 CUMMINS [DIAS]	MARCA 2 CATERPILLAR [DIAS]	MARCA 3 MTU-DETROIT [DIAS]	MARCA 4 PERKINS [DIAS]
1	25-100	4 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA HASTA 3.9 LITROS	20	25	25	20
2	100-250	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 5.9 - 8.3 LITROS	20	25	25	20
3	250-400	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 8.3 -14 LITROS	20	25	25	20
4	400-600	6 CILINDROS EN LINEA CILINDRADA 14 -19 LITROS	30	30	35	30
5	600-1000	12 CILINDROS EN V CILINDRADA 23 -38 LITROS	30	35	35	30
6	1000-1500	16 CILINDROS EN V CILINDRADA 38 -50 LITROS	35	40	35	NA
7	1500-2000	16 CILINDROS EN V CILINDRADA SUPERIOR A 60 LITROS	35	40	35	NA

**3.1.8 Garantía sobre los mantenimientos mayores.** Se tiene como segundo parámetro importante para el análisis técnico de un mantenimiento mayor de grupos electrógenos la garantía sobre el servicio.

La garantía del servicio en general la manejan por horas de operación y tiempo ordinario después de la entrega del equipo.

A continuación se muestran las especificaciones de garantía dadas dependiendo de cada marca:

**Tabla 17. Comparativo de garantías mantenimiento mayores**

<b>GARANTIAS SOBRE MANTENIMIENTOS MAYORES</b>		
<b>ITEM</b>	<b>MARCA</b>	<b>DESCRIPCION DE LA GARANTIA</b>
1	CUMMINS	1500 HORAS DE TRABAJO O 3 MESES LO QUE CUMPLA PRIMERO
2	CATERPILLAR	2500 HORAS DE TRABAJO O 4 MESES LO QUE CUMPLA PRIMERO
3	MTU-DETROIT	2000 HORAS DE TRABAJO O 3 MESES LO QUE CUMPLA PRIMERO
4	PERKINS	1500 HORAS DE TRABAJO O 3 MESES LO QUE CUMPLA PRIMERO

#### **4. GESTION Y ANALISIS DE COSTOS DEL NUEVO MODELO**

El objetivo del proyecto es establecer un modelo de planeación que permita la reducción y optimización de recursos. Para cumplir con este objetivo se implementa la estrategia de realizar alianzas empresariales con proveedores especializados para ciertos tipos de servicios requeridos en el proceso de mantenimiento mayor.

El primer paso es establecer la capacidad de la compañía para asumir ciertos servicios requeridos y establecer que servicios deberán ser contratados con empresas especializadas.

De acuerdo a los costos analizados en el capítulo 3 de la presente monografía, basado en los valores promedio de reparación con cada marca, se tienen las siguientes ponderaciones para cada uno de los ítems que conllevan al costo final de un proceso de mantenimiento mayor de grupos electrógenos:

**Tabla 18. Costo final de cada ítem de mantenimiento por marca.**

CUMMINS						
	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
PROMEDIO	53.241.429	225.694.000	30.675.714	9.008.571	14.228.571	332.848.286
PONDERACION	16,0%	67,8%	9,2%	2,7%	4,3%	100,0%
CATERPILLAR						
	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
PROMEDIO	66.549.300	410.448.327	48.097.657	12.014.000	14.228.571	551.337.856
PONDERACION	12,1%	74,4%	8,7%	2,2%	2,6%	100,0%
MTU-DETROIT						
	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
PROMEDIO	58.758.157	365.309.527	42.576.029	10.230.614	14.228.571	491.102.899
PONDERACION	12,0%	74,4%	8,7%	2,1%	2,9%	100,0%
PERKINS						
	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
PROMEDIO	37.845.840	194.084.504	28.477.200	8.496.680	11.120.000	280.024.224
PONDERACION	13,5%	69,3%	10,2%	3,0%	4,0%	100,0%

De lo anterior se tiene la siguiente escala prioritaria para los conceptos que impactan el costo de un mantenimiento mayor:

**Tabla 19. Escala de conceptos de acuerdo a impacto económico**

<b>ESCALA DE CONCEPTOS DE ACUERDO A IMPACTO ECONOMICO</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PONDERACION</b>
1	REPUESTOS	67,8 - 74,4 %
2	MANO DE OBRA	12,0 - 16,0 %
3	SERVICIOS ESPECIALIZADOS	8,7 - 10,2 %
4	MOVILIZACION/DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	2,6 - 4,3 %
5	INSTALACIÓN/DESINSTALACION EN CAMPO	2,1 - 3,0 %

De acuerdo a la escala de prioridades a continuación se plantea la estrategia para la optimización y reducción de cada rubro.

#### **4.1 GESTIÓN DE REPUESTOS**

El modelo actual para el mantenimiento mayor de grupos electrógenos está direccionado a que los realicen las empresas distribuidoras de cada marca. Esto no permite que se pueda realizar un análisis económico que permita la reducción de los costos. A la empresa que realiza el proceso de overhaul necesariamente se le debe comprar los repuestos para que realicen el proceso y se dé la garantía del mismo.

Teniendo en cuenta que el objetivo es establecer un modelo que permita realizar con autonomía el proceso de mantenimiento mayor, se puede establecer otra

cadena de suministro de repuestos diferente a la actual ya que no está ligado a la ejecución de las actividades.

La gestión de repuestos debe garantizar los siguientes 3 aspectos técnico-económicos:

1. Calidad de los repuestos: para este ítem se debe garantizar que los repuestos son originales y genuinos de la marca de cada grupo electrógeno.
2. Costo de los repuestos: el objetivo es que el costo de adquisición de los repuestos sea menor al costo actual.
3. Tiempo de disponibilidad de los repuestos: el objetivo es que el tiempo de respuesta de los repuestos sea igual o menor a la oferta actual.

Basado en estos 3 aspectos se evaluó 2 opciones de suministro de repuestos y se comparó con la oferta del modelo actual. Este análisis se realizó para 1 modelo de motor de cada marca.

- **Oferta actual:** distribuidores de cada marca.
- **Opción 1:** empresa nacional especializada en importación de repuestos para grupos electrógenos.
- **Opción 2:** importación directa de repuestos.

A continuación los resultados del estudio de mercado:

**Tabla 20. Análisis de costos gestión de repuestos**

ANALISIS DE COSTOS GESTION DE REPUESTOS									
GRUPO ELECTROGENO RANGO DE POTENCIA 600 - 1000 KW									
ITEM	MARCA	OFERTA ACTUAL		OPCIÓN 1			OPCIÓN 2		
		COSTO [COP]	TIEMPO DE ENTREGA [DIAS]	COSTO [COP]	% REDUCCION	TIEMPO DE ENTREGA [DIAS]	COSTO [COP]	% REDUCCION	TIEMPO DE ENTREGA [DIAS]
1	CUMMINS	231.750.000	12	172.653.750	25,5%	12	154.924.875	33,2%	25
2	CATERPILAR	454.230.000	15	307.967.940	32,2%	12	267.014.563	41,2%	25
3	MTU-DETROIT	407.880.000	12	320.593.680	21,4%	12	285.679.152	30,0%	25
4	PERKINS	322.132.500	10	258.350.265	19,8%	12	235.388.660	26,9%	25

Del análisis se tiene que la opción con menor costo es la opción 2 (importación directa). Sin embargo se debe analizar otro aspecto importante y el tiempo de entrega. Para la opción 2 se tiene que un tiempo de 25 días lo cual afecta en gran medida la ejecución del proceso. La opción 1 permite una reducción de costos entre el 19,8% y el 32,2% y el tiempo de entrega es de 12 días.

Se llega a la conclusión que la mejor opción es la 1 (empresa nacional especializada en importación de repuestos para grupos electrógenos).

## **4.2 GESTIÓN DE MANO DE OBRA**

Para el concepto de mano de obra se establece que la compañía está en la capacidad de asumir esta gestión estableciendo los requerimientos del proceso.

La compañía asume la gestión de mano de obra para los siguientes procesos:

1. Instalación y desinstalación de equipos en campo.
2. Proceso de desensamble, diagnóstico, reparación y ensamble de motor de combustión interna.
3. Proceso de reparación de skid y cabinas de grupo electrógeno.
4. Proceso de ensamble de conjunto de grupo electrógeno (motor de combustión, generador, radiador, skid, cabina y control).
5. Pruebas funcionales del conjunto grupo electrógeno.

Como primera medida se deben establecer los perfiles requeridos para la ejecución de actividades de los procesos objetivos.

**4.2.1 Perfiles del personal requerido [9].** Ver Anexo 1. Perfiles de cargos.

**4.2.2 Costo de mano de obra.** Para hallar el valor de mano de obra se establecen los tiempos promedio de reparación de acuerdo a los rangos de potencia y se hace un análisis del recurso humano requerido (costo directo) más los costos indirectos.

**Tabla 28. Motores rango potencia 26-400kw**

MOTORES RANGO POTENCIA 25 KW - 400 KW												
CARGO	SALARIO BASICO	HORAS EXTRAS, RECARGOS, DOMINICALES		CARGA PRESTACIONAL		DOTACION, EPP, EXAMENES, OTROS		COSTO MENSUAL	COSTO DIARIO	TIEMPO [DIAS]	CANT. PERSON. REQ.	COSTO TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	%	VALOR					
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	3.000.000	10%	300.000	44,79 %	1.343.700	12,00 %	360.000	5.003.700	166.790	20	1	3.335.800
PLANEADOR/ PROGRAMADOR	2.400.000	10%	240.000	44,79 %	1.074.960	12,00 %	288.000	4.002.960	133.432	20	1	2.668.640
MECANICO 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	20	2	6.159.667
MECANICO 2	2.000.000	25%	500.000	44,79 %	895.800	15,00 %	300.000	3.695.800	123.193	20	2	4.927.733
ELECTRICISTA 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	20	1	3.079.833
TECNICO METALMECANICO	1.600.000	0%	-	44,79 %	716.640	15,00 %	240.000	2.556.640	85.221	20	2	3.408.853
SUPERVISOR HSE	1.800.000	10%	180.000	44,79 %	806.220	12,00 %	216.000	3.002.220	100.074	20	1	2.001.480
<b>COSTO DIRECTO MANO DE OBRA</b>											<b>25.582.007</b>	
<b>COSTO INDIRECTOS INSTALACIONES, HERRAMIENTAS (6%)</b>											<b>1.534.920</b>	
<b>COSTO INDIRECTOS ADMINISTRACION (12%)</b>											<b>3.069.841</b>	
<b>COSTO INDIRECTOS IMPREVISTOS (4,0%)</b>											<b>1.023.280</b>	
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA (CD + CID)</b>											<b>31.210.048</b>	

**Tabla 29. Motores rango potencia 400-1000kw**

MOTORES RANGO POTENCIA 400 KW - 1000 KW												
CARGO	SALARIO BASICO	HORAS EXTRAS, RECARGOS, DOMINICALES		CARGA PRESTACIONAL		DOTACION, EPP, EXAMENES, OTROS		COSTO MENSUAL	COSTO DIARIO	TIEMPO [DIAS]	CANT. PERS. REQ.	COSTO TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	%	VALOR					
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	3.000.000	10%	300.000	44,79 %	1.343.700	12,00 %	360.000	5.003.700	166.790	30	1	5.003.700
PLANEADOR/ PROGRAMADOR	2.400.000	10%	240.000	44,79 %	1.074.960	12,00 %	288.000	4.002.960	133.432	30	1	4.002.960
MECANICO 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	30	2	9.239.500
MECANICO 2	2.000.000	25%	500.000	44,79 %	895.800	15,00 %	300.000	3.695.800	123.193	30	2	7.391.600
ELECTRICISTA 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	30	1	4.619.750
TECNICO METALMECANICO	1.600.000	0%	-	44,79 %	716.640	15,00 %	240.000	2.556.640	85.221	30	2	5.113.280
SUPERVISOR HSE	1.800.000	10%	180.000	44,79 %	806.220	12,00 %	216.000	3.002.220	100.074	30	1	3.002.220
<b>COSTO DIRECTO MANO DE OBRA</b>												<b>38.373.010</b>
<b>COSTO INDIRECTOS INSTALACIONES, HERRAMIENTAS (6%)</b>												<b>2.302.381</b>
<b>COSTO INDIRECTOS ADMINISTRACION (12%)</b>												<b>4.604.761</b>
<b>COSTO INDIRECTOS IMPREVISTOS (4,0%)</b>												<b>1.534.920</b>
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA (CD + CID)</b>												<b>46.815.072</b>

**Tabla 30. Motores potencias 1000-2000kw.**

MOTORES RANGO POTENCIA 1000 KW - 2000 KW												
CARGO	SALARIO BASICO	HORAS EXTRAS, RECARGOS, DOMINICALES		CARGA PRESTACIONAL		DOTACION, EPP, EXAMENES, OTROS		COSTO MENSUAL	COSTO DIARIO	TIEMPO [DIAS]	CANT. PERS. REQ.	COSTO TOTAL
		%	VALOR	%	VALOR	%	VALOR					
SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO	3.000.000	10%	300.000	44,79 %	1.343.700	12,00 %	360.000	5.003.700	166.790	40	1	6.671.600
PLANEADOR/ PROGRAMADOR	2.400.000	10%	240.000	44,79 %	1.074.960	12,00 %	288.000	4.002.960	133.432	40	1	5.337.280
MECANICO 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	40	2	12.319.333
MECANICO 2	2.000.000	25%	500.000	44,79 %	895.800	15,00 %	300.000	3.695.800	123.193	40	2	9.855.467
ELECTRICISTA 1	2.500.000	25%	625.000	44,79 %	1.119.750	15,00 %	375.000	4.619.750	153.992	40	1	6.159.667
TECNICO METALMECANICO	1.600.000	0%	-	44,79 %	716.640	15,00 %	240.000	2.556.640	85.221	40	2	6.817.707
SUPERVISOR HSE	1.800.000	10%	180.000	44,79 %	806.220	12,00 %	216.000	3.002.220	100.074	40	1	4.002.960
<b>COSTO DIRECTO MANO DE OBRA</b>												<b>51.164.013</b>
<b>COSTO INDIRECTOS INSTALACIONES, HERRAMIENTAS (6%)</b>												<b>3.069.841</b>
<b>COSTO INDIRECTOS ADMINISTRACION (12%)</b>												<b>6.139.682</b>
<b>COSTO INDIRECTOS IMPREVISTOS (4,0%)</b>												<b>2.046.561</b>
<b>COSTO TOTAL MANO DE OBRA (CD + CID)</b>												<b>62.420.096</b>

Con este análisis de costos de mano de obra y comparando con los costos actuales ofrecidos en el mercado, se concluye:

1. Viable económicamente para motores con potencias superiores a 250 KW de todas las marcas (filas 3 a 7 de la tabla 31) y para los casos de Cummins de 400 –

600 KW y Caterpillar 100-250 KW teniendo en cuenta reducción en costo de repuestos (Recuadros resaltados de la tabla 31).

2. No es viable para motores con potencias inferiores a 250 KW (filas 1 y 2 de la tabla 31).

**Tabla 31. Comparativo Costos de mano de obra en taller mto mayor.**

COSTOS DE MANO DE OBRA EN TALLER MANTENIMIENTO MAYOR (OVERHAUL)									
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA 1 CUMMINS [COP]		MARCA 2 CATERPILLAR [COP]		MARCA 3 MTU-DETROIT [COP]		MARCA 4 PERKINS [COP]	
		ACTUAL	NUEVA	ACTUAL	NUEVA	ACTUAL	NUEVA	ACTUAL	NUEVA
1	25-100	12.650.000	31.210.048	15.570.000	31.210.048	13.840.000	31.210.048	12.542.500	31.210.048
2	100-250	24.450.000	31.210.048	32.287.500	31.210.048	28.597.500	31.210.048	25.830.000	31.210.048
3	250-400	38.530.000	31.210.048	46.503.900	31.210.048	40.797.900	31.210.048	36.518.400	31.210.048
4	400-600	45.420.000	46.815.072	66.943.800	46.815.072	59.859.800	46.815.072	54.546.800	46.815.072
5	600-1000	66.350.000	46.815.072	76.014.000	46.815.072	66.744.000	46.815.072	59.791.500	46.815.072
6	1000-1500	88.860.000	62.420.096	102.416.400	62.420.096	90.644.400	62.420.096	NA	NA
7	1500-2000	96.430.000	62.420.096	126.109.500	62.420.096	110.823.500	62.420.096	NA	NA

### 4.3 GESTIÓN DE SERVICIOS ESPECIALIZADOS

Para el concepto de servicios especializados se realiza estudio de mercado para los siguientes ítems:

**Tabla 32. Estudio de mercado Servicios especializados**

<b>SERVICIOS ESPECIALIZADOS</b>	
<b>1. MOTOR DE COMBUSTION</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS – PARTICULAS MAGNETICAS Y TINTAS PENETRANTES BLOQUE, CIGÜEÑAL, EJES DE LEVAS, PIÑONERIA REPARTICION, POLEAS, CONTRAPESAS, VOLANTE
2	SERVICIOS DE RECTIFICADORA RECTIFICACION CIGÜEÑAL RECTIFICADO EJES DE LEVAS RECTIFICADO CULATAS RECTIFICADO BLOQUE RECTIFICADO BIELAS
<b>2. GENERADOR (ALTERNADOR)</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	PRUEBA DE AISLAMIENTO
2	PRUEBAS DE MCE MAX
3	LAVADO ESTATOR, EXCITATRIZ, ROTOR
4	SECADO EN HORNO ESTATOR, EXCITATRIZ, ROTOR
<b>3. RADIADOR</b>	
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>
1	REPARACION DE PANELES RADIADOR
2	SONDEO DE PANELES
3	PINTURA

**4.3.1 Servicios especializados motor de combustión.** Se analizaron 3 proveedores evaluando aspecto económico y capacidad técnica.

Para la evaluación de capacidad técnica de los proveedores se implementó visita a las instalaciones y se analizaron los siguientes aspectos:

- **Aspecto 1:** Capacidades para ejecución de actividades de los diferentes tamaños de bloques de motor.
- **Aspecto 2:** Cubrimiento de todos los servicios requeridos: rectificado de bloque, cigüeñal, bielas, ejes de levas, culatas y servicios de ENS (Partículas magnéticas y tintas penetrantes).

A continuación se muestran los resultados del análisis de mercado dando como resultado que el proveedor 3 es la opción viable.

**Tabla 33. Comparativo por rango de potencias de total costos**

ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	PROVEEDOR 1			PROVEEDOR 2			PROVEEDOR 3			COSTO ACTUAL
		ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	
1	25-100	OK	NO	5.901.000	OK	OK	6.491.100	OK	OK	2.866.200	2.950.500
2	100-250	OK	NO	8.645.000	OK	OK	9.941.750	OK	OK	3.952.000	4.322.500
3	250-400	OK	NO	12.915.000	OK	OK	20.664.000	OK	OK	6.826.500	6.457.500
4	400-600	OK	NO	17.192.000	OK	OK	20.630.400	OK	OK	9.332.800	8.596.000
5	600-1000	NO	NO	27.055.000	OK	OK	29.760.500	OK	OK	15.073.500	13.527.500
6	1000-1500	NO	NO	34.748.000	NO	OK	38.222.800	OK	OK	15.388.400	17.374.000
7	1500-2000	NO	NO	43.855.000	NO	OK	48.240.500	OK	OK	22.554.000	21.927.500

**4.3.2 Servicios especializados generador.** Se analizaron 2 proveedores evaluando aspecto económico y capacidad técnica.

Para la evaluación de capacidad técnica de los proveedores se implementó visita a las instalaciones y se analizaron los siguientes aspectos:

- **Aspecto 1:** Capacidades para ejecución de actividades de los diferentes rangos de potencias.
- **Aspecto 2:** Cubrimiento de todos los servicios requeridos: pruebas de aislamiento, prueba MCE MAX, lavado y secado de excitatriz, rotor y estator.

A continuación se muestran los resultados del análisis de mercado dando como resultado que el proveedor 2 es la opción viable.

**Tabla 34. Comparativo por rango de potencias servicio generador**

ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	PROVEEDOR 1			PROVEEDOR 2			COSTO ACTUAL
		ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	
1	25-100	OK	OK	4.636.500	OK	OK	3.456.300	3.793.500
2	100-250	OK	OK	6.792.500	OK	OK	5.063.500	5.557.500
3	250-400	OK	OK	10.147.500	OK	OK	7.564.500	8.302.500
4	400-600	OK	OK	13.508.000	OK	OK	10.069.600	11.052.000
5	600-1000	OK	OK	21.257.500	OK	OK	15.846.500	17.392.500
6	1000-1500	OK	OK	27.302.000	OK	OK	20.352.400	22.338.000
7	1500-2000	OK	OK	34.457.500	OK	OK	25.686.500	28.192.500

**4.3.3 Servicios especializados radiador.** Se analizaron 2 proveedores evaluando aspecto económico y capacidad técnica.

Para la evaluación de capacidad técnica de los proveedores se implementó visita a las instalaciones y se analizaron los siguientes aspectos:

- **Aspecto 1:** Capacidades para ejecución de actividades de las diferentes rangos de potencias.
- **Aspecto 2:** Cubrimiento de todos los servicios requeridos: sondeo, reparación de paneles, pintura.

A continuación se muestran los resultados del análisis de mercado dando como resultado que el proveedor 1 es la opción viable.

**Tabla 35. Comparativo por rango de potencias servicio radiador**

ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	PROVEEDOR 1			PROVEEDOR 2			COSTO ACTUAL
		ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	ASP. 1	ASP. 2	COSTO [COP]	
1	25-100	OK	OK	1.517.400	OK	OK	3.203.400	1.686.000
2	100-250	OK	OK	2.223.000	OK	OK	4.693.000	2.470.000
3	250-400	OK	OK	3.321.000	OK	OK	7.011.000	3.690.000
4	400-600	OK	OK	4.420.800	OK	OK	9.332.800	4.912.000
5	600-1000	OK	OK	6.957.000	OK	OK	14.687.000	7.730.000
6	1000-1500	OK	OK	8.935.200	OK	OK	18.863.200	9.928.000
7	1500-2000	OK	OK	11.277.000	OK	OK	23.807.000	12.530.000

**4.3.4 Costo total de servicios especializados.** Realizando la verificación de la reducción con los 3 proveedores seleccionados para los 3 servicios especiales tenemos el siguiente comparativo con el costo actual.

**Tabla 36. Comparativo por rango de potencias costo de servicio 3 proveedores**

ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	PROVEEDOR RECT.	PROVEEDOR GENERADOR	PROVEEDOR RADIADOR	COSTO TOTAL	COSTO ACTUAL MAS ECONOMICO CUMMINS	RED.
1	25-100	2.866.200	3.456.300	1.517.400	7.839.900	8.430.000	7%
2	100-250	3.952.000	5.063.500	2.223.000	11.238.500	12.350.000	9%
3	250-400	6.826.500	7.564.500	3.321.000	17.712.000	18.450.000	4%
4	400-600	9.332.800	10.069.600	4.420.800	23.823.200	24.560.000	3%
5	600-1000	15.073.500	15.846.500	6.957.000	37.877.000	38.650.000	2%
6	1000-1500	15.388.400	20.352.400	8.935.200	44.676.000	49.640.000	10%
7	1500-2000	22.554.000	25.686.500	11.277.000	59.517.500	62.650.000	5%

Se proyecta una reducción entre el 2% y el 10% para los servicios especializados con el nuevo modelo.

#### 4.4 GESTIÓN DE MOVILIZACIONES DE EQUIPOS

Para este concepto se maneja los mismos valores ya estipulados ya que es un costo fijo manejado por la compañía y corresponde a los valores promedios de la oferta en el mercado nacional actual.

#### 4.5 GESTIÓN DE INSTALACIÓN / DESINSTALACIÓN EN CAMPO

Este concepto se reduce considerablemente teniendo en cuenta que se usa el mismo personal contemplado en los costos de mano de obra.

Los únicos costos adicionales corresponden a los recursos de transporte para movilización del personal en campo.

A continuación se presenta el comparativo de la oferta actual con el nuevo modelo.

**Tabla 37. Comparativo de costos entre las opciones actuales y escogencia.**

ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	COSTO ADICIONAL INST / DESINST. EN CAMPO	COSTO ACTUAL MAS ECONOMICO CUMMINS	RED.
1	25-100	2.800.000	5.450.000	49%
2	100-250	2.800.000	5.450.000	49%
3	250-400	2.800.000	8.750.000	68%
4	400-600	2.800.000	8.750.000	68%
5	600-1000	2.800.000	10.360.000	73%
6	1000-1500	2.800.000	12.150.000	77%
	1500-2000	2.800.000	12.150.000	77%

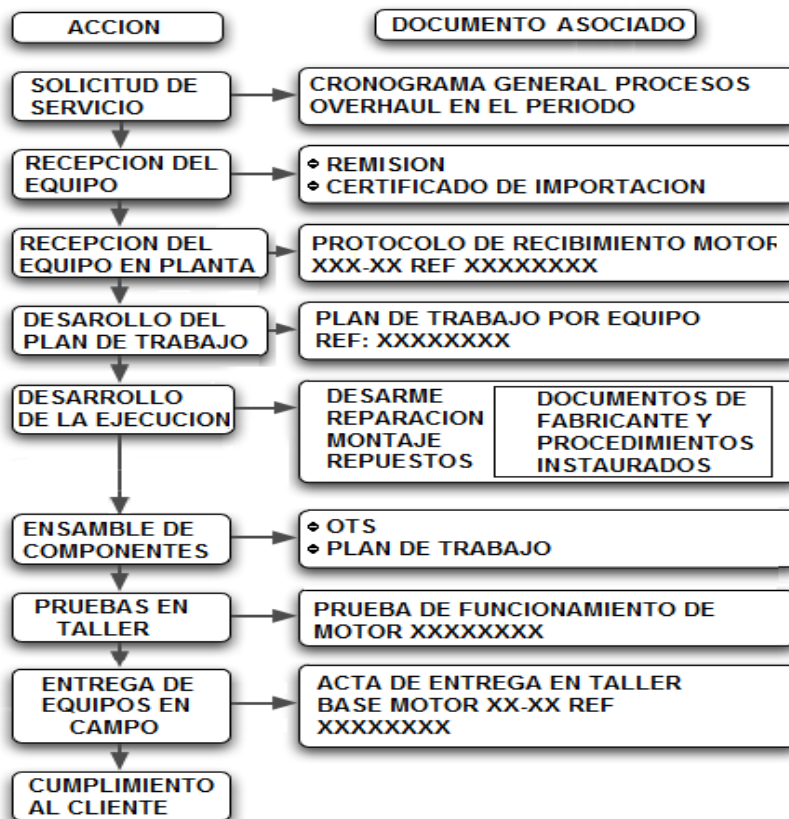
## 5. MODELO DE TÉCNICO DE PLANEACIÓN Y EJECUCIÓN

En este modelo técnico de planeación y ejecución se especifican los siguientes aspectos técnicos para el control del proyecto:

1. Plan de trabajo.
2. Ordenes de trabajo para las etapas del proceso (desensamble, reparación, ensamble, pruebas, instalación)
3. Reportes de actividades y avances del proceso.
4. Formatos de diagnóstico y metrología de componentes.
5. Reportes de reparación de componentes.

A continuación se procederá a desarrollar la descripción del paso a paso del proyecto.

**Figura 7. Flujo de acciones del proceso y documento asociado.**



## **5.1 SOLICITUD DEL SERVICIO**

En esta etapa se definen las especificaciones técnicas de los equipos a intervenir.

A continuación se definen los aspectos más importantes a definir en esta etapa:

Marca del equipo.

Serial del equipo

Potencia nominal

Hoja de vida del equipo

Horómetro actual

## **5.2 RECEPCIÓN DEL EQUIPO EN CAMPO**

En esta etapa se define mediante la implementación de un formato de recepción del equipo el estado y condiciones en las cual se recibe antes de la intervención.

Se realiza un levantamiento de inventario de todos los elementos del equipo que serán trasladados a los talleres de reparación.

Se establece un protocolo de recepción en el cual se inspecciona los siguientes componentes principales:

-Motor de combustión diésel: inventario y estado general de periféricos tales como turbo cargadores, bombas de agua, arranques, alternador, bombas de combustible, líneas de escape, líneas admisión).

- Generador: inventario y estado general de sistema de control (tarjetas de control, reguladores de voltaje, arnés, sensores).

-Radiador: inventario y estado general de ventilador, paneles.

-Skid y cabinas: inspeccione general del estado (golpes, faltantes en la cabina).

De igual manera si el grupo electrógeno está operativo se realiza prueba del equipo antes de iniciar la desinstalación del mismo.

### **5.3 DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO**

En esta etapa se realiza la planeación y programación de las actividades. Se especifican los tiempos requeridos. Se tiene en cuenta los tiempos de consecución de repuestos, tiempos de proveedores de servicios especializados, tiempos de movilización y desmovilización de equipos, pruebas e instalación de equipos.

Se realiza la asignación de recursos a las actividades (recurso humano, herramientas, consumibles, repuestos).

Se usa herramienta informática MS Project para el seguimiento del plan de trabajo.

En la planeación se garantiza que el tiempo total de ejecución de actividades no supere el tiempo establecido para cada rango de potencias de los grupos electrógenos.

Para la solicitud de repuestos se manejan los manuales de partes del fabricante del equipo. Se tiene en cuenta modelo y serial del equipo para realizar solicitud con parte número de cada repuesto.

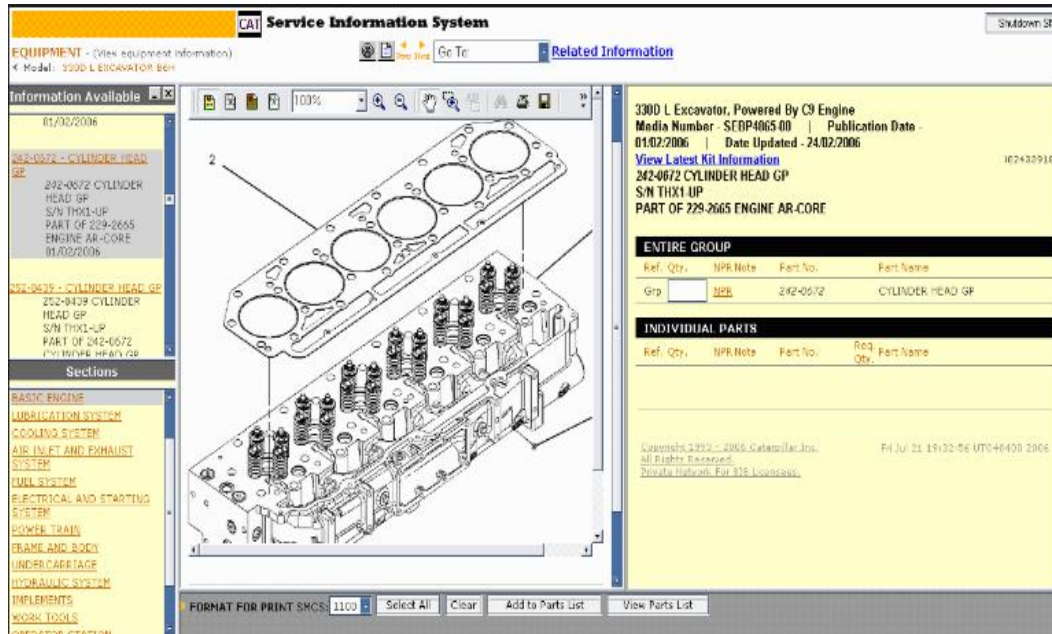
Se usan las licencias online de los fabricantes de motor para acceder a la siguiente información de cada equipo:

1. Manual de partes.
2. Manual de servicio técnico de mantenimiento.
3. Manual de operación.

Se cuenta con las licencias para acceder a las siguientes plataformas de los fabricantes donde están los anteriores manuales para todos los modelos y seriales de motor:

- Caterpillar: SIS CAT

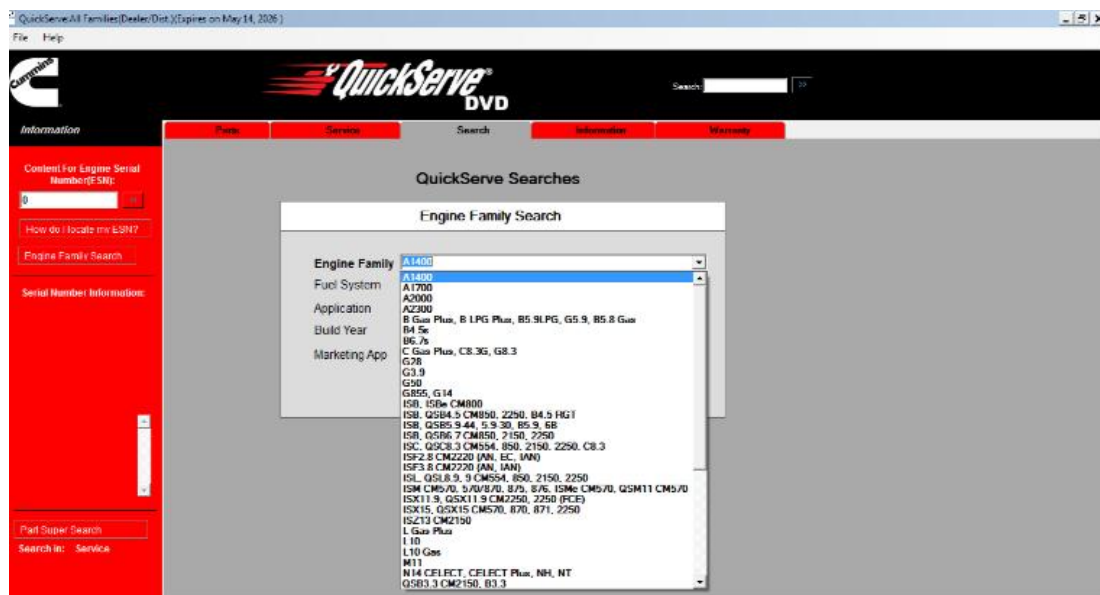
Figura 8. Software caterpillar SIS CAT.



Fuente: Caterpillar. SIS CAT 2016.

- Cummins: Quickserve

Figura 9. Software cummins Quickserve.



Fuentes Cummins, Quickserve, 2016

- Perkins: SP12

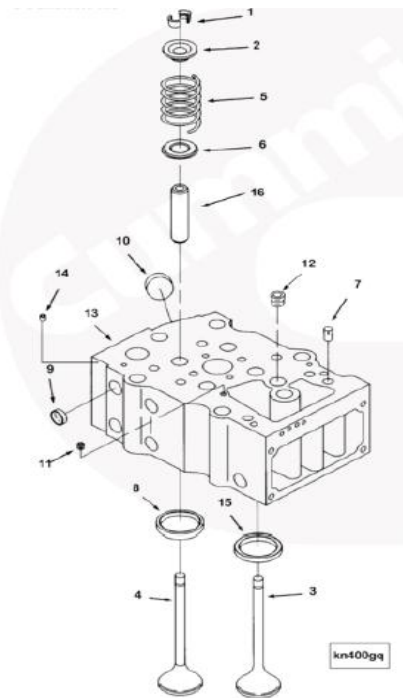
**Figura 10. Software Perkins SP12.**



Fuente Perkins. SP12, 2016

A continuación se muestra un ejemplo de los manuales de partes de un motor Cummins.

Figura 11. Manual de partes Cummins.



<input type="checkbox"/>	1	205091	Collet, Valve	8	
<input type="checkbox"/>	2	205094	Retainer, Valve Spring	4	
	3	3088393	Valve, Intake	2	
	4	3088391	Valve, Exhaust	2	
<input type="checkbox"/>	5	3630628	Spring, Valve	4	
<input type="checkbox"/>	6	3081081	Rotator, Valve	4	
<input type="checkbox"/>	7	68445	Pin, Groove	2	
<input type="checkbox"/>	8	205093	Insert, Valve	2	
<input type="checkbox"/>	9	205401	Plug, Expansion	8	
<input type="checkbox"/>	10	206224	Plug, Expansion	2	
<input type="checkbox"/>	11	67622	Plug, Pipe	1	3/8 NPT.
<input type="checkbox"/>	12	S 915 A	Plug, Pipe	1	1/2 NPT.

Fuentes: Cummins, Quickserve, 2016


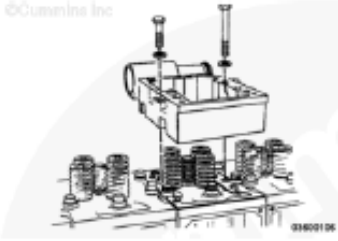

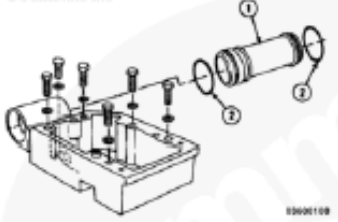
#### **5.4 DESARROLLO DE LA EJECUCIÓN**

La ejecución de actividades se desarrolla de acuerdo al plan de trabajo establecido en la etapa anterior.

La ejecución de actividades se basa estrictamente en los Manuales de servicio y procedimientos del fabricante.

A continuación se muestra un ejemplo de los procedimientos establecidos por los fabricantes en sus manuales de servicio.

**Figura 12. Manual de procedimientos de fabricante.**

<p>Quite los siete tornillos de montaje, rondanas planas y la carcasa de balancines.</p> <p><b>NOTA:</b> Tome en cuenta la ubicación del único tornillo más corto.</p> <p>Todos las carcasas de balancines <b>no</b> son iguales. Etiquete o marque las partes con sus posiciones respectivas relativas a los números de cilindro para ayudarse durante el ensamble.</p>		
<p>Saque el tubo de transferencia del agua (1) de la carcasa de balancines y deseche los arosellos (2).</p> <p><b>No</b> todos los tubos de transferencia del agua son iguales. Etiquete o marque las partes con sus posiciones respectivas relativas a los números de cilindro para ayudarse durante el ensamble.</p>		
<p>Quite y deseche la junta de la carcasa de balancines.</p>		

<https://quickserve.cummins.com/qa3/pubays2/m/tes/procedures/29/es08-003-013-shcpds.html>

3/4

Fuentes Cummins, Quickserve, 2016

**5.4.1 Controles para el seguimiento de la ejecución de actividades.** Para realizar el seguimiento de la ejecución de actividades se establecen los siguientes controles:

- Ordenes de trabajo: incluye información tal como ejecutante de la actividad, supervisor, recursos usados (herramientas, repuestos, consumibles) y

tiempos de ejecución de las actividades (tiempo inicio y final de cada proceso).

Se implementa formato en el cual se programan las actividades por los planeadores y diligencia por los técnicos.

- Reporte de actividades diarias: en este reporte se muestra el avance de obra y la compara con la programación. Este reporte permite evidencias retrasos en las actividades con el objetivo de corregir las desviaciones para que no se afecte los tiempos de entrega. Este reporte es generado por los planeadores y presentado a los supervisores de mantenimiento.
- Formatos de diagnóstico, metrología de componentes y procedimientos: Con la implementación de estos formatos se garantiza la verificación de los parámetros de componentes reutilizables en los procesos (ejemplo ejes de levas). Estos formatos son diligenciados por los técnicos y validados por los supervisores.

A continuación se presenta a manera de ejemplo el seguimiento y control al torque aplicado en la instalación de múltiple de escape.

### Figura 13. Manual de servicio.

Manual de Servicio (4332533)  
 011-007 Múltiple de Escape, Seco

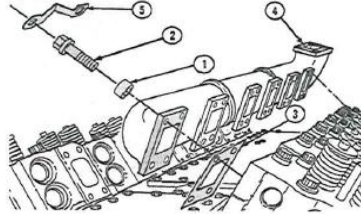
#### RESULTADOS

Instale las juntas (3), múltiple (4), y tornillos. Revise para estar seguro de que la junta esté alineada apropiadamente con el múltiple y la cabeza de cilindros.

Torque Tornillo de 38 mm : [44 ft-lb]

Torque Tornillo de 76 mm con una N estampada en la cabeza: [41 ft-lb]

Torque Tornillo de 76 mm sin una N estampada en la cabeza: [59 ft-lb]



Valor de Torque Aplicado	
Tornillo de 38 mm	N/A
Tornillo de 76 mm con una N estampada en la cabeza	N/A
Tornillo de 76 mm sin una N estampada en la cabeza	59 Ft-lb

Fuentes: Cummins, Quickserve, 2016

- Reportes de reparación de componentes: estos reportes son presentados por los proveedores de servicios externos tales como la rectificadora, empresa que repara radiador y generador. Se consignan los parámetros de los componentes después de reparación. Ejemplo diámetro de muñones de cigüeñal después de rectificado.

### Figura 14. Especificación del manual de servicio.

Mida el diámetro exterior del cigüeñal (extremo del volante) en los sitios mostrados. Diámetro Exterior del Cigüeñal				
Sitio (1)	mm	MÍN.	in	
	179.959		7.085	
	180.010	MÁX.	7.087	

SMALL | MEDIUM | LARGE

Fuentes: Cummins, Quickserve, 2016

## 5.5 PRUEBAS DEL EQUIPO

Se realizan 2 pruebas funcionales del equipo, una en el taller de reparación y otra en el sitio de instalación. Las 2 pruebas se establece como requerimiento que se realice al 80% de la carga nominal del equipo.

En estas pruebas se verifican y se hace seguimiento a los siguientes parametros del grupo electrogeno:

### **Motor de combustión:**

1. Temperatura de aceite.
2. Temperatura de refrigerante.
3. Presión de aceite.
4. Velocidad de motor (RPM).
5. Nivel de aceite y de refrigerante.
6. Temperatura de gases de escape.
7. Temperatura de turbocargadores.

### **Generador:**

1. Voltaje.
2. Amperaje.
3. Frecuencia
4. Carga (KW)

## 5.6 ESTRATEGIA DE ILUSTRACIÓN DEL PROCESO

Con el objetivo de realizar una ilustración clara y eficiente del proceso de mantenimiento mayor la compañía implementó la elaboración de un video.

En este video se describen las etapas del proceso de mantenimiento mayor. con componentes institucionales y de desarrollo del proyecto. Buscando llegar al cliente de una manera eficiente, de forma clara y rápida. Para esto se utilizaron 16 horas de trabajo, un dron, una cámara digital, y desarrollo de edición de video en AFTER EFECTS y PREMIER.

El guion, la compilación de video y edición fue apoyada por los autores de la monografía:

Se adjunta una de las imágenes principales del video donde se expone la misión de este proyecto que busca poner a la compañía en otro nivel de oferta de servicio con mucha calidad y responsabilidad.

**Figura 15. Imagen de video misión del proyecto “mantenimiento mayor”.**



Fuente: Los Autores.

## 6. BALANCE TECNICO-ECONOMICO DEL MODELO

Al finalizar el proyecto se realizó un balance comparativo entre el modelo anterior y el nuevo modelo descrito en el presente documento.

Se analizaron los siguientes aspectos:

1. Porcentaje total de reducción de costos.
2. Reducción en tiempo total de cada proceso.
3. Calidad del resultado final del proceso.

La base para el comparativo fueron 9 procesos de mantenimiento mayor de grupos electrógenos que se desarrollaron en un período de 6 meses.

**Tabla 38. Primera Campaña de mantenimiento mayor.**

CAMPAÑA 1 MANTENIMIENTO MAYOR			
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MODELO
1	1500-2000	CUMMINS	QSK60
2	1500-2000	CUMMINS	QSK60
3	1500-2000	CUMMINS	QSK60
4	1000-1500	CUMMINS	QSK50
5	1000-1500	CUMMINS	QSK50
6	600-1000	CUMMINS	QST30
7	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b
8	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b
9	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b

## 6.1 BALANCE ECONOMICO DEL MODELO

A continuación se presentan los costos del análisis económico del nuevo modelo.

**Tabla 39. Costos totales de la campaña a 9 grupos electrógenos. Modelo nuevo**

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES CUMMINS MODELO NUEVO								
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DESISNT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
1	1500-2000	CUMMINS	62.420.096	418.377.820	59.517.500	2.800.000	23.000.000	566.115.416
2	1500-2000	CUMMINS	62.420.096	418.377.820	59.517.500	2.800.000	23.000.000	566.115.416
3	1500-2000	CUMMINS	62.420.096	418.377.820	59.517.500	2.800.000	23.000.000	566.115.416
4	1000-1500	CUMMINS	62.420.096	282.881.160	44.676.000	2.800.000	21.000.000	413.777.256
5	1000-1500	CUMMINS	62.420.096	282.881.160	44.676.000	2.800.000	21.000.000	413.777.256
6	600-1000	CUMMINS	46.815.072	195.597.000	37.877.000	2.800.000	16.200.000	299.289.072
7	1500-2000	CATERPILLAR	62.420.096	455.488.110	59.517.500	2.800.000	23.000.000	603.225.706
8	1500-2000	CATERPILLAR	62.420.096	455.488.110	59.517.500	2.800.000	23.000.000	603.225.706
9	1500-2000	CATERPILLAR	62.420.096	455.488.110	59.517.500	2.800.000	23.000.000	603.225.706
	<b>TOTALES</b>		<b>546.175.842</b>	<b>3.382.957.110</b>	<b>484.334.000</b>	<b>25.200.000</b>	<b>196.200.000</b>	<b>4.634.866.952</b>
	<b>PROMEDIO</b>		<b>60.686.205</b>	<b>375.884.123</b>	<b>53.814.889</b>	<b>2.800.000</b>	<b>21.800.000</b>	<b>514.985.217</b>
	<b>PONDERACION</b>		<b>11,8%</b>	<b>73,0%</b>	<b>10,4%</b>	<b>0,5%</b>	<b>4,2%</b>	<b>100,0%</b>

De la tabla 39 se observa que el costo promedio para el mantenimiento mayor de un grupo electrógenos de la campaña 1 con el nuevo modelo es de \$ 514.985.217 [COP].

El valor total de la campaña 1 con el nuevo modelo es de \$ 4.634.866.952 [COP].

A continuación se presentan los costos del análisis económico del anterior modelo.

**Tabla 40. Costos totales de la campaña a 9 grupos electrógenos. Modelo anterior**

COSTO TOTAL MANTENIMIENTO MAYOR GRUPO ELECTROGENO MOTORES CUMMINS MODELO ANTERIOR								
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. /DEISINT. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
1	1500-2000	CUMMINS	96.430.000	535.010.000	62.650.000	12.150.000	23.000.000	729.240.000
2	1500-2000	CUMMINS	96.430.000	535.010.000	62.650.000	12.150.000	23.000.000	729.240.000
3	1500-2000	CUMMINS	96.430.000	535.010.000	62.650.000	12.150.000	23.000.000	729.240.000
4	1000-1500	CUMMINS	88.860.000	353.160.000	49.640.000	12.150.000	21.000.000	524.810.000
5	1000-1500	CUMMINS	88.860.000	353.160.000	49.640.000	12.150.000	21.000.000	524.810.000
6	600-1000	CUMMINS	66.350.000	231.750.000	38.650.000	10.360.000	16.200.000	363.310.000
7	1500-2000	CATERPILLAR	126.109.500	925.567.300	97.734.000	16.038.000	23.000.000	1.188.448.800
8	1500-2000	CATERPILLAR	126.109.500	925.567.300	97.734.000	16.038.000	23.000.000	1.188.448.800
9	1500-2000	CATERPILLAR	126.109.500	925.567.300	97.734.000	16.038.000	23.000.000	1.188.448.800
	<b>TOTALES</b>		<b>911.688.500</b>	<b>5.319.801.900</b>	<b>619.082.000</b>	<b>119.224.000</b>	<b>196.200.000</b>	<b>7.165.996.400</b>
	<b>PROMEDIO</b>		<b>101.298.722</b>	<b>591.089.100</b>	<b>68.786.889</b>	<b>13.247.111</b>	<b>21.800.000</b>	<b>796.221.822</b>
	<b>PONDERACION</b>		<b>12,7%</b>	<b>74,2%</b>	<b>8,6%</b>	<b>1,7%</b>	<b>2,7%</b>	<b>100,0%</b>

De la tabla 40 se observa que el costo promedio para el mantenimiento mayor de un grupo electrógenos de la campaña 1 con el anterior modelo es de \$ 796.221.822 [COP].

El valor total de la campaña 1 es de \$ 7.165.996.400 [COP].

A continuación se presenta el comparativo de los 2 modelos.

**Tabla 41. Comparativo de los dos modelos en cada ítem.**

COMPARATIVO DE MODELOS								
MODELO	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MANO DE OBRA [COP]	REPUESTOS [COP]	SERVICIOS ESP. [COP]	INST. / DESINST. EN CAMPO [COP]	MOV. / DESMOV. DE EQUIPOS [COP]	COSTO TOTAL [COP]
ANTERIOR	TOTALES		911.688.500	5.319.801.900	619.082.000	119.224.000	196.200.000	7.165.996.400
	PROMEDIO		101.298.722	591.089.100	68.786.889	13.247.111	21.800.000	796.221.822
	PONDERACION		12,7%	74,2%	8,6%	1,7%	2,7%	100,0%
NUEVO	TOTALES		546.175.842	3.382.957.110	484.334.000	25.200.000	196.200.000	4.634.866.952
	PROMEDIO		60.686.205	375.884.123	53.814.889	2.800.000	21.800.000	514.985.217
	PONDERACION		11,8%	73,0%	10,4%	0,5%	4,2%	100,0%
REDUCCION EN COP			365.512.658	1.936.844.790	134.748.000	94.024.000	-	2.531.129.448
REDUCCION EN %			40,1%	36,4%	21,8%	78,9%	0,0%	35,3%

Se concluye que hay una reducción en pesos de \$ 365.512.658 equivalente al 40,1% en mano de obra.

Se concluye que hay una reducción en pesos de \$ 1.936.844.790 equivalente al 36,4% en repuestos.

Se concluye que hay una reducción en pesos de \$ 134.748.000 equivalente al 21,8% en servicios especializados.

Se concluye que hay una reducción en pesos de \$ 94.024.000 equivalente al 78,9% en instalación/desinstalación en campo.

No hay reducción de costos en movilizaciones de equipos.

Se concluye que hay una reducción total en pesos de \$ 2.531.129.448 equivalente al 35,3% en el proceso de mantenimiento mayor campaña 1.

## 6.2 BALANCE TÉCNICO DEL MODELO

Para realizar un balance técnico del modelo se evalúan los siguientes 2 aspectos:

- Tiempo total de ejecución de actividades.
- Calidad del resultado final del proceso.

**6.2.1 Tiempo total de ejecución de mantenimientos mayores.** A continuación se presenta el cronograma general de ejecución de actividades. Se mide desde la fecha en que sale de línea el equipo (desinstalación en campo) y la fecha en que entra en línea nuevamente (fecha de instalación).

**Tabla 42. Cronograma general de mantenimientos mayores.**

CRONOGRAMA GENERAL DE MANTENIMIENTOS MAYORES																												
ITEM	RANGODE POTENCIA [KW]	MARCA	MODELO	SEMANAS																					FECHA INICIO	FECHA FINAL	TIEMPO DIAS	
				10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25									
1	1500-2000	CUMMINS	QSK60	█	█	█	█	█																		6-3-16	9-4-16	34
2	1500-2000	CUMMINS	QSK60						█	█	█	█														11-4-16	7-5-16	26
3	1500-2000	CUMMINS	QSK60																						10-5-16	11-6-16	32	
4	1000-1500	CUMMINS	QSK50	█	█	█	█	█																	15-3-16	16-4-16	32	
5	1000-1500	CUMMINS	QSK50						█	█	█	█													19-4-16	14-5-16	25	
6	600-1000	CUMMINS	QST30																					16-5-16	18-6-16	33		
7	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b	█	█	█	█	█																	14-3-16	22-4-16	39	
8	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b						█	█	█	█													24-4-16	20-5-16	26	
9	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b																					25-5-16	25-6-16	31		
																									<b>TOTAL CONTINUOS PROCESO [DIAS]</b>		<b>111</b>	
																									<b>PROMEDIO POR MOTOR [DIAS]</b>		<b>30,89</b>	

Toda la campaña 1 de mantenimientos mayores de 9 equipos da como resultado un tiempo total de 111 días continuos.

Se trabajó con 3 cuadrillas en simultáneo atendiendo cada cuadrilla 3 equipos durante la campaña.

El tiempo promedio de intervención por grupo electrógeno fue de 30,89 días.

A continuación se muestra el comparativo con los tiempos promedios del modelo anterior.

**Tabla 43. Comparativo de tiempos.**

COMPARATIVO DE TIEMPOS						
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MODELO NUEVO			MODELO ANTERIOR
			FECHA INICIO	FECHA FINAL	TIEMPO DIAS	TIEMPO DIAS
1	1500-2000	CUMMINS	6-3-16	9-4-16	34	35
2	1500-2000	CUMMINS	11-4-16	7-5-16	26	35
3	1500-2000	CUMMINS	10-5-16	11-6-16	32	35
4	1000-1500	CUMMINS	15-3-16	16-4-16	32	35
5	1000-1500	CUMMINS	19-4-16	14-5-16	25	35
6	600-1000	CUMMINS	16-5-16	18-6-16	33	30
7	1500-2000	CATERPILLAR	14-3-16	22-4-16	39	40
8	1500-2000	CATERPILLAR	24-4-16	20-5-16	26	40
9	1500-2000	CATERPILLAR	25-5-16	25-6-16	31	40
<b>TOTAL [DIAS]</b>					<b>278</b>	<b>325</b>
<b>PROMEDIO POR MOTOR [DIAS]</b>					<b>30,89</b>	<b>36,11</b>
<b>REDUCCION</b>						<b>14,46%</b>

De lo anterior se concluye que hay una reducción de 14,46% en los tiempos de ejecución de los mantenimientos mayores.

**6.2.2 Calidad del resultado final del proceso.** Para la evaluación de este ítem se planteó el análisis de 2 parámetros, uno la cantidad de solicitudes de garantía y dos la severidad de la solicitud de garantía. Esto se midió en un período de 3 meses (2160 Horas continuas) posterior a la entrega del equipo.

Se realizó la ponderación para la cantidad de solicitudes de garantía así:

**Tabla 44. Ponderación cantidades de solicitudes de garantía.**

ITEM	DESCRIPCION	PUNTUACIÓN
1	0 SOLICITUDES DE GARANTIA EN 3 MESES	10
2	1-2 SOLICITUDES DE GARANTIA EN 3 MESES	8
3	3-4 SOLICITUDES DE GARANTÍA EN 3 MESES	6
4	5 O MAS SOLICITUDES DE GARANTÍA EN 3 MESES	2

**Tabla 45. Ponderación severidad de solicitudes de garantía.**

<b>PONDERACION SEVERIDAD DE SOLICITUDES DE GARANTIA</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PUNTUACIÓN</b>
1	TIEMPO DE RESPUESTA 0-24 HORAS FUGAS, FALLAS MENORES - NIGUNA FALLA	10
2	TIEMPO DE RESPUESTA 1 - 2 DÍA FALLAS EN COMPONENTES PERIFERICOS (TURBOS, BOMBA DE AGUA, ARRANQUE, ALTERNADOR)	7
3	TIEMPO DE RESPUESTA 3 - 8 DÍAS FALLAS INTERMEDIAS (SISTEMA DE INYECCION)	5
4	TIEMPO DE RESPUESTA 9 - 15 DÍAS FALLAS MAYORES (COMPONENTES INTERNOS QUE REQUIERA NUEVA INTERVENCION EN TALLER)	2

**Tabla 46. Puntuación final calidad del mantenimiento mayor.**

<b>PUNTUACION FINAL CALIDAD DEL MANTENIMIENTO MAYOR</b>		
<b>ITEM</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>PUNTUACIÓN CANTIDAD SOLICITUDES X PUNTUACIÓN SEVERIDAD DE SOLICITUDES</b>
1	EXCELENTE	80-100
2	BUENO	60-79
3	REGULAR	40-59
4	MALO	0-39

Se realizó el proceso de medición de calidad de los 9 equipos intervenidos.

**Tabla 47. Puntuación de calidad.**

PUNTUACION DE CALIDAD							
ITEM	RANGO DE POTENCIA [KW]	MARCA	MODELO	PUNTUACION CANTIDAD SOLICITUDES	PUNTUACION SEVERIDAD SOLICITUDES	PUNTUACION TOTAL	CALIDAD
1	1500-2000	CUMMINS	QSK60	8	10	80	EXCELENTE
2	1500-2000	CUMMINS	QSK60	10	7	70	BUENO
3	1500-2000	CUMMINS	QSK60	8	10	80	EXCELENTE
4	1000-1500	CUMMINS	QSK50	10	7	70	BUENO
5	1000-1500	CUMMINS	QSK50	10	10	100	EXCELENTE
6	600-1000	CUMMINS	QST30	8	10	80	EXCELENTE
7	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b	8	10	80	EXCELENTE
8	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b	6	10	60	BUENO
9	1500-2000	CATERPILLAR	CAT 3516b	10	10	100	EXCELENTE

De los 9 procesos 5 fueron calificados como excelente y 4 como bueno.

## 7. CONCLUSIONES

Se realizó un análisis de la situación actual en la industria para la ejecución de mantenimientos mayores en la industrial Oil & Gas encontrando oportunidades sobre la oferta actual de los Distribuidores directos de los equipos.

La estrategia para el nuevo de modelo planeación de mantenimiento mayores está basada en la adquisición de la competencia interna de la compañía para ejecutar los trabajos, realizando un proceso de vinculación de personal y recursos necesarios para el proceso.

La estrategia también cuenta con el estudio de mercado para la contratación de bienes y servicios requeridos, como son los repuestos y servicios especializados (rectificadora, reparación de generador eléctrico y radiador).

Como resultado de esta estrategia para el nuevo modelo se dan varios beneficios tanto económicos como técnicos.

En el análisis económico del proyecto se da un resultado de optimización de los recursos encaminado a la reducción de los costos.

Basado en el modelo anterior una campaña de mantenimiento mayor de 9 grupos electrógenos de acuerdo a los modelos de motor de combustión tenía un valor total de \$ 7.165.996.400 [COP] y un valor promedio por equipo de \$ 796.221.822 [COP] (valor total aproximadamente 2.4 USD y valor promedio por equipo 265.000 USD).

Con el nuevo modelo el valor total de la campaña fue de \$ 4.634.866.952 [COP] y valor promedio por equipo de \$ 514.985.217 [COP] (valor total aproximadamente 1.6 USD y valor promedio por equipo 171.000 USD).

Se concluye que hay una reducción total en pesos de \$ 2.531.129.448 equivalente al 35,3% en el proceso de mantenimiento mayor campaña 1.

Se presentan detalladamente reducciones del 40,1% en mano de obra, 36.4% en repuestos, 21.8% en servicios especializados y 78,9% en instalación/desinstalación en campo.

Para el análisis técnico se encuentra como beneficio el desarrollo y conocimiento técnico de la compañía adquirido por el personal y el control / seguimiento estricto de los procesos lo cual conlleva a la calidad en el resultado final.

Se obtiene una reducción de 14,46% en los tiempos de ejecución de los mantenimientos mayores. Este resultado es producto de la excelente planeación del proceso.

Se realiza análisis de la calidad de los resultados finales encontrándose que los resultados son satisfactorios para los procesos teniendo en cuenta el estándar manejado en el modelo anterior.

Para documentar el proceso se desarrolla un video institucional con componentes ilustrativos para explicar el proceso de mantenimiento mayor. Esto permite explicar de manera eficiente y con claridad el proyecto

## BIBLIOGRAFIA

AFICIONADOS A LA MECNICA, Damy magneboy, 2014, [En línea] [consultado en octubre 2016], Disponible en: <http://www.aficionadosalamecanica.net/motor-estructura.htm>

ARDILA Gabriel Leonardo, BARAJAS Diego Fernando. Planteamiento para la determinación de la ejecución de mantenimiento overhaul a motores Caterpillar 3612 y compresores Ariel JGC4. 2012, Uis Monografía,

CUMMINS INC. Página institucional, [En línea] Cummins Power Generation, 2106, Columbus, Indiana, estados unidos, [consultado octubre de 2016] Disponible en: [www.power.cummins.com/content/cta38-0](http://www.power.cummins.com/content/cta38-0)

DUFFUAA, S, Sistemas de mantenimiento, Planeación y Control, segunda edición, 2002, p208.

ENDESA, Grupo Enel, [En línea] Endesa educa, Enel s.a 2104, [consultado octubre 2016], Disponible en: [http://www.endesaeduca.com/Endesa\\_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores](http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores)

FUNDACION WIKIMEDIA INC: Enciclopedia web multilingüe de contenido libre, [En línea] 28 de sep 2016, [consultado octubre 2016], Disponible en: [https://es.wikipedia.org/wiki/Generador\\_el%C3%A9ctrico](https://es.wikipedia.org/wiki/Generador_el%C3%A9ctrico)

GALLEGO Alexander, NARVAEZ John Alexander. Procedimiento para elaborar el plan de dirección del mantenimiento Overhaul en los compresores tipo HYDER de la planta de polietileno en Ecopetrol s.a. Con lineamientos del PMBOK versión 4. 2014. UIS, Monografía.

GATIVA, A, Mantenimiento Industrial. McGraw Hill. Madrid, 2002

ICONTEC, Compendio de normas técnicas colombianas sobre documentación, NTC 1486, 2004

MINTRABAJO, SENA, Estandarización de perfiles ocupacionales de las actividades de exploración y producción de hidrocarburos, Anexo técnico resolución 2626, Republica de Colombia, 2016. p10

OILINSYS ELECTRIC & TELECOM: Pagina institucional [En línea] Sep 2014, Miami FI, Gabriel G [consultado octubre de 2016] Disponible en: [www.olinsys.com](http://www.olinsys.com)

TAVARES L, Administración moderna de mantenimiento, Editorial interamericana s.a. 2004. p98

## ANEXOS

## ANEXO 1.

### PERFILES DE CARGOS

**Tabla 21. Perfil supervisor de mantenimiento.**

<b>Denominación ocupacional:</b> SUPERVISOR DE MANTENIMIENTO
<b>Especialidad:</b> Mantenimiento Industrial Oil & Gas.
<b>Descripción:</b> Asegurar y coordinar la ejecución efectiva del plan de mantenimiento mayor, realizando inspecciones y seguimiento a los trabajos dentro del marco de la programación de mantenimiento, garantizando el cumplimiento de estándares y procedimientos, con el fin de alcanzar las metas del área y los requerimientos de integridad y confiabilidad de los activos.
<b>Nivel educativo:</b> Profesional en ingeniería electrónica, industrial, mecánica, eléctrica o afines.
<b>Experiencia laboral:</b> profesional: Siete (7) años de experiencia relacionada o deseable cinco (5) años de experiencia específica
<b>Cursos:</b> Mantenimiento de motores de combustión diesel.
<b>Competencias:</b> Administración y Gestión - Principios de negocio y gestión involucrados en la planificación estratégica, la asignación de recursos, modelos de recursos humanos, técnicas de liderazgo, métodos de producción, y la coordinación de personas y recursos.
<b>Cantidad requerida:</b> 1

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 22. Perfil programador/ planeador de mantenimiento.**

<b>Denominación ocupacional:</b> PROGRAMADOR /PLANEADOR DE MANTENIMIENTO
<b>Especialidad:</b> Mantenimiento Industrial Oil & Gas.
<b>Descripción:</b> Planificar y/o programar la ejecución de la estrategia de mantenimiento mayor con base en el balance de recursos existentes, disponibilidad de materiales, estimación de tiempos y requerimientos de la operación, con el fin de asegurar la integridad y confiabilidad de los activos.
<b>Nivel educativo:</b> Profesional en ingeniería electrónica, industrial, mecánica, eléctrica o afines.
<b>Experiencia laboral:</b> profesional: cuatro (4) años de experiencia relacionada o deseable dos (2) años de experiencia específica
<b>Cursos:</b> Mantenimiento de motores de combustión diesel. Cursos relacionados con gestión de mantenimiento, planeación y programación de mantenimiento, paradas de planta, RCM, RBI, manejo de herramientas informáticas, preferiblemente CMRP, según aplique.

**Competencias:** Interpretación de diagramas, flujogramas, hoja de vida del equipo, ficha técnica, manuales, planes de mantenimiento

Conocimiento técnico de electricidad y electrónica

Normas de seguridad industrial relacionadas

Equipos eléctricos, electrónicos y electromecánicos: clasificación, tipos, usos, características, componentes, bloques funcionales.

Conocimiento funcional del equipo, Protocolos de servicio al cliente,

Documentación del equipo: instructivo o diagramas de daños o fallas, causas y soluciones, diagramas de causa efecto, diagramas de flujo o proceso, diagramas de decisión, manuales del usuario y el fabricante, hoja de vida del equipo. Formatos de mantenimiento, Software aplicable a mantenimiento

Conocimiento de especificaciones, funciones, características y restricciones en el manejo del equipo, Conocimiento de química y física (magnitudes, fuerza, , bloques funcionales

Pruebas: tipos de pruebas, procedimientos de pruebas, toma de resultados, e interpretación de resultados, rangos de trabajo, Uso y calibración de equipos y herramientas de trabajo

Conocimiento técnico de electricidad, electrónica e instrumentación

Procedimientos y políticas de garantía del equipo, Protocolos de servicio al cliente, Políticas de manejo y manipulación de la información, Interpretación de diagramas, flujogramas, hoja de vida del equipo, ficha técnica, manuales, Costos de mantenimiento

Repuestos, piezas, componentes

**Cantidad requerida:** 1

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 23. Perfil mecánico I**

<b>Denominación ocupacional:</b> MECANICO I
<b>Especialidad:</b> Mantenimiento Industrial Oil & Gas.
<b>Descripción:</b> Inspeccionar, proponer, analizar, evaluar, diagnosticar, controlar calidad, tomar decisiones e interpretar información técnica, usar equipos y herramientas, reportar y documentar la información. Se incluyen las características de los cargos de niveles inferiores.
<b>Nivel educativo:</b> Técnico mecánico o electromecánico
<b>Experiencia laboral:</b> Ocho (8) años de experiencia relacionada
<b>Cursos:</b> Mantenimiento de motores de combustión diesel Cummins o Caterpillar o MTU- Detroit o Perkins.
<b>Competencias:</b> Identificación y funcionamiento de equipos electromecánicos. Manejo de instructivos de operación y mantenimiento. Planos, capacidad de operación, potencia, voltajes, amperajes, consumos, lubricantes, etc. Planillas de control, hojas de vida equipos. Registro de actividades. Planos. Componentes de los equipos y su funcionamiento. Estándares de funcionamiento del equipo, fallas que interrumpen las funciones, causas de las de mantenimiento. Procedimientos de montaje y desmontaje, alineación, puesta a punto de los equipos. Pruebas manuales, en vacío y en caliente de los equipos.
<b>Cantidad requerida:</b> 2

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 24. Perfil mecánico II**

<b>Denominación ocupacional:</b> MECANICO II
<b>Especialidad:</b> Mantenimiento Industrial Oil & Gas.
<b>Descripción:</b> Inspeccionar, proponer, analizar, evaluar, diagnosticar, controlar calidad, tomar decisiones e interpretar información técnica, usar equipos y herramientas, reportar y documentar la información. Se incluyen las características de los cargos de niveles inferiores.
<b>Nivel educativo:</b> Técnico mecánico o electromecánico
<b>Experiencia laboral:</b> cinco (5) años de experiencia relacionada
<b>Cursos:</b> Mantenimiento de motores de combustión diesel Cummins o Caterpillar o MTU- Detroit o Perkins.
<b>Competencias:</b> Identificación y funcionamiento de equipos electromecánicos. Manejo de instructivos de operación y mantenimiento. Planos, capacidad de operación, potencia, voltajes, amperajes, consumos, lubricantes, etc. Planillas de control, hojas de vida equipos. Registro de actividades. Planos. Componentes de los equipos y su funcionamiento. Estándares de falla. Inspección básica de los equipos y medición de variables. Grado de complejidad de las actividades de mantenimiento. Listado de herramientas, repuestos. Modos de falla. Procedimientos de cierre, bloqueo y etiquetado de equipos en mantenimiento. Procedimientos de montaje y desmontaje, alineación, puesta a punto de los equipos. Pruebas manuales, en vacío
<b>Cantidad requerida:</b> 2

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 25. Perfil electricista I**

<b>Denominación ocupacional:</b> ELECTRICISTA I
<b>Especialidad:</b> Mantenimiento Industrial Oil & Gas.
<b>Descripción:</b> Realizar diagnóstico, mantenimiento, montaje e instalación de sistemas eléctricos, control de grupos electrógenos.
<b>Nivel educativo:</b> Tecnólogo o técnico electricista/ Electromecánico
<b>Experiencia laboral:</b> ocho (8) años de experiencia relacionada
<b>Cursos:</b> Conte TE - 1, TE-2 , TE-3 ,TE-4 y/o TE-5
<p><b>Competencias:</b> Diagnóstico: concepto, elaboración, formato.</p> <p>Accionamientos eléctricos: protecciones de motor (temperatura/corto circuito), contactores, relés, sistemas de puesta a tierra.</p> <p>Circuitos de fuerza y control: concepto, funcionamiento, técnicas de localización de fallas, sensores, transductores y temporizadores.</p> <p>Sistemas programables: lenguajes de programación, manejo de módulos externos para señales diversas, manejo de HMI, circuitos de interface, protección y señalización, controladores lógicos programables PLC.</p> <p>Normativa</p> <p>Diagramas eléctricos: concepto, interpretación.</p> <p>Medición eléctrica: concepto, interpretación, conversiones, instrumentos.</p>

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 26. Perfil técnico metalmecánico.**

<b>Denominación ocupacional:</b> TÉCNICO METALMECÁNICO (Pailería, soldadura, tubería, andamios, mecánico industrial, pintura).
<b>Especialidad:</b> Metalmecánica.
<b>Descripción:</b> Realizar en actividades de la especialidad metalmecánica (soldadura, pailería, tubería, andamios y mecánica) para reparación de skid y cabinas de grupos electrógenos.
<b>Nivel educativo:</b> Técnico en soldadura o metalmecánica.
<b>Experiencia laboral:</b> cinco (5) años de experiencia relacionada.
<b>Cursos:</b> Preferiblemente dibujo técnico, espacios confinados, trabajo en altura, cursos pintura industrial.
<b>Competencias:</b> Alistamiento de la materia prima: Básicos de metrología dimensional, conceptos básicos de fabricación de aceros y perfiles; Interpretación de tablas y equivalencias normalizadas, interpretación orden de producción. Utilización de herramientas: Manejo de manuales técnicos de máquinas; manejo de herramientas: Llaves de boca, hombre solo, llaves allen; Procesos de fabricación de alambres y mallas electro soldadas y sus diferentes utillajes para la fabricación, sistemas de equivalencias de medidas, interpretación de manuales, normas técnicas, utillajes, tipos de utillaje, materiales de utillaje, enhebrado, ajuste de rodillos. Procesos de soldadura MIG. Proceso de pintura industrial.
<b>Cantidad requerida:</b> 2

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147

**Tabla 27. Perfil supervisor HSE.**

<b>Denominación ocupacional:</b> SUPERVISOR HSE
<b>Especialidad:</b> SALUD Y SEGURIDAD INDUSTRIAL
<b>Descripción:</b> Prevenir y controlar los riesgos existentes en las áreas de trabajo, propiciando en los equipos de trabajo, la cultura del autocuidado y la protección del medio ambiente.
<b>Nivel educativo:</b> Técnico: Salud ocupacional, seguridad industrial, medio ambiente, enfermería. Ingeniero ambiental, industrial.
<b>Experiencia laboral:</b> tres (3) años de experiencia relacionada.
<b>Cursos:</b> Cursos de rescate, primeros auxilios, trabajo en alturas.
<b>Competencias:</b> El trabajador debe saber de: Sistema de vigilancia epidemiológica. Técnicas de la información y comunicación. Elementos de protección según tipo de riesgo. procedimientos de la empresa, informe patronal. Programa de salud ocupacional: marco legal, componentes, subprogramas, actividades, responsabilidades. Comité paritario de salud ocupacional: definición, conformación, marco legal, funciones. Factor de riesgo: definición, clasificación, efectos en el trabajador, métodos Manual técnico de equipos y elementos de protección: normas de seguridad relacionadas con el manejo de equipos, materiales y elementos de protección. Equipos médicos: normas técnicas de uso y mantenimiento, inventario,
<b>Cantidad requerida:</b> 1

Fuente: anexo técnico resolución 2626, 2016, 80-147