



# **UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA  
CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL  
CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

### **TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

## **INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR: JEFFERSON VICENTE TOMALÁ RIVERA**

**TUTOR: ING. MARLON NARANJO LAÍNEZ, MSc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**AÑO 2016**

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA  
CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL  
CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.**

CUBRÍCULA

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**AUTOR: JEFFERSON VICENTE TOMALÁ RIVERA**

**TUTOR: ING. MARLON NARANJO LAÍNEZ, MSc.**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**AÑO 2016**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo investigativo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional, por darme las fuerzas necesarias para seguir adelante las veces que quise desfallecer.

Especialmente a mi madre Maritza Rivera por haberme demostrado siempre su cariño y apoyo incondicional.

A mi padre Roberto Pozo quien a pesar de no ser su hijo genético estuvo conmigo apoyándome a lo largo de mis estudios.

A mi familia en general, porque me han brindado su apoyo incondicional y por compartir conmigo buenos y malos momentos.

**Jefferson Tomalá Rivera.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por protegerme durante todo este camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi carrera universitaria.

A mi madre que me incentivaba y aconsejaba a seguir adelante para cumplir con mis objetivos durante mis estudios.

A mi tutor el Ing. Marlon Naranjo Laínez MSc, por el apoyo durante el desarrollo y culminación de este trabajo investigativo.

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena por permitirme formar parte del selecto grupo de estudiantes en su formación académica y darnos la oportunidad de ser excelentes profesionales.

**Jefferson Tomalá Rivera.**

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Marco Bermeo García MSc.  
DECANO (E) DE LA FACULTAD  
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Franklin Reyes MSc.  
REPRESENTANTE DEL DIRECTOR  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Ing. Marlon Naranjo Laínez MSc.  
TUTOR DE TESIS DE GRADO

Ing. Víctor Matías MSc.  
PROFESOR DEL ÁREA

Ab. Joe Espinoza Ayala  
Secretario General

## **DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELLECTUAL**

El contenido del presente trabajo de graduación “ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”, es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

JEFFERSON VICENTE TOMALÁ RIVERA

## APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación: **“ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA”**, elaborado por el Sr. Jefferson Vicente Tomalá Rivera, EGRESADO de la Escuela de Ingeniería Industrial, Carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, me permite declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

Atentamente

---

Ing. Marlon Naranjo Laínez MSc.

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA.

Autor: **Jefferson Tomalá Rivera**  
Tutor: Ing. Marlón Naranjo Laínez, MSc.

**RESUMEN**

La presente investigación se efectuó en la central termoeléctrica ubicada en el Cantón Santa Elena, CELEC EP por ser una Empresa Pública con un ámbito de acción que la define como un servicio público estratégico. Su finalidad es la provisión de servicio eléctrico y éste debe responder a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad, con la finalidad de proponer alternativas de solución a la problemática existente que consiste tratará los diferentes fenómenos que provoca la paralización de los motores MAK 16CM43C en el proceso de producción de energía, la situación actual de la Central Termoeléctrica de Santa Elena se ha identificado que la empresa pierde un aproximado de USD \$ 170.000 dólares de ingresos económicos en una paralización de 10 horas, la misma que al mes representa una pérdida de USD \$ 340.000 dólares y de USD \$ 4.080.000 dólares anuales, ya que por cada motor produciendo genera un ingreso económico de USD \$ 17.000 dólares por hora, en cuanto a la perdida de la producción de energía eléctrica, detectados este fenómeno, se pretende implementar un sistema que consta de filtros bañados en aceite cuyo proceso de bañado será automático. Dentro del trabajo de investigación se aplicó la técnica para analizar todas las posibles alternativas de solución a este problema, la determinación de la disminución de la producción de energía eléctrica, donde se identificaron las variables como es el sistema de filtrados y el análisis de los procesos que ayuda a mejorar la producción de energía eléctrica en la central.

**DESCRIPTORES:**

Energía Eléctrica – Producción – Sistema de filtrado de aceite

## ÍNDICE GENERAL

PORTADA.....	I
CARÁTULA.....	II
DEDICATORIA .....	III
AGRADECIMIENTO .....	IV
TRIBUNAL DE GRADUACIÓN.....	V
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD Y PATRIMONIO INTELLECTUAL.....	VI
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	VII
RESUMEN.....	VIII
ÍNDICE GENERAL.....	IX
ÍNDICE DE TABLAS .....	XIII
ÍNDICE DE CUADROS.....	XIV
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	XV
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XVI
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XVII
INTRODUCCIÓN.....	1

### **CAPÍTULO I: GENERALIDADES**

1.1 Antecedentes.....	3
1.2. Problemática.....	4
1.3 Objetivos.....	7
1.3.1 Objetivo General.....	7

1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
----------------------------------	---

## **CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA Y EL MARCO LEGAL**

2.1 La empresa y sus actividades.....	9
2.1.1 Estructura orgánica de la empresa .....	11
2.1.2 Reseña Histórica de la Central Santa Elena .....	14
2.2 Descripción de procesos de producción e instalaciones.....	15
2.3 Marco legal de la empresa.....	21

## **CAPÍTULO III: DETERMINACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA**

3.1 SISTEMA ACTUAL DE FILTRADO DE AIRE .....	23
3.1.1 Sistema de filtrado de aire .....	23
3.1.2 Diagramas de procesos de filtrado .....	23
3.1.3 Reporte de fallas histórico (2012-2014) .....	27
3.2 ANÁLISIS DE DIAGRAMAS DE PROCESOS DE FILTRADO.....	37
3.2.1 Aplicación y análisis de diagramas para determinar los problemas	37
3.3 ANÁLISIS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS .....	44
3.3.1 Programación y problemas .....	44
3.3.2 Medición de eficiencias e ineficiencias (paralizaciones y disminución en la producción).....	44
3.3.3 Indicadores para definir el problema de disminución en la producción .....	45

3.4.1 Entrevista a supervisores y jefes .....	47
3.4.2 Encuesta al personal de planta y mantenimiento.....	50
3.4.3 Prueba de Chi cuadrado .....	62

**CAPÍTULO IV: ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C.**

4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FILTROS DE AIRE BAÑADOS EN ACEITE.....	65
4.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FILTROS DE AIRE BAÑADOS EN ACEITE. ....	68
4.3 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN .....	70
4.3.1. Mejoramiento en el trabajo de los filtros de aire.....	70
4.3.2. Mejoramiento en los trabajos correctivos del motor.....	71
4.3.3. Mejoramiento en la producción .....	73
4.4. EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL.....	74
4.4.1. Evaluación y seguimiento de mejoras del sistema de filtro de aire	74
4.5 Resultados esperados .....	75
4.6 Datos estadísticos de mejoramiento de la producción.....	75

**CAPÍTULO V: ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO**

5.1 Costo Beneficio.....	79
5.1.1 Inversiones de mejoras y prevención.....	79
5.1.2 Inversión en Activos .....	80

5.1.3 Costos y gastos de la propuesta.....	80
CONCLUSIONES .....	83
RECOMENDACIONES.....	84
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1 Plan para mantenimiento de filtrado .....	50
Tabla N° 2 Acceso información.....	51
Tabla N° 3 Capacitación técnica.....	52
Tabla N° 4 Trabajos de mantenimiento y reparación .....	53
Tabla N° 5 Recursos humanos para mantenimiento.....	54
Tabla N° 6 Programa de mantenimiento.....	55
Tabla N° 7 Producción de generación de energía eléctrica.....	56
Tabla N° 8 Cronograma para paralización.....	57
Tabla N° 9 Cuentan con stock de repuesto .....	58
Tabla N° 10 Evaluación del desempeño laboral .....	59
Tabla N° 11 Imprevisto de reparación.....	60
Tabla N° 12 Mantenimiento de motores.....	61
Tabla N° 13 Tabla de contingencia .....	63
Tabla N° 14 Prueba de Chip cuadrado .....	64
Tabla N° 15 Descripción del dispositivo.....	67

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1 Trabajadores en cada cargo .....	15
Cuadro N° 2 Operaciones de proceso .....	24
Cuadro N° 3 Diagrama de operaciones actual.....	37
Cuadro N° 4 Cambio de culatas por válvula rota .....	39
Cuadro N° 5 Cambio de bolsas filtrantes .....	41
Cuadro N° 6 Formato de Control de filtros.....	45
Cuadro N° 7 Mejoramiento en el trabajo de filtros de aire .....	71
Cuadro N° 8 Producción de motores .....	73
Cuadro N° 9 Total de producción de motores.....	73
Cuadro N° 10 Pérdida de paralización.....	73
Cuadro N° 11 Inversiones en Activos .....	79
Cuadro N° 12 Total de inversiones .....	80
Cuadro N° 13 Costos y gastos de la propuesta .....	80
Cuadro N° 14 Activos Diferidos .....	81
Cuadro N° 15 Costo de mano de obra.....	81
Cuadro N° 16 Resumen total del proyecto.....	82

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1 Motor de Combustión 1 .....	27
Gráfico N° 2 Tiempo de reparación MC1 .....	28
Gráfico N° 3 Motor de Combustión 2 .....	29
Gráfico N° 4 Tiempo de reparación MC2 .....	30
Gráfico N° 5 Motor de Combustión 3 .....	31
Gráfico N° 6 Tempo de reparación MC3.....	32
Gráfico N° 7 Motor de Combustión 1 .....	33
Gráfico N° 8 Tiempo de reparación MC1 .....	33
Gráfico N° 9 Motor de Combustión 2 .....	34
Gráfico N° 10 Tiempo de reparación MC2 .....	35
Gráfico N° 11 Motor de Combustión 3 .....	35
Gráfico N° 12 Tiempo de reparación MC3 .....	36
Gráfico N° 13 Plan para mantenimiento de filtrado .....	50
Gráfico N° 14 Acceso de información .....	51
Gráfico N° 15 Capacitación técnica .....	52
Gráfico N° 16 trabajos de mantenimiento y reparación.....	53
Gráfico N° 17 Recursos humanos para mantenimiento .....	54
Gráfico N° 18 Programa de mantenimiento .....	55
Gráfico N° 19 Producción de generación de energía eléctrica .....	56
Gráfico N° 20 Cronograma para paralización .....	57
Gráfico N° 21 Cuentan con stock repuesto.....	58
Gráfico N° 22 Evaluación del desempeño laboral.....	59
Gráfico N° 23 Imprevisto de reparación .....	60
Gráfico N° 24 Mantenimiento de motores .....	61
Gráfico N° 25 Fallas mecánicas de MC1 .....	76
Gráfico N° 26 Tiempo de reparación MC1 .....	76
Gráfico N° 27 Fallas mecánicas de MC1 .....	77
Gráfico N° 28 Tiempo de reparación MC1 .....	78

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de ISHIKAWA.....	7
Ilustración 2 Estación caterpillar .....	17
Ilustración 3 Estación de compresores .....	18
Ilustración 4 Módulo de circulación .....	18
Ilustración 5 Tanques MT-05 .....	19
Ilustración 6 Sistema de Supervisión y control .....	20
Ilustración 7 Sistema de enfriamiento .....	21
Ilustración 8 Diagrama de Flujo actual cambio de turbo .....	26
Ilustración 9 Turbo dañado .....	38
Ilustración 10 Válvula rota en cabezote .....	40
Ilustración 11 Bolsas filtrantes de aire .....	42
Ilustración 12 Diagrama de flujo, cambio de bolsas filtrantes .....	43
Ilustración 13 Cartuchos de filtro.....	66
Ilustración 14 Construcción del Rota Clean .....	67
Ilustración 15 Teclado membrana frontal.....	68

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo N° 1 Formulario de control de filtros de aire

Anexo N° 2 Temperaturas de cabezotes

Anexo N° 3 Válvula rota

Anexo N° 4 Sistema actual de filtrado de aire

Anexo N° 5 Formulario de Entrevista

Anexo N° 6 Formulario de Encuesta

Anexo N° 7 Características del aceite

Anexo N° 8 Placa del motor del filtro húmedo

Anexo N° 9 Esquema de distribución de energía eléctrica

Anexo N° 10 Motores MAK 16C43C

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación, tratará los diferentes fenómenos que provoca la paralización de los motores MAK 16CM43C en el proceso de producción de energía de la central termoeléctrica ubicada en el Cantón Santa Elena, ya detectados estos fenómenos, se pretende implementar un sistema que consta de filtros bañados en aceite cuyo proceso de limpieza será automático.

La presente investigación está estructurada en los siguientes capítulos:

En el Capítulo I contiene, las generalidades del presente trabajo de investigación sobre el proceso de producción de energía, la descripción de los antecedentes, el planteamiento del problema y cuáles son, el objetivo general y específico.

En el Capítulo II incluye, la descripción actual de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, sus actividades principales, una breve reseña histórica de su formación y creación, la delineación de los procesos de producción e instalaciones, fundamentando la parte legal de la empresa.

El Capítulo III consta, la determinación de la disminución de la producción de energía eléctrica, donde se identificaron las variables como es el sistema de filtrados y el análisis de los procesos de filtrado que ayuda a mejorar la producción de energía.

En el Capítulo IV contiene, el estudio técnico para mejorar la producción actual, la descripción del sistema de filtros de aire bañados en aceite, detalles del funcionamiento, en el mejoramiento de la producción, tanto en el trabajo de los filtros y correctivos del motor, además la intervención de

la evaluación, seguimiento y control, para apoyar los resultados esperados.

En el Capítulo V incluye, el análisis de costo de las inversiones del proyecto que servirán para mejorar la producción.

Al finalizar el trabajo se presenta también las conclusiones y recomendaciones.

## **CAPÍTULO I**

### **GENERALIDADES**

#### **1.1 Antecedentes**

CELEC EP en el año 2012 hizo la adquisición de 3 motores de combustión interna MAK 16CM43C para la central termoeléctrica Santa Elena III los cuales son fabricados por las compañías MAK y CATERPILLAR en el país de Alemania, estos motores constan de un sistema de filtración de aire de admisión fabricados por la compañía GEA que es una compañía subsidiaria de CATERPILLAR.

La central termoeléctrica Santa Elena III un año después que entro en generación comercial al Sistema Nacional Interconectado, empezó a presentar problemas en su producción por fallas mecánicas en los motores MAK 16CM43C, se logró detectar que el problema radica por la falta de admisión de aire en los motores. Cuando se hizo la instalación de estos motores no se consideró las condiciones ambientales en los alrededores de la planta.

La propuesta busca evitar que los filtros se tapen por la presencia de monóxido de carbono y partículas en el entorno y así evitar que haya presencia de condensado en la cámara de admisión de aire del motor, de igual manera reduciremos los mantenimientos correctivos muy seguidos, la fatiga del personal de mantenimiento mecánico, la adquisición de asientos de válvulas y válvulas, de la misma manera la producción de la central termoeléctrica será constante y no bajará.

## **1.2. Problemática**

En el Cantón Santa Elena hace cuatro años atrás CELEC EP decidió aumentar la producción total de energía eléctrica de la central termoeléctrica Santa Elena de 90.1 a 130 MW mediante la implantación de 3 motores Caterpillar MAK 16CM43C de 13.3 MW cada uno de los cuales entro a formar parte del sistema interconectado nacional en el 2012. Teniendo tan solo tres años de producción de estas tres unidades en este último año y medio empezó a decaer la producción de las unidades.

Cuando uno de estos motores esta fuera de servicio por mantenimiento del enfriador de aire, estará sin producir aproximadamente 10 horas que es lo que le lleva al departamento de mantenimiento mecánico corregir las respectivas fallas que se encuentren en el enfriador de aire esto representa una baja en la producción de la central durante este lapso de tiempo y a su vez una pérdida de USD \$ 170.000 dólares de ingresos económicos para la misma, que al mes representa una pérdida de USD \$ 340.000 dólares y de USD \$ 4.080.000 dólares anuales, ya que por cada motor produciendo genera un ingreso económico de USD \$ 17.000 dólares por hora. Esta paralización para corrección se presenta aproximadamente cada dos semanas en cada motor.

El motor se dispara por la presencia de condensado en la cámara de admisión de aire del mismo este condensado se genera por la rotura de una de sus tuberías del enfriador de aire, la raíz principal de este problema es el aire contaminado que absorbe el motor ya que el sistema actual de filtrado de aire del motor consta con unos cartuchos de microfibras que filtran partículas de una micra, en la instalación de este sistema no se consideró los gases que produce los motores Hyundai los cuales contamina el aire que absorbe el motor Caterpillar.

Todo esto provoca que el sistema de filtrado de aire sature con frecuencia y antes de lo previsto, este condensado que se genera provoca que la temperatura del aire de carga aumente, a su vez las temperaturas en los cilindros se eleven y por protecciones del mismo motor causa una paralización brusca del mismo, lo que provoca una sobrepresión en todo el sistema de enfriamiento del motor, en ese momento se produce una rotura en uno de los tubos del enfriador de aire del motor lo que genera un consumo excesivo de agua del mismo, la cual se va convirtiendo en condensado en la cámara de admisión del motor.

Aunque no parezca esto es un problema grande para la central ya que no solo deja de generar ingresos por tener un motor fuera de servicio, también genera gastos para la empresa en compras de repuestos y reparación de componentes, como en este caso los turbo cargadores. Al momento que un motor se dispara por las temperaturas en un determinado cilindro inmediatamente se parten las válvulas de la culata (cabezote) ya sea de admisión o de escape, los pedazos de las válvulas rotas van a parar al turbo, estos restos de metal terminan dañando los alavés del turbo.

La reparación de un turbo lo hace la empresa ABB cuya reparación le está costando a la empresa USD \$ 2.500, dólares además la empresa debe comprar las válvulas que se sacaron de bodega para acondicionar la culata (cabezote), cuya válvula esta alrededor de unos \$ 400 dólares, para acondicionar una culata le lleva al departamento de mantenimiento cuatro horas.

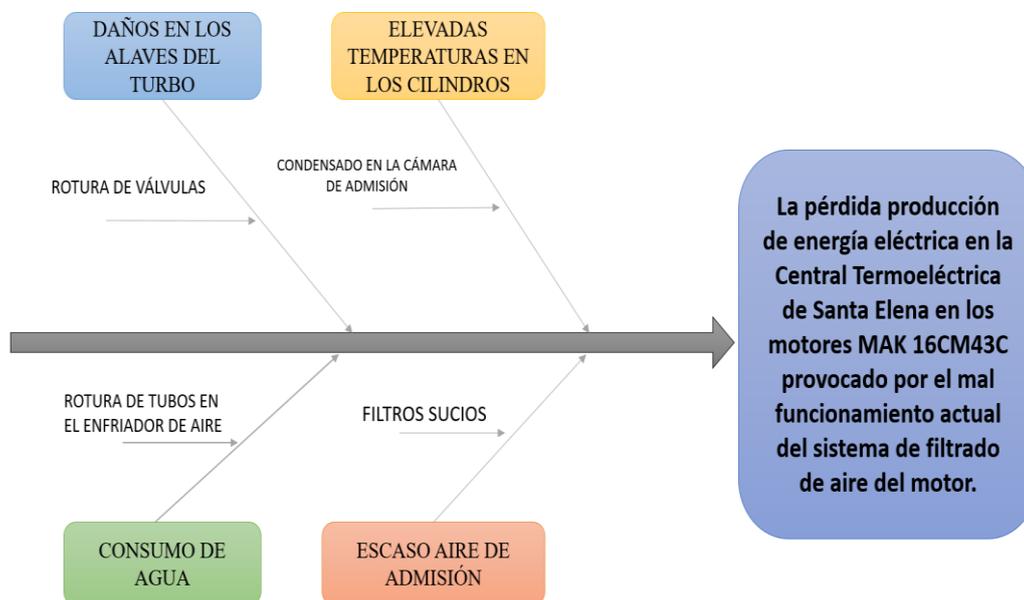
Para evitar esas pérdidas de producción y a su vez pérdida de ingresos para la empresa, se tiene que eliminar la absorción de aire contaminado en los motores, se debe cambiar el sistema de filtrado de aire de

cartuchos o bolsas, por un sistema de filtros bañados en aceite que consta de una estructura con placas de microfibras que no permiten el paso de partículas que hay en la atmósfera hacia el motor, consta también de un depósito donde se almacenará el aceite de un motor que hace que las placas se muevan en un determinado tiempo, así de esta manera los filtros se limpiarán automáticamente con aceite, no se los estará cambiando como sucede con los filtros de cartuchos o bolsas que posee actualmente el motor, con este sistema, ya no tendremos aire contaminado en la cámara de admisión del motor, no existirá rotura de válvulas en los cilindros, no habrá daños en los turbos y lo mejor aún lograremos las paradas extensivas por mantenimientos correctivos en los motores y la producción se mantendrá.

En la siguiente ilustración se muestra el diagrama de causa y efecto (Ishikawa), donde se determinaron las principales causas que genera una considerable pérdida en la producción de energía en los motores MAK 16CM43C de la central termoeléctrica Santa Elena, por la falta de aire de admisión de carga.

La alta temperatura del aire de carga en la cámara de admisión hace que se eleven las temperaturas en los cilindros provocando una rotura en una de sus válvulas, los restos de válvula rota van a afectar los alabes del turbo, otra de las causas por las que el motor pierde producción es por la constante saturación de las bolsas filtrantes del sistema de filtración de aire del motor, esta restricción de aire provoca una paralización brusca del motor la cual ocasionando roturas en las tuberías del enfriador de aire y consumo de agua en el motor.

Ilustración 1 Diagrama de ISHIKAWA



Fuente: Datos de la investigación  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La pérdida producción de energía eléctrica en la Central Termoeléctrica de Santa Elena en los motores MAK 16CM43C provocado por el mal funcionamiento actual del sistema de filtrado de aire del motor.

### 1.3 Objetivos

#### 1.3.1 Objetivo General

- Realizar un estudio técnico en la producción de energía eléctrica de los motores MAK 16CM43C, cambiando el sistema actual de filtrado de aire de admisión de los motores MAK 16CM43C, para evitar las constantes paralizaciones por mantenimientos correctivos en la Central Termoeléctrica Santa Elena (CELEC EP).

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Analizar la situación actual de la Central Termoeléctrica de Santa Elena en cuanto a la pérdida de la producción de energía eléctrica.
- Determinar y diagnosticar los problemas que causan la paralización de producción en los motores MAK 16CM43C de la Central Termoeléctrica Santa Elena.
- Desarrollar la propuesta de mejoras en el sistema de filtrado de aire y en la producción.
- Analizar los costos-beneficio de la propuesta.

## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA Y EL MARCO LEGAL**

#### **2.1 La empresa y sus actividades**

La Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, es la empresa pública encargada de expandir y operar el Sistema Eléctrico Nacional. CELEC EP a través de sus Unidades de Negocio, ejecuta varias obras en diversos puntos del país orientadas a generar energía térmica e hidroeléctrica, así como su transporte por las redes de alta tensión. Este sistema permite el abastecimiento del suministro eléctrico a la población. (Ecuador Inmediato, 2011)

CELEC EP al ser una Empresa Pública y por su ámbito de acción, se la define como un servicio público estratégico. Su finalidad es la provisión de servicio eléctrico y éste debe responder a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

Las principales actividades de la Empresa Pública Estratégica Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, son las siguientes:

1.- La generación, trasmisión, distribución, comercialización, importación y exportación de energía eléctrica; para lo cual está facultada a realizar todas las actividades relacionadas, que entre otras comprende:

- a) La planificación, diseño, instalación, operación y mantenimiento de sistemas no incorporados al Sistema Nacional Interconectado, en zonas a las que no se puede acceder o no resulte conveniente hacerlo mediante redes convencionales.

- b) Comprar, vender, intercambiar y comercializar energía con las empresas de distribución, otras empresas de generación, grandes consumidores, exportadores e importadores.
- c) Comprar, vender y comercializar energía con los usuarios finales en las áreas, que de acuerdo con la Ley que regula el sector eléctrico le sean asignadas para ejercer la actividad de distribución y comercialización de energía eléctrica.
- d) Representar a personas naturales o jurídicas, fabricantes, productores, distribuidores, marcas, patentes modelos de utilidad, equipos y maquinarias en líneas o actividades iguales, afines o similares a las previstas en su objeto social.
- e) Promocionar, invertir y crear empresas filiales, subsidiarias, consorcios, alianzas estratégicas y nuevos emprendimientos para la realización de su objeto.

2.- Asociarse con personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, públicas, mixtas o privadas, para ejecutar proyectos relacionados con su objeto social en general.

3.- Participar en asociaciones, institutos o grupos internacionales dedicados al desarrollo e investigación científica y tecnológica, en el campo de la construcción, diseño y operación de obras de ingeniería eléctrica.

4.- Participar en investigaciones científicas o tecnológicas y de desarrollo de procesos y sistemas para comercializarlos.

### **2.1.1 Estructura orgánica de la empresa**

La Unidad de Negocios Electroguayas cuenta con una capacidad instalada de 634 MW, constituyendo la empresa de generación termoeléctrica más grande del país, conformada por cuatro centrales de generación ubicadas estratégicamente en las ciudades de Guayaquil y Santa Elena.

- Central Trinitaria – Unidad a Vapor 133 MW.
- Central Gonzalo Zevallos – Unidades a vapor 146 MW (2 a 73 MW), Unidad a gas (26 MW).
- Central Enrique García – Unidad a Gas 102 MW.
- Central Santa Elena II - 90,1 MW.
- Central Santa Elena III – 40 MW.

En los talleres realizados para la elaboración de la visión y misión de ELECTROGUAYAS, con la empresa asesora contratada por CELEC EP para el desarrollo del Plan Estratégico de la Corporación, se acordó que la Visión de esta Unidad de Negocio sería la misma que la de la matriz, no así la Misión que se orienta a la razón de ser y las particularidades de cada Unidad de negocio que conforman CELEC EP.

#### **Visión**

Ser la empresa pública líder que garantiza la soberanía eléctrica e impulsa el desarrollo del Ecuador hasta el año 2018.

#### **Misión**

Generamos bienestar y desarrollo nacional, asegurando la provisión de energía eléctrica a todo el país, con altos estándares de calidad y

eficiencia, con el aporte de su talento humano comprometido y competente, actuando responsablemente con la comunidad y el ambiente.

### **Principios y valores**

Compromiso: Honramos todas nuestras responsabilidades como un deber cívico con la Patria, impulsados por nuestra lealtad con la misión de CELEC EP. La mejor medida de nuestro trabajo, es la consecución de los objetivos buscados, en el marco de las políticas institucionales y de nuestros valores y principios.

### **Integridad**

Nuestras acciones, decisiones y resultados están siempre enmarcados en la legalidad, oportunidad y ética, enfrentando con decisión la corrupción en todas sus formas.

### **Trabajo en Equipo**

Actuamos en la unidad, sabiendo que la integración sin barreras y coordinada de nuestros esfuerzos es superior a la suma de los aportes individuales. El poder de nuestra inteligencia colectiva es superior a la magnitud de nuestros retos.

### **Responsabilidad socio-ambiental**

Proveemos bienestar y desarrollo a nuestros clientes, a todos los colaboradores de la empresa y sus familias, a nuestros proveedores y socios de negocios, a las comunidades en que actuamos y a la sociedad en general, equilibrando el progreso con la preservación de la naturaleza y el ambiente.

## **Pasión por la excelencia**

Generamos ideas para la eficacia, eficiencia e innovación de nuestros servicios y gestión. Nos exigimos nuestro mayor esfuerzo a nivel técnico, administrativo y directivo. Estamos permanentemente aprendiendo y actualizando nuestras competencias. Actuamos proactivamente en nuestras decisiones.

## **Objetivos Estratégicos**

- 1) Incrementar la disponibilidad y confiabilidad del Sistema Eléctrico Nacional bajo estándares de calidad, eficiencia, eficacia y responsabilidad social.
- 2) Incrementar la oferta del servicio eléctrico para abastecer la demanda con responsabilidad social, mejorar la reserva, ampliar la cobertura y contribuir al cambio de la matriz energética.
- 3) Incrementar la eficiencia institucional
- 4) Incrementar el desarrollo del Talento Humano
- 5) Incrementar la sustentabilidad Financiera

CELEC EP Electroguayas es una empresa que se dedica a producir y comercializar energía eléctrica para el Sistema Nacional Interconectado (SNI) en forma confiable y a buen precio garantizando la calidad y disponibilidad permanente del servicio para sus clientes. (CELEP EP, 2013)

### **2.1.2 Reseña Histórica de la Central Santa Elena**

La Central Santa Elena se encuentra integrada por 2 plantas:

- Santa Elena II, que entró en operación comercial el 4 de marzo de 2011 tiene una potencia efectiva de 90 MW.
- Santa Elena III, que entró en operación comercial el 22 de junio de 2012, tiene una potencia efectiva de 40 MW. Equipada de 3 motores de combustión interna marca CATERPILLAR.

#### **La Estación Caterpillar**

La Estación Caterpillar es un proyecto que tiene una capacidad de potencia nominal instalada de 40 MW, la cual está compuesta de tres cuerpos electrógenos Bifuel, que son de 13.3 MW cada uno que generan energía con salida de 13,8 KW hacia un transformador principal de elevación de 50 MVA el cual eleva de una carga de 13,8 a 69 KW que se conecta a la red del SNI (Sistema Nacional Interconectado).

La estación Caterpillar está ubicada en la Provincia de Santa Elena km. 4 1/2 vía Ancón.

Hasta la actualidad no existe una tecnología que permita almacenar energía, por eso se produce en base a la demanda del país que varía de acuerdo a horas pico donde aumenta la demanda y horas normales donde baja la demanda.

La estación provee una plaza de trabajo a 36 personas.

Cuadro N° 1 Trabajadores en cada cargo

<b>Cargo</b>	<b>Número de Trabajadores</b>
Jefe de Central	1
Jefe de Operación	1
Jefe de Mantenimiento	1
Supervisor de Operación	4
Supervisor de Mantenimiento	1
Supervisor Eléctrico	1
Tablerista	4
Operador	12
Técnico de Mantenimiento	3
Técnico Eléctrico	2
Operador de Mantenimiento	6
<b>Total</b>	<b>36</b>

Fuente: Datos de la investigación  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## 2.2 Descripción de procesos de producción e instalaciones

A continuación se hace un detalle de los diferentes procesos de la estación Caterpillar, en los cuales interviene todo el grupo humano de la estación.

**Recepción de combustible:** Ingresa el tanquero se hacen las conexiones de seguridad de puesta a tierra y se enciende la bomba de succión de descarga.

**Preparación y calentamiento de combustible:** El combustible que se recibe en el tanque TCF01-01, éste pasa a un separador de partículas que eleva la temperatura de 60 a 90 grados, pasa a una booster que le da

una temperatura a 130 grados y finalmente ingresa al sistema de inyección de la máquina.

**Verificación:** Se verifican las condiciones y permisibles que necesita la máquina previo al encendido.

**Encendido del motor:** Se da el encendido mediante el Panel de control local (PCL) quitando el bloqueo mecánico y se le inyecta aire comprimido en las toberas de 16 cilindros para que este empuje los pistones y el motor comience a girar.

**Sincronización de la Unidad:** Una vez que está la unidad en vacío se procede a cerrar el disyuntor iniciando la producción de energía con salida a 13,8 kilovoltios.

**Estabilización de carga:** Una vez que se sincroniza se va subiendo parcialmente el porcentaje de carga hasta completar al 100% de carga total.

**Transferencia de energía al transformador principal:** Se recibe la energía que sale del generador de 13.8 elevarla a 69 kv e ingresa al Sistema Nacional Interconectado.

Los equipos que intervienen en la generación de la Estación Caterpillar son los siguientes:

**Generadores Caterpillar:** La Estación tiene 3 Generadores Caterpillar 16CM43C es un sistema que transforma la energía mecánica en energía eléctrica mediante la quema de combustible HFO No.4 (High fuel oil).

## Ilustración 2 Estación caterpillar



Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

La Estación Caterpillar está compuesta por tres grupos electrógenos con sus respectivos sistemas y equipos auxiliares que son los siguientes:

- Sistema de aire de arranque y control
- Sistema de combustible
- Sistema de aceite térmico
- Sistema de aceite lubricante
- Sistema de agua de enfriamiento HT
- Sistema de agua de enfriamiento LT

Estos sistemas están instalados en tres módulos diferentes:

- Módulo pre-presión
- Módulo de circulación de combustible
- Módulo combinado

**Sistema de aire comprimido:** Está compuesto de 4 compresores, 3 se encuentran en operación para mantener los 30 bares de presión para el arranque de las unidades y para el control de los sistemas, y un compresor stand by para los mantenimientos.

Ilustración 3 Estación de compresores



Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

**Módulo de circulación:** Es un sistema combinado donde se le da el tratamiento final al combustible, adquiere la temperatura nominal de operación de 130°C para ser combustionado en el sistema de inyección.

Ilustración 4 Módulo de circulación



Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

**Tanques MT-05 y MT-06:** En este sistema se encuentran bombas distribuidoras y bombas colectoras que se encargan de llevar el aceite térmico por todo el sistema donde se requiere transferencia de calor para calentar el aceite lubricante y el bunker.

Ilustración 5 Tanques MT-05

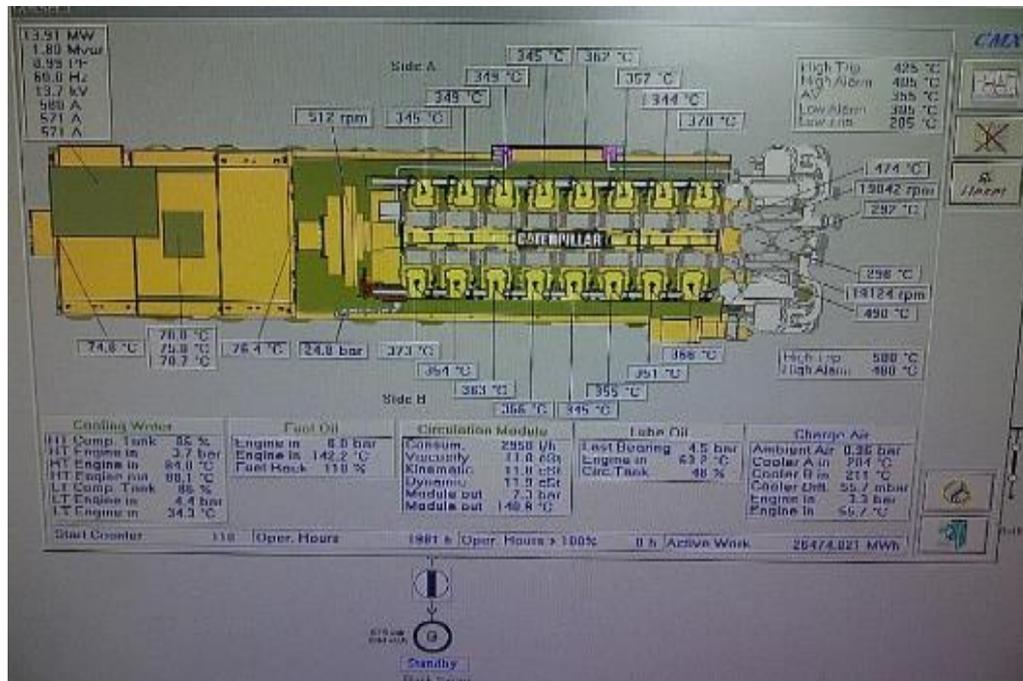


Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

**Sistema de Supervisión, control y adquisición de datos SCADA:** El SCADA es el sistema de control de adquisición de datos, para monitorear la protección del sistema que viene con la compra del equipo.

Es un sistema que adquiere datos en tiempo real, va registrando la información y tiene alarmas preventivas y de disparo para parar la planta en un momento de emergencia, lo cual debe justificarse ante las jefaturas. Con este software se lleva el control de los parámetros normales de operación y las condiciones de los grupos electrógenos de operación.

Ilustración 6 Sistema de Supervisión y control



Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

**Sistema de enfriamiento HT (High Temperature):** Este sistema consiste en bajar la temperatura a una presión de 4 bar de presión para enfriar las camisas que son los puntos más altos de temperatura dentro del motor, esta agua caliente se encuentra a 80 grados centígrados luego recorre por un sistema que es enfriado en los radiadores.

**Sistema de enfriamiento LT (Low Temperature):** Este sistema se encarga de bajar temperaturas del aceite lubricante y del aire de carga comprimido que necesita para la combustión interna del motor donde se mezcla el combustible con el aire para la recámara de combustible.

### Ilustración 7 Sistema de enfriamiento



Fuente: Estación Caterpillar – CELEC EP  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

### 2.3 Marco legal de la empresa

El Artículo 314 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que el Estado es responsable de la provisión de servicio eléctrico y este debe responder a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad.

El Artículo 315 de la Constitución de la República del Ecuador, establece que el Estado constituirá empresas públicas para la gestión de sectores estratégicos, la prestación de servicios públicos, el aprovechamiento sustentable de recursos naturales o de bienes públicos y el desarrollo de otras actividades económicas.

Dicho precepto constitucional dispone que las Empresas Públicas funcionen como Sociedades de Derecho Público, con personalidad jurídica, autonomía financiera, económica, administrativa y de gestión, con

altos parámetros de calidad y criterios empresariales, económicos, sociales y ambientales.

Mediante escritura pública suscrita el 13 de enero de 2000, se constituye la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC S.A. con la fusión de las empresas HIDROPAUTE S.A., HIDROAGOYAN S.A., ELECTROGUAYAS S.A., TERMOESMERALDAS S.A., TERMOPICHINCHA S.A. y TRANSELECTRIC S.A.

En Suplemento del Registro Oficial No. 48 de 16 de octubre de 2009, se publicó la Ley Orgánica de Empresas Públicas, cuya Disposición Transitoria Segunda establece que el procedimiento de transformación de las Sociedades Anónimas en las que el Estado, a través de sus entidades y organismos sea accionista único, deberá cumplirse en un plazo máximo de noventa días, contado a partir de la expedición de la precipitada Ley.

## **CAPÍTULO III**

### **DETERMINACIÓN DE LA DISMINUCIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LA EMPRESA**

#### **3.1 SISTEMA ACTUAL DE FILTRADO DE AIRE**

##### **3.1.1 Sistema de filtrado de aire**

En el sistema de filtración del aire está diseñado “para permitir la entrada del aire necesario para una combustión completa, mientras bloquea las partículas de polvo, estas partículas son dañinas que se necesitan juntar 4 o 5 para poder verlas”. (Widman Richard, 2009)

Cuando se acumula polvo en el filtro, la restricción afecta la habilidad del motor de aspirar y tenemos que cambiar el filtro. Para saber el punto correcto de cambio, podemos usar manómetro o medidor de restricciones.

##### **3.1.2 Diagramas de procesos de filtrado**

###### **Diagrama de procesos**

Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010), el diagrama de proceso “es un esquema gráfico que sirve para describir un proceso ya la secuencia general de operaciones que se suceden para configurar el producto. Es un diagrama descriptivo que sirve para dar una visión general de cómo transcurre el proceso”. Las operaciones que puede sufrir un producto a lo largo del proceso productivo se agrupan en cinco categorías, cada una de las cuales tiene un símbolo asignado como se muestra en la siguiente tabla:

Cuadro N° 2 Operaciones de proceso

	<b>Transporte:</b> Cualquier operación que implique el desplazamiento del producto de un lugar a otro.
	<b>Almacenaje (o stock):</b> Depósito del producto en un lugar fijo durante un período de tiempo en general largo.
	<b>Espera (parecido al stock):</b> El producto espera un tiempo (en general no muy largo) entre una operación y otra.
	<b>Control:</b> El producto sufre una inspección de cualquier tipo. En general se asocia con comprobaciones de calidad.
	<b>Valor añadido:</b> El producto sufre una transformación que el añade valor.

Fuente: Manual práctico de diseño de sistemas productivos. (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010)

A continuación se detalla el significado de cada operación.

- **Valor añadido:** Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010) “la operación hace avanzar al material un paso más hacia el final, bien sea al modificar su forma (por ejemplo, embutición) o su composición (por ejemplo, un proceso químico), o bien al añadir o quitar elementos (por ejemplo, un montaje)”.
- **Control:** Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010), “la operación no contribuye a la conversión del material en producto acabado. Solo sirve para comprobar una funcionalidad o si una operación se ejecutó correctamente (en cantidad o calidad).  
Es preciso destacar que las operaciones de control pueden evitarse mejorando la maquinaria y los procesos (generando procesos que hagan posible el error). Cuando son necesarios hay que situarlos lo más cerca posible de la fuente de error para detectarlo y evitar seguir empleando esfuerzos en fabricar un producto que será defectuoso.
- **Transporte:** Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010) “hay transporte cuando un objeto se traslada de un lugar a otro. A menudo el transporte se superpone con el stock (por ejemplo, una cinta

transportadora que tiene encima un stock intermediario) o con el control (por ejemplo, una combinación funcional que se realiza durante un transporte) e incluso con el valor añadido (por ejemplo, un tiempo de secado de pintura dinámico)”.

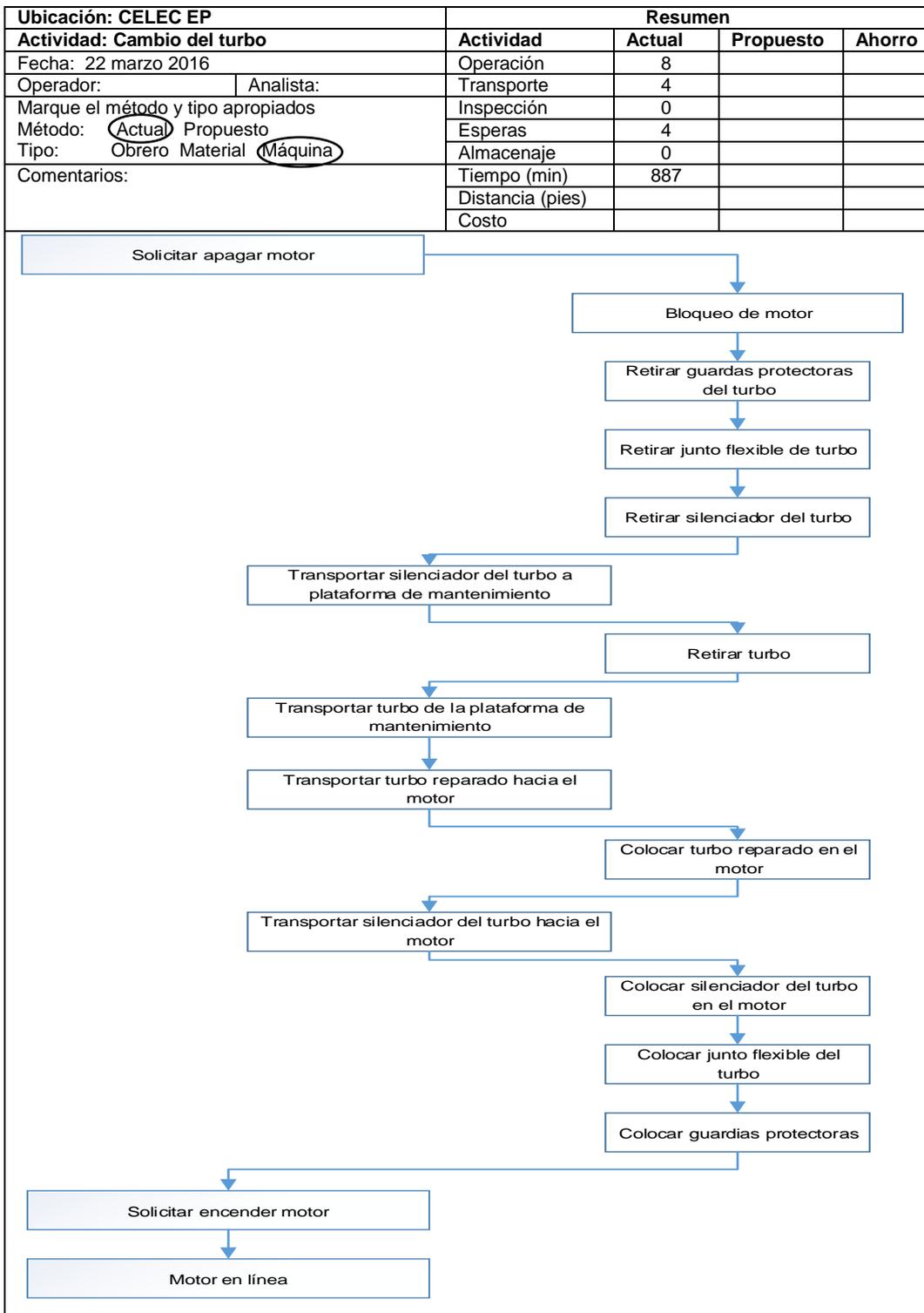
- **Espera:** Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010), indica demora en el transcurso del proceso. Es el caso de materiales detenidos a la espera de ser procesados. A menudo las esperas son requeridas por la tecnología del proceso como por ejemplo: Secados (colas, pegamentos, pintura...), estabilizaciones (enfriado de un plástico), compactación (detergentes en polvo). En estos casos durante la espera está ocurriendo una transformación que podría considerarse como valor añadido.
- **Almacenamiento permanente:** Según (Suñe, Gil, & Arcusa, 2010) “indica depósito de un objeto bajo supervisión en un espacio definido de almacén. Hay, pues, almacenamiento permanente cuando se guarda un objeto y se cuida de que no sea trasladado sin una determinada gestión o autorización”.

### **Diagrama de flujo**

Según (González, 2009), el diagrama de flujo “es denominado como trayectorias o de desplazamientos, en este tipo nos ayudamos de un plano a escala del taller con todos los puestos de trabajo, equipos y máquinas”.

En el siguiente diagrama de flujo se muestra los trabajos a realizar en el momento de hacer el cambio de un turbo cargador por rotura de sus alavés desde el momento que se solicita apagar el motor hasta que ya está listo para seguir operativo.

Ilustración 8 Diagrama de Flujo actual cambio de turbo



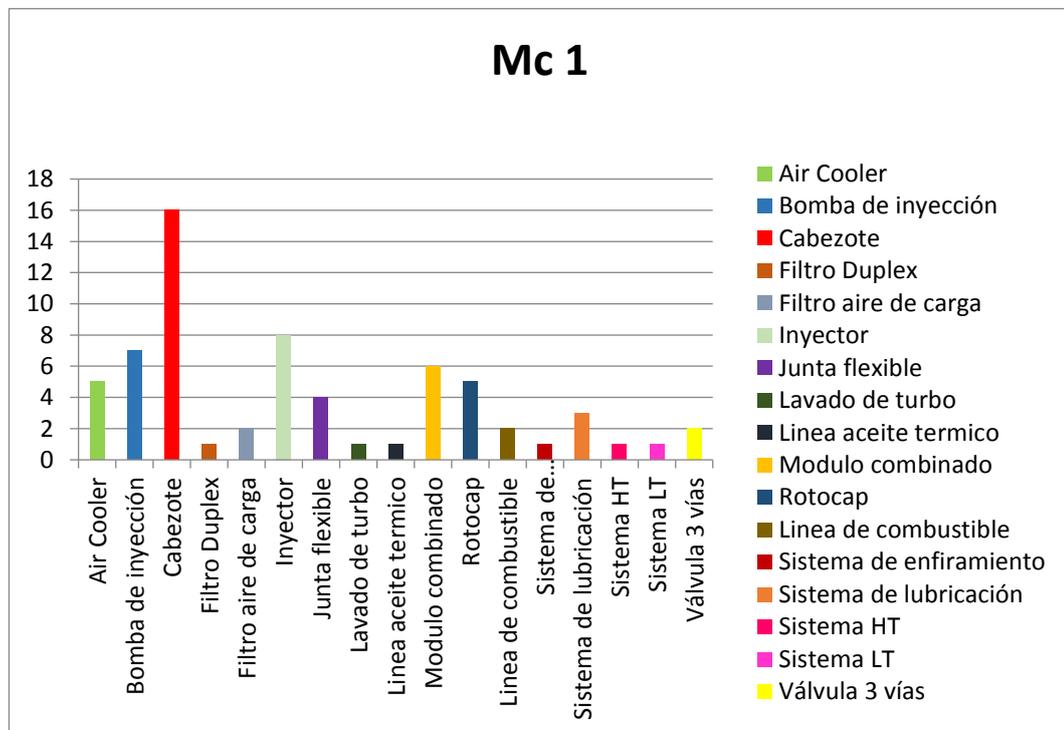
Fuente: Observación directa

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

### 3.1.3 Reporte de fallas histórico (2012-2014)

Este reporte de fallas histórico se ha tomado en cuenta los mantenimientos mecánicos de acuerdo a las odt generadas por cada motor y por lo que se encuentra en la bitácora de cada unidad, en este reporte solo se toma en cuenta los mantenimientos correctivos que son aquellos que sacan la unidad por algún imprevisto. Por cada unidad hay dos cuadros de barras, el primero muestra la cantidad de fallas generadas por un elemento específico del motor, el segundo cuadro muestra la cantidad de horas que se necesitaron para reparar o solucionar dichos mantenimientos correctivos, el intervalo de tiempo tomado es desde que la planta entro en funcionamiento en el 2012 hasta el 31 de diciembre del 2014.

Gráfico N° 1 Motor de Combustión 1

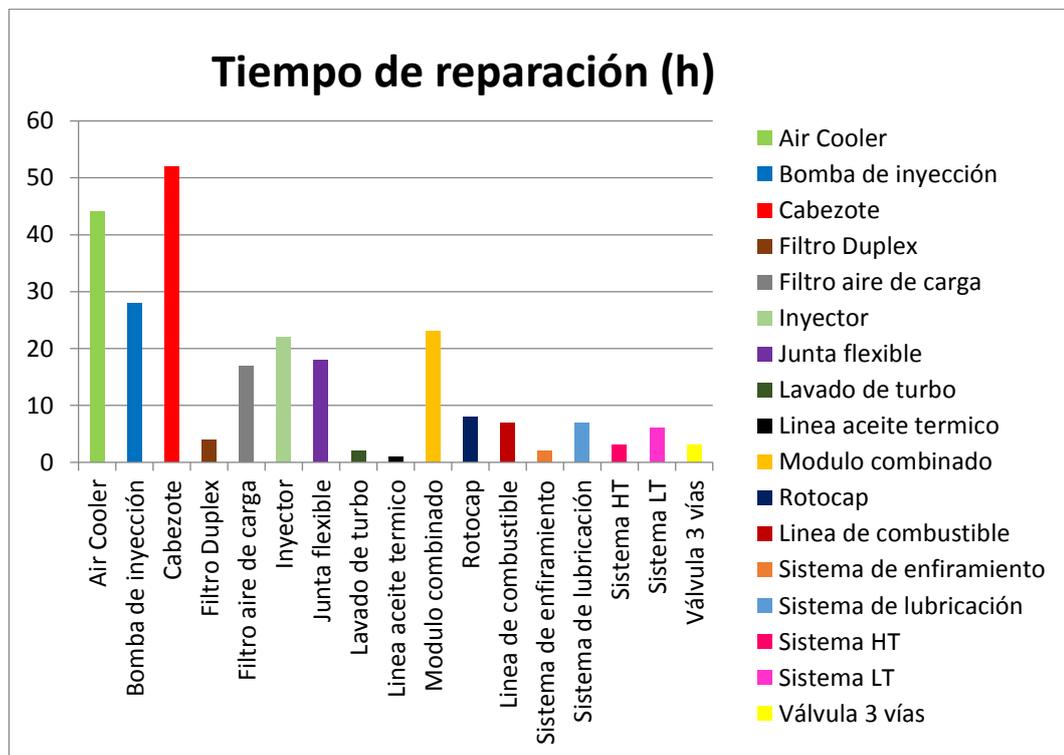


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016)  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

## Análisis:

Como se observa en el gráfico No. 1, el componente que más problemas ha generado en el motor 1 es el cabezote por roturas de válvulas ya sean de admisión o escape, producto de la alta temperatura que se genera en el túnel de viento del motor por la falta de aire de admisión del motor, tenemos alrededor de 16 paradas por cabezote.

Gráfico N° 2 Tiempo de reparación MC1



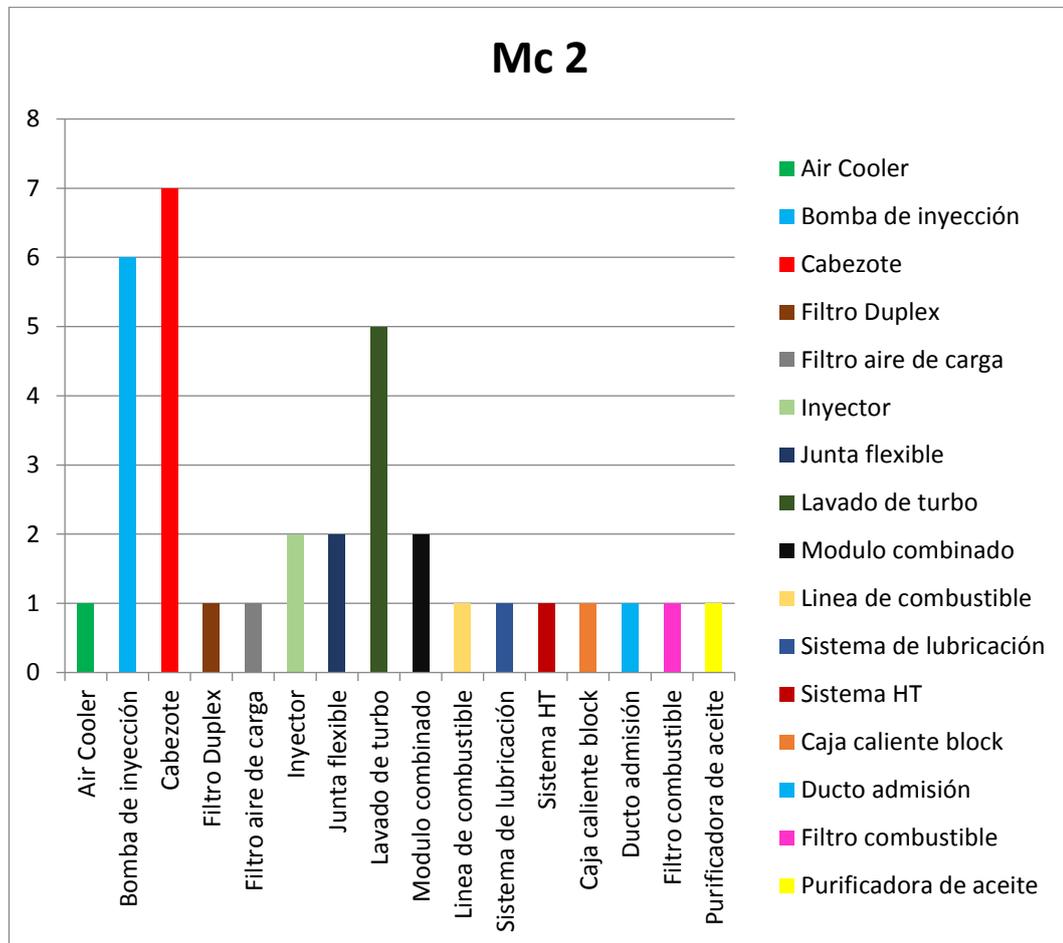
Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Análisis:

En el gráfico No. 2 observamos un alrededor de 52 horas que es el tiempo que se implementó para reparar cabezotes, consideramos solo el tiempo

de reparación de cabezotes ya que es el componente que más problemas ha presentado en este motor.

Gráfico N° 3 Motor de Combustión 2



Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC-STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

Como se observa en el gráfico No. 3, el componente que más problemas ha generado en el motor 2 es el cabezote por roturas de válvulas ya sean de admisión o escape producto de la alta temperatura que se genera en el túnel de viento del motor por la falta de aire de admisión del motor, con un promedio de 7 paradas, otras de las fallas mecánicas considerables en

este motor es el cambio de bomba de inyección pero eso es por problemas de combustible.

Gráfico N° 4 Tiempo de reparación MC2

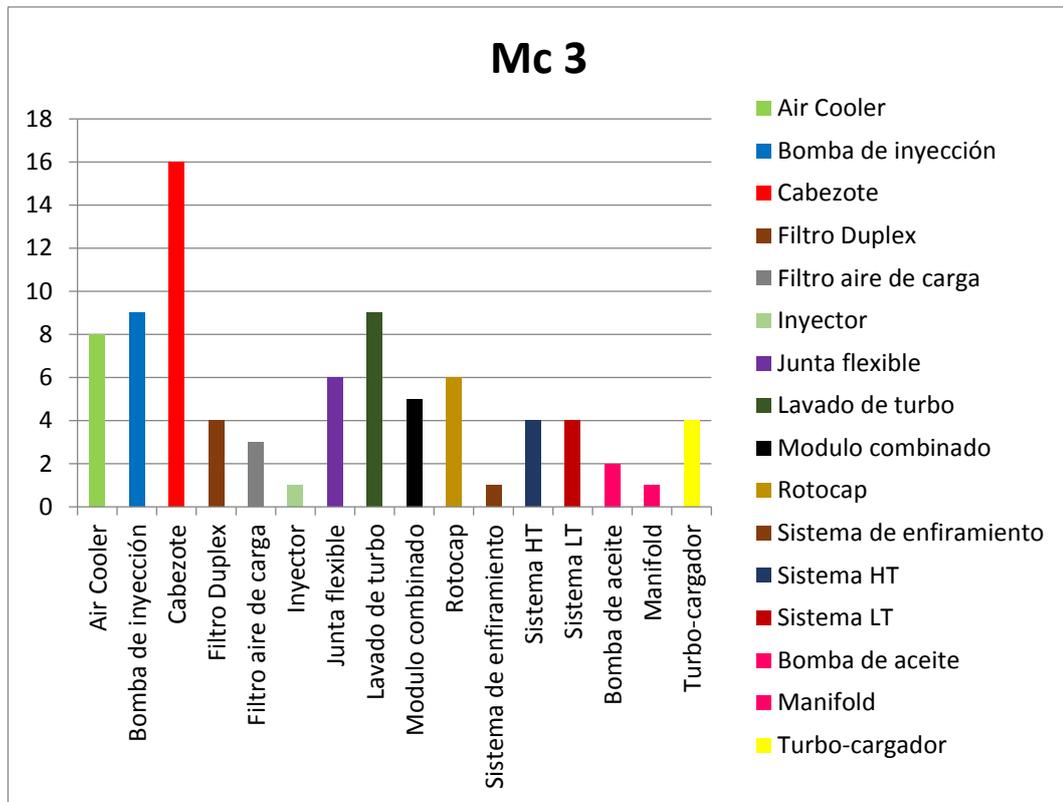


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC-STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 4 se observa que se implementó alrededor de 47 horas para reparar cabezotes en el motor 2, consideramos solo el tiempo de reparación de cabezotes ya que es el componente que más problemas ha presentado en este motor.

Gráfico N° 5 Motor de Combustión 3

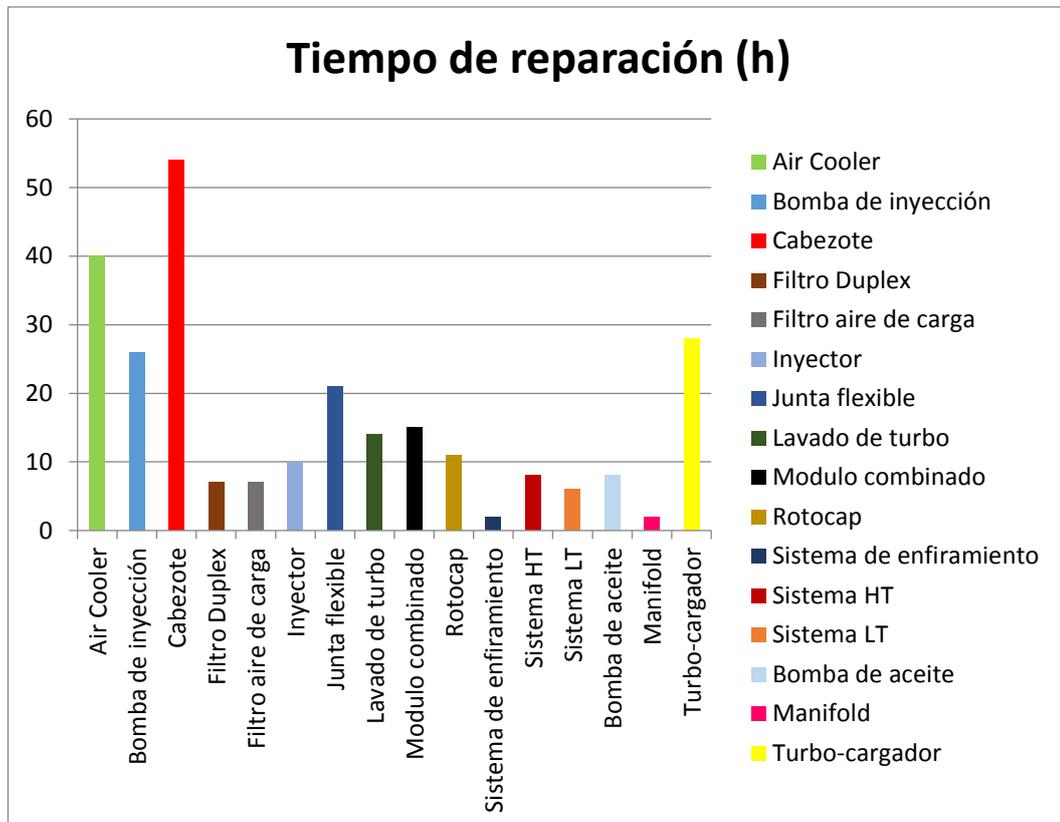


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC- STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

Como se observa en el gráfico No. 5 del motor 3 tenemos tres fallas considerables como es el cabezote air cooler y bomba de inyección, el componente que más cantidad de problemas ha generado es el cabezote por roturas de válvulas ya sean de admisión o escape producto de la alta temperatura que se genera en el túnel de viento del motor por la falta de aire de admisión del motor, con 16 paradas

Gráfico N° 6 Tempo de reparación MC3



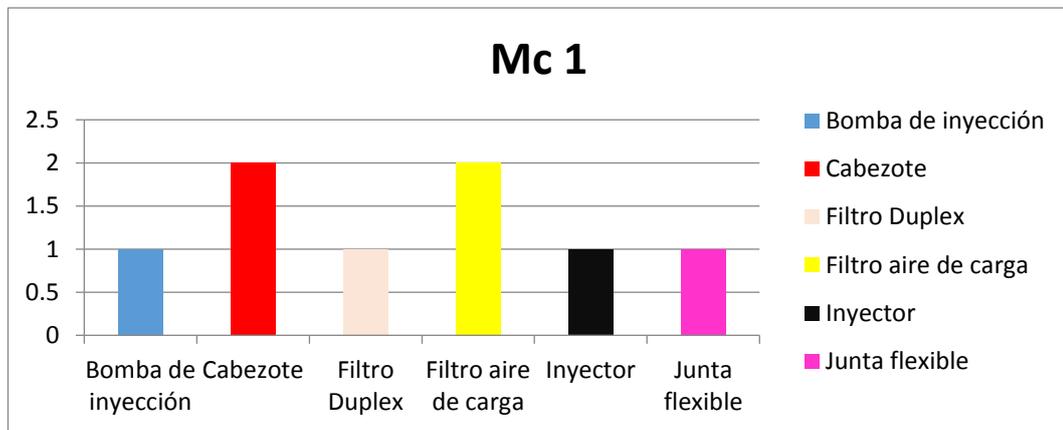
Fuente: Datos del departamento mecánico CELECT – STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En gráfico No. 6 se observa que se implementó alrededor de 53 horas para reparar cabezotes en el motor 3, en este caso consideramos solo el tiempo de reparación de cabezotes ya que es el componente que más problemas ha presentado en este motor, puesto que en este motor también ha presentado fallas en el air cooler.

## Reporte de fallas 2015 (corte hasta mes de agosto)

Gráfico N° 7 Motor de Combustión 1

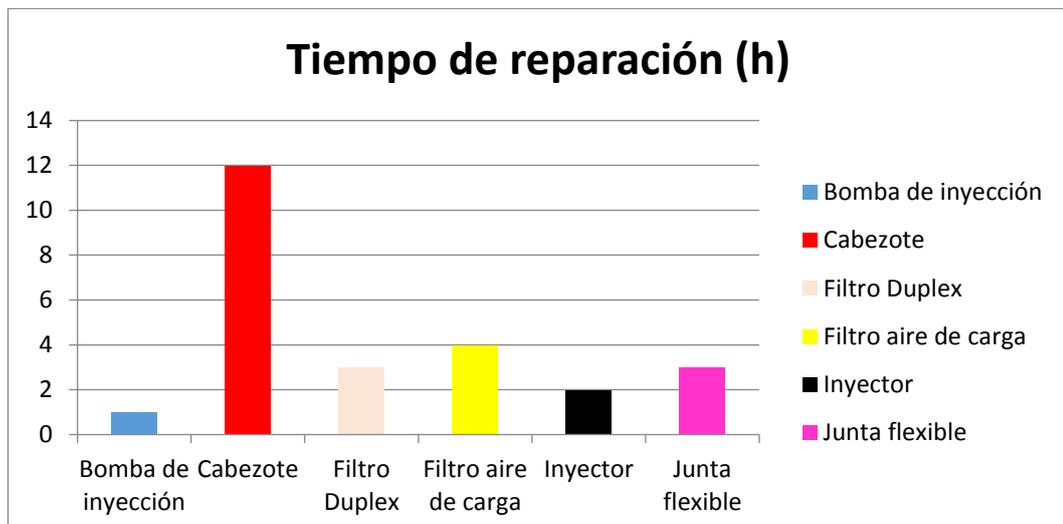


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC –STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 7 del motor 1 podemos observar que la mayor cantidad de fallas mecánicas se presentan en los cabezotes y filtros de aire de carga con 2 paradas cada una, provocando estas fallas una pérdida de producción en el motor.

Gráfico N° 8 Tiempo de reparación MC1

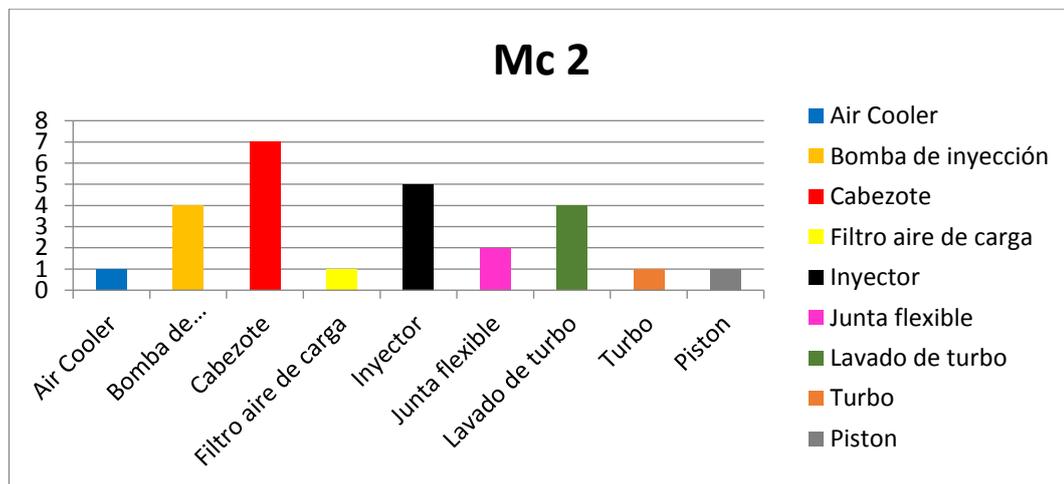


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC –STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 8 se observa que se implementó alrededor de 12 horas para reparar cabezotes en el motor 1, en este caso consideramos solo el tiempo de reparación de cabezotes ya que es el componente que más tiempo se ha implementado para corregir las fallas, puesto que en este motor también ha presentado fallas en los filtros de aire de admisión pero el tiempo utilizado para corregir esta falla es inferior.

Gráfico N° 9 Motor de Combustión 2



Fuente: Datos del departamento de mecánica CELEC –STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 9 del motor 2 podemos observar que la mayor cantidad de fallas mecánicas se presentan en los cabezotes con 7 paradas, inyector y bomba de inyección, provocando estas fallas una pérdida de producción en el motor, en este caso consideraremos las fallas de cabezotes.

Gráfico N° 10 Tiempo de reparación MC2

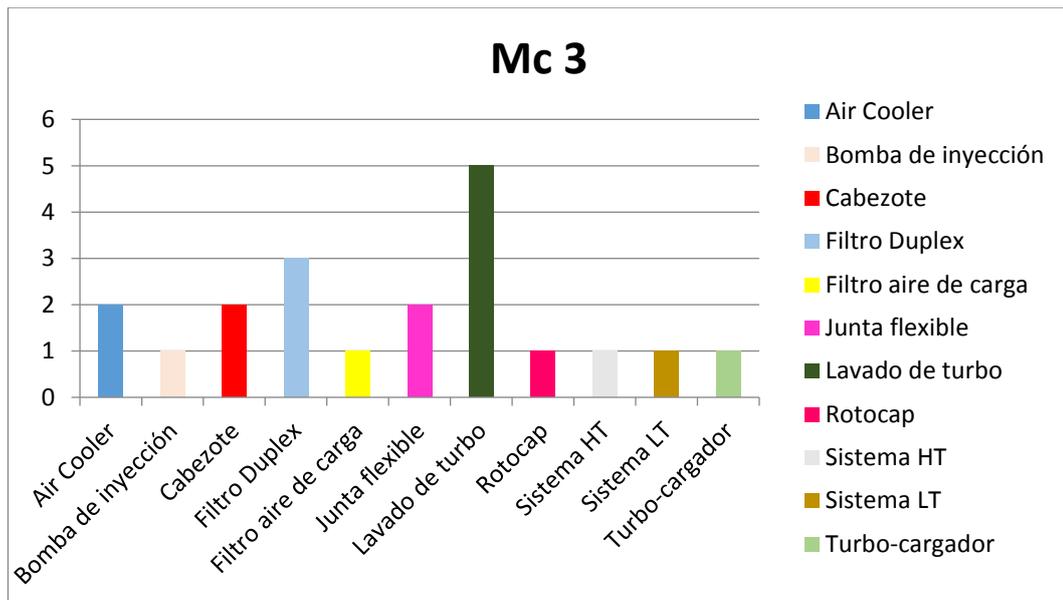


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC – STA ELENA (2016).  
ELABORADO POR: Jefferson Tomalá Rivera.

**Análisis:**

En el gráfico No. 10 del motor 2 observamos que se implementó alrededor de 50 horas para reparar cabezotes, en este caso consideramos solo el tiempo de reparación de cabezotes ya que es el componente que más problemas ha presentado en este motor.

Gráfico N° 11 Motor de Combustión 3

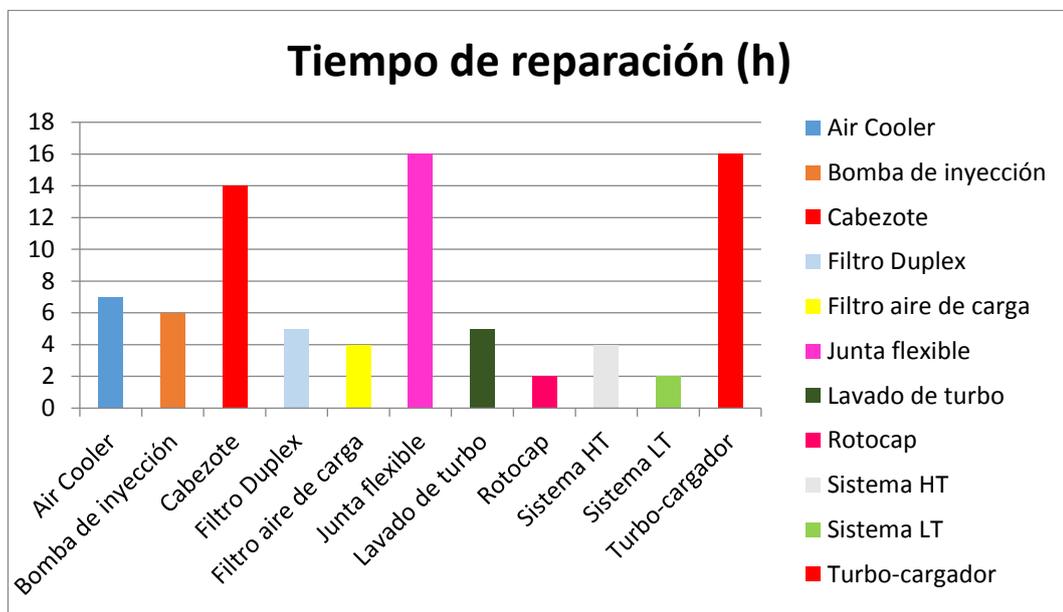


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC – STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

### Análisis:

En el gráfico No. 11 del motor 3 podemos observar que la mayor cantidad de fallas son en los lavados de turbo y filtros de combustible estas fallas son parte operaciones, mientras que las fallas mecánicas persisten en los cabezotes con 2 paradas, también apreciamos que aparecen con la misma cantidad las fallas en el air cooler.

Gráfico N° 12 Tiempo de reparación MC3



Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC – STA ELENA (2016).  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 12 del motor 3 podemos observar que cantidad de tiempo fue implementado para corregir fallas en el turbo-cargador que fue de 16 horas al igual que las juntas flexibles y cabezotes con 14 horas, dando a entender que ese motor ha pasado más tiempo en reparación que produciendo.

## 3.2 ANÁLISIS DE DIAGRAMAS DE PROCESOS DE FILTRADO

### 3.2.1 Aplicación y análisis de diagramas para determinar los problemas

Cuadro N° 3 Diagrama de operaciones actual

CAMBIO DE TURBO POR ALABES ROTOS								
		ACTUAL						
RESUMEN		#	Min					
○	Operación	8	700	El diagrama empieza: Solicitar apagar motor				
⇒	Transporte	4	30	El diagrama termina: Motor en línea				
□	Inspección	0	0	Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.				
D	Esperas	4	157	Fecha: 22 de marzo del 2016.				
▽	Almacenamiento	0	0					
<b>Total</b>		<b>16</b>	<b>887</b>					
	Descripción de las actividades	Op.	Trp.	Insp.	Esp.	Alm.	Tiempo (min)	Observ.
1	Solicitar apagar motor	○	⇒	□	D	▽	60 min	
2	Bloqueo de motor	○	⇒	□	D	▽	5 min	
3	Retirar guardas protectoras del turbo	○	⇒	□	D	▽	30 min	
4	Retirar junta flexible de turbo	○	⇒	□	D	▽	20 min	
5	Retirar silenciador del turbo	○	⇒	□	D	▽	30 min	
6	Transportar silenciador del turbo hasta la plataforma de mantenimiento	○	⇒	□	D	▽	5 min	
7	Retirar turbo	○	⇒	□	D	▽	300 min	
8	Transportar turbo de la plataforma de mantenimiento	○	⇒	□	D	▽	10 min	
9	Transportar turbo reparado hacia el motor	○	⇒	□	D	▽	10 min	
10	Colocar turbo reparado en el motor	○	⇒	□	D	▽	240 min	
11	Transportar silenciador del turbo hacia el motor	○	⇒	□	D	▽	5 min	
12	Colocar silenciador del turbo en el motor	○	⇒	□	D	▽	30 min	
13	Colocar junta flexible del turbo	○	⇒	□	D	▽	20 min	
14	Colocar guardas protectoras	○	⇒	□	D	▽	30 min	
15	Solicitar encender motor	○	⇒	□	D	▽	2 min	
16	Motor en línea	○	⇒	□	D	▽	90 min	

Fuente: Observación directa

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

En este diagrama observamos los trabajos que se realizan para proceder al cambio de un turbo-cargador dañado, producto de una válvula rota en un cabezote cuyos restos han llegado hasta los alaves del turbo provocando sus roturas, la cantidad de tiempo implementados para este trabajo es de 887 minutos que son alrededor de 15 horas que un motor deja de producir. Todo esto se origina desde la falta de aire de admisión en el motor provocando alta temperatura en el tunel de viento y a su vez alta temperatura en un cabezote, esta alta temperatura provoca la rotura de alguna válvula ya sea de admisión o de escape.

Ilustración 9 Turbo dañado



Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

En la ilustración se observa como estan rotos los alaves del turbo, reparar este turbo genera un gasto para la empresa ya que tiene que contratar los servicios de ABB que son los encargados de reparar estos turbos en el país.

Cuadro N° 4 Cambio de culatas por válvula rota

CAMBIO DE CULATAS POR VÁLVULA ROTA								
		ACTUAL						
RESUMEN		#	Min					
○	Operación	10	132	El diagrama empieza: Solicitar apagar el motor				
⇒	Transporte	2	20	El diagrama termina: Motor en línea				
□	Inspección	0	0	Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.				
D	Esperas	4	270	Fecha: 22 de marzo del 2016.				
▽	Almacenamiento	0	0					
Total		16	422					
	Descripción de las actividades	Op.	Trp.	Insp.	Esp.	Alm.	Tiempo (min)	Observ.
1	Solicitar apagar el motor	○	⇒	□	D	▽	60 min	
2	Solicitar retirar agua y bloqueo de motor	○	⇒	□	D	▽	60 min	
3	Retirar tapón de agua de culatas	○	⇒	□	D	▽	5 min	
4	Retirar guardas protectoras de culatas	○	⇒	□	D	▽	30 min	
5	Aflojar tuercas de culata dañada	○	⇒	□	D	▽	15 min	
6	Retirar culata dañada del motor	○	⇒	□	D	▽	5 min	
7	Colocar culata dañada en el área de mantenimiento del motor	○	⇒	□	D	▽	10 min	
8	Llevar culata reparada hacia el motor	○	⇒	□	D	▽	10 min	
9	Colocar culata reparada en el motor	○	⇒	□	D	▽	5 min	
10	Ajustar culata en el motor	○	⇒	□	D	▽	25 min	
11	Calibrar culata							
12	Colocar tapón de agua en culata	○		□	D	▽	10 min	
13	Solicitar colocar agua en motor	○	⇒	□	D	▽	60 min	
14	Colocar guardas protectoras en el motor	○	⇒	□	D	▽	30 min	
15	Solicitar encender el motor	○	⇒	□	D	▽	2 min	
16	Motor en línea	○	⇒	□	D	▽	90 min	

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

En este diagrama observamos los trabajos que se realizan para proceder al cambio de culata o cabezote dañado, normalmente se lo cambia x válvula rota producto de la alta temperatura en determinado cilindro, para determinar que cabezote sacar se le hace un seguimiento a diario para

comprobar temperaturas y así evitar en su posibilidad que se rompan las válvulas pero muchas veces los imprevistos suceden cuando el personal de mantenimiento ya no se encuentra en la planta y por el descuido del departamento de operaciones, una paralización por cambio de cabezote genera una pérdida de producción de 422 minutos que son alrededor de 7 horas.

Ilustración 10 Válvula rota en cabezote



Fuente: Observación directa

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

En esta ilustración podemos apreciar cómo se ha roto una válvula en el cabezote, como se ha explicado antes todo esto se produce por la alta temperatura en el túnel de viento por falta de aire de admisión en el motor y así mismo sabemos el grave daño que provoca en el turbo una válvula rota.

Cuadro N° 5 Cambio de bolsas filtrantes

CAMBIO DE BOLSAS FILTRANTES DE AIRE								
		ACTUAL						
RESUMEN		#	Min					
○	Operaciones	5	97	El diagrama empieza: Solicitud de filtros en bodega				
⇒	Almacenaje	0	0	El diagrama termina: Motor en línea				
□	Inspección	0	0	Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.				
D	Esperas	2	120	Fecha: 22 de marzo del 2016.				
▽	Almacenamiento	0	0					
Total		7	217					

	Descripción de las actividades	Op.	Trp.	Insp.	Esp.	Alm.	Tiempo (min)	Observ.
1	Solicitud de filtros nuevos a bodega	○	⇒	□	D	▽	15 min	
2	Retirar filtros nuevos de bodega	○	⇒	□	D	▽	20 min	
3	Solicitar apagar motor	○	⇒	□	D	▽	60min	
4	Retirar filtros de aire sucio del motor	○	⇒	□	D	▽	30 min	
5	Colocar filtros nuevos en el motor	○	⇒	□	D	▽	30 min	
6	Solicitar encender el moror	○	⇒	□	D	▽	2 min	
7	Motor en línea	○	⇒	□	D	▽	60 min	

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

En este diagrama se demuestra las actividades que se realizan para cambiar las bolsas filtrantes de aire de cada motor una vez que estén sucios, es una maniobra sencilla pero que genera grandes pérdidas de producción en el motor ya que todas las fallas graves se generan por la falta de aire de admisión, el cambio de bolsas filtrantes demora 215 minutos que son alrededor de casi 4 horas que estará paralizado un motor, para saber el momento en que se necesita cambiar los filtros el técnico mecánico hace un levantamiento diario de los filtros, la inspección la realiza de manera visual y lleva sus apuntes en un formato con todos los datos a analizar (ver anexo 1).

### Ilustración 11 Bolsas filtrantes de aire

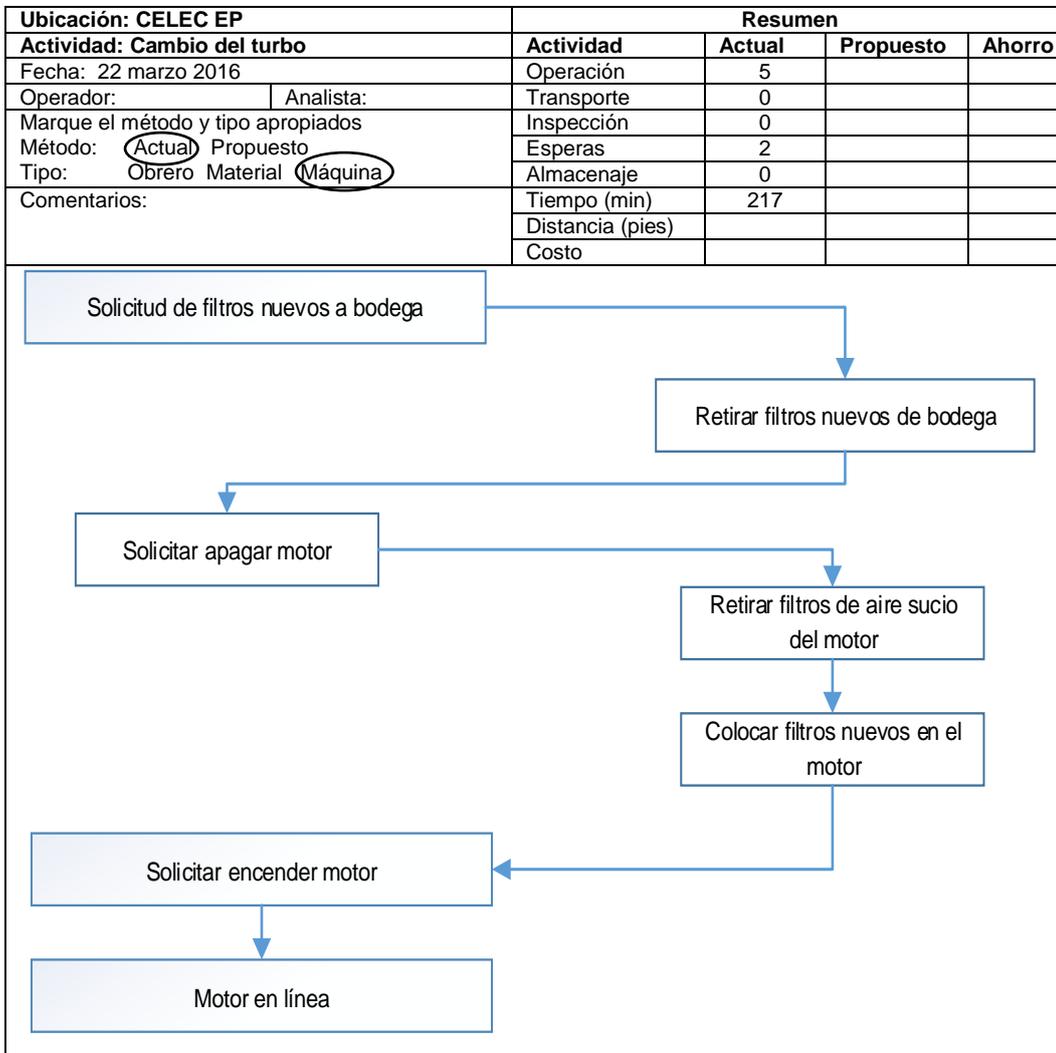


Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

En esta ilustración observamos que las bolsas filtrantes están un poco sucias con polvo y aceite esto es lo que provoca que no haya suficiente paso de aire de admisión hacia el motor.

## SISTEMA DE AIRE DE ADMISIÓN DEL MOTOR

Ilustración 12 Diagrama de flujo, cambio de bolsas filtrantes



Fuente: Observación directa  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Explicación:

En este diagrama de flujo sobre el sistema de aire de admisión del motor, se observan los pasos a seguir para proceder a un cambio de filtros de aire, se realiza una solicitud de filtros nuevos a bodega, luego se retiran los filtros de bodega. Por lo tanto al efectuar esta tarea se solicita apagar el motor para en una forma segura efectuar el trabajo, se procede a retirar filtros de aire sucio del motor, se coloca los filtros nuevos en el motor se

ajustan los accesorios y se procede a solicitar el encendido del motor para normalizar la producción de energía eléctrica.

### **3.3 ANÁLISIS DE PLANIFICACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS**

#### **3.3.1 Programación y problemas**

A continuación se da a conocer las siguientes formas de programación para identificar los problemas:

- Obtener y registrar información necesaria sobre la operación y trabajador.
- Dividir la operación en segmentos.
- Observar y registrar el tiempo empleado por el trabajador.
- Determinar el número de ciclos que deben cronometrarse
- Valorar la actuación de la operación.
- Comprobación que se han cronometrado un número suficiente de los ciclos de operación.
- Determinar las novedades
- Determinar el tiempo tipo para cada operación.

#### **3.3.2 Medición de eficiencias e ineficiencias (paralizaciones y disminución en la producción)**

Para realizar la medición de eficiencias e ineficiencias durante la operación debe utilizarse un formato de control de los filtros de aire, en el que se detalla las novedades que se encuentran en el día sobre horas de trabajo de la máquina como, lectura de diferencial (Pascales), control de malla externa de filtrado, control de corrosión en soportes de las bolsas de filtrado, control de malla protectora de panel principal, control de pernería

de estructura, control de las bolsas de filtrado, cambio de bolsas de filtrado.

### 3.3.3 Indicadores para definir el problema de disminución en la producción

Para efectuar un control de los filtros de aire de admisión de cada motor, se realiza un levantamiento diario para verificar alguna novedad en especial con las bolsas filtrantes si es que ameritan el cambio por unos nuevos o no, dependiendo de eso se produce una pérdida de producción constante ya que se solicita apagar el motor para hacer los cambios respectivos, se utiliza el siguiente formato:

Cuadro N° 6 Formato de Control de filtros

		DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MECÁNICO						
FORMATO DE CONTROL DE FILTROS DE AIRE DE LAS UNIDADES								
Moto r N°1								
Semana de								
TRABAJO DE MANTENIMIENTO		LUNE S	MARTE S	MIÉRCOLE S	JUEVE S	VIERN S	SÁBAD O	DOMING O
Horas de trabajo de la máquina								
Lectura de diferencias (Pascuales)								
Control de malla externa de filtrado								
Control de corrosión en placas de filtrado								
Control de malla protectora de panel principal								
Control de pernería de estructura								
Control de las bolsas de filtrado								
Cambio de bolsas de filtrado								
FILTRO DE AIRE DE VENTILACIÓN POWER HOUSE (PARTE POSTERIOR)								
Lectura de diferencial (Pascuales)								
Control de las bolsas de filtrado								
FILTRO DE AIRE VENTILACIÓN POWER HOUSE (parte frontal)								
Lectura de diferencial (Pascuales)								
Control de las bolsas de filtrado								
TOTAL HORAS DE TRABAJO								
FECHA								
HORA								
FIRMA								
Observaciones:								
Lunes								
Martes								
Miércoles								
Jueves								
Viernes								
Sábado								
Domingo								

Fuente: Departamento de Mantenimiento Mecánico CELEC – STA. ELENA (2016)  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## **La encuesta y la entrevista**

En este trabajo se le realizó una entrevista al supervisor de mantenimiento mecánico de la central Santa Elena III, cuya entrevista fue enfocada a analizar los problemas que presentan los motores MAK 16CM43C y soluciones para una óptima producción de energía eléctrica en la Central Termoeléctrica Santa Elena.

También se procedió a realizar una encuesta a todo el personal de planta y mantenimiento de la Central Termoeléctrica Santa Elena III, que en total son 28 personas distribuidos de la siguiente manera

- 1 Supervisor de mantenimiento mecánico.
- 7 Técnicos de mantenimiento mecánico.
- 4 Supervisores de operaciones.
- 4 Tablerista de operaciones.
- 12 Operadores de campo.

Se pretende averiguar la veracidad de una hipótesis, que intenta establecer las causas o los factores para disminuir el mantenimiento de los motores MAK 16CM43C de la Central Termoeléctrica Santa Elena.

Se elaborará un formulario de recolección de datos y se almacenará en una tabla matriz durante el proceso de recolección y análisis de la información. Se empleará recursos materiales bibliográficos, estadísticos y metodológicos necesarios para el desarrollo y ejecución del mismo.

### **3.4.1 Entrevista a supervisores y jefes**

#### **Resultado, análisis de la entrevista y encuesta**

Entrevista al Supervisor Mecánico Ing. Williams Naranjo Rosales.

Preguntas:

1. La empresa cuenta con un plan de mantenimiento claramente definido para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?

Actualmente no cuenta con un plan de mantenimiento, esperamos que cuando los equipos estén en operación solicitar la debida capacitación.

2. Existe el acceso a información técnica para realizar el trabajo mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?

Los técnicos si cuentan con el acceso de información, manuales para los mantenimientos mecánicos.

3. Usted considera que es necesario una capacitación técnica para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?

Es muy importante que se efectúe la capacitación técnica, para que el personal técnico pueda operar de manera correcta el equipo.

4. El espacio físico donde se realizara los trabajos de mantenimiento y reparación para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite está bien distribuido?

No hay el espacio necesario ya que el equipo es demasiado grande y difícil la movilización, se debe solicitar una grúa para desmontar el equipo, dar el mantenimiento respectivo y trabajar en una forma segura y adecuada.

5. Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?

Al tratarse de un mantenimiento general se solicita personal, actualmente el personal no es suficiente y cada una está en funciones específicas, dando prioridad a las otras áreas en corto plazo.

6. Usted considera que la empresa cuenta con un programa de mantenimiento que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?

Si, existe un personal encargado de esta planificación

7. Usted considera que la empresa cuenta con recursos y herramientas necesarias para efectuar el mantenimiento en todas los motores MAK 16CM43C?

Depende de la cantidad de trabajos que se vayan a realizar, en ocasiones hemos solicitado personal a la otra planta.

8. Usted considera que la empresa cuenta con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para efectuar su respectivo mantenimiento para motores MAK 16CM43C?

La unidad cuenta con el cronograma establecido, cuando las unidades cumplen con sus horas de trabajo respectivas se debe realizar un mantenimiento programado, pero en ocasiones este mantenimiento no es autorizado por la demanda de energía que hay en el país.

9. La empresa realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/ o mecánico?

Las evaluaciones de desempeño, se realiza anualmente al personal.

10. Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C?

Si, el personal está dispuesto y se encuentra con la predisposición de efectuar el mantenimiento.

### **Análisis de los resultados de las entrevistas.**

Mediante la entrevista que se realizó, se pudo comprobar que la planta no posee con un plan de mantenimiento claramente definido para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite, en este caso el supervisor mecánico está consiente que el personal deberá ser capacitado para poder realizar los trabajos de mantenimientos a los filtros húmedos para que se mantengan operativos, hasta ahora los técnicos solo poseen acceso a la información de los mantenimientos en los motores y de igual manera se los capacita constantemente. Entonces se hace necesario que la empresa tenga un stock de repuesto para enfrentar algún imprevisto en la operación de los equipos que producen energía eléctrica.

Las expectativas del supervisor y técnicos es que con la instalación de los filtros húmedos se mejore la producción de la planta y así evitar el sobre cargo de trabajos a los técnicos, porque ellos hacen un gran esfuerzo por mantener las unidades o motores disponibles en cada momento porque se efectúan las inspecciones periódicas y enfrentar alguna decisión, el compromiso que tienen los técnicos con la planta es muy bueno y muchas veces sacrifican sus días libres por corregir algún imprevisto, por lo que es meritorio que el talento humano demuestra ser profesional en estos casos.

Algunas veces los recursos humanos no son suficientes por que se acumulan trabajos por lo cual se solicita personal a los que trabajan en los motores Hyundai, debido a la cantidad de trabajos que se acumulan no pueden atender de inmediato todas las novedades y el personal se distribuye para dar prioridad a los trabajos que se pueden resolver en

corto plazo, y así mantener la generación de la planta. Además este personal debe tener las habilidades y destrezas en el conocimiento y manejo del sistema.

### 3.4.2 Encuesta al personal de planta y mantenimiento

#### Resultados de las encuestas

Objetivo: Determinar y diagnosticar los problemas que causan la paralización de producción debido al mal funcionamiento al sistema actual de filtrado de aire.

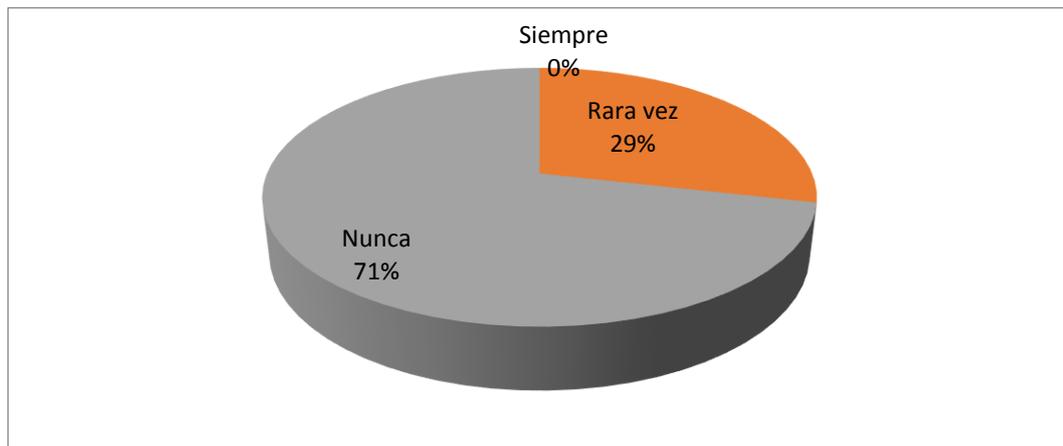
Pregunta N° 1.- ¿Existe un plan de mantenimiento claramente definido para el sistema de filtrado de aire bañado en aceite?

Tabla N° 1 Plan para mantenimiento de filtrado

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>1</b>	Siempre	0	0%
	Rara vez	8	29%
	Nunca	20	71%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Gráfico N° 13 Plan para mantenimiento de filtrado



Fuente: Base de datos de encuestados  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Interpretación:

En el gráfico No. 13, de acuerdo a los resultados obtenidos el 71% manifestó que nunca ha existido un plan de mantenimiento para el sistema de filtrado de aire bañados en aceite, y el 29% expresó que rara vez ejecutan alguna técnica.

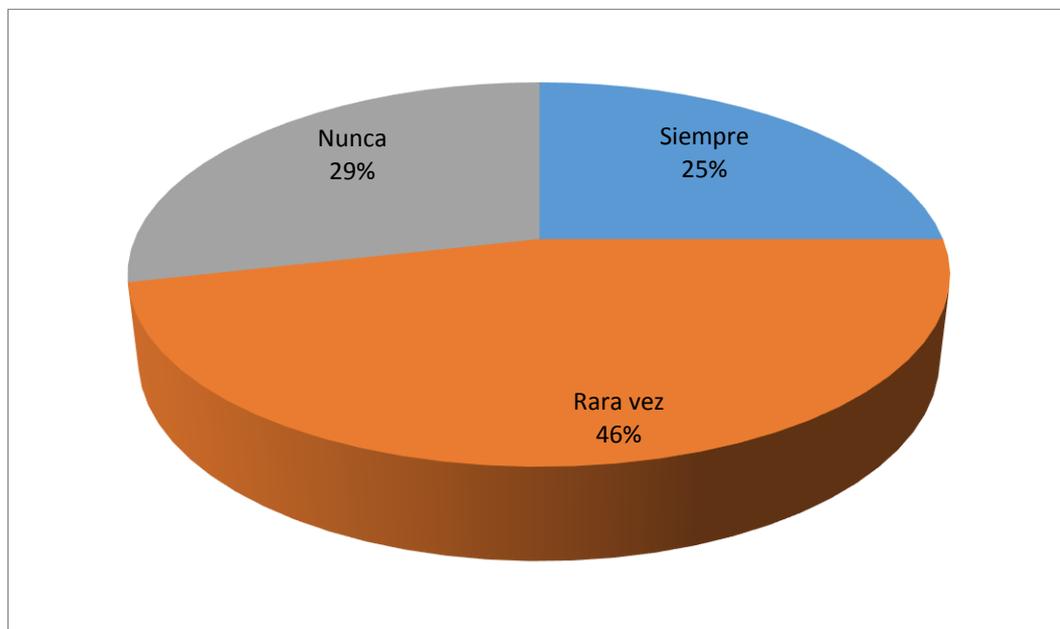
Pregunta N° 2.- ¿Usted tiene acceso a información técnica para realizar el trabajo mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?

Tabla N° 2 Acceso información

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
2	Siempre	7	25%
	Rara vez	13	46%
	Nunca	8	29%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 14 Acceso de información



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Interpretación: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 14, el 46% manifestó que rara vez son instruidos para realizar mantenimientos preventivo y correctivo a motores MAK 16CM43C, mientras que el 29% expresó que nunca realizan esto y el 25% declaró que si son capacitados.

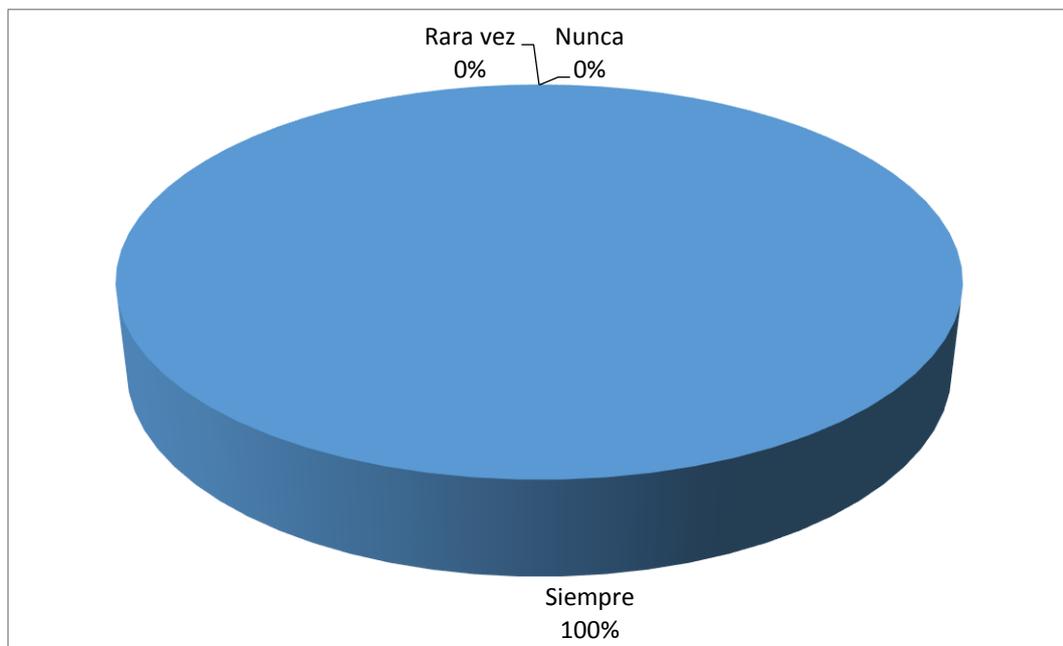
Pregunta N° 3.- ¿Usted considera que es necesario una capacitación técnica para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?

Tabla N° 3 Capacitación técnica

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>3</b>	Siempre	28	100%
	Rara vez	0	0%
	Nunca	0	0%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 15 Capacitación técnica



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 15, el 100% de los encuestados revelaron que siempre es necesario la capacitación técnica para el sistema de filtrado de aire bañado en aceite.

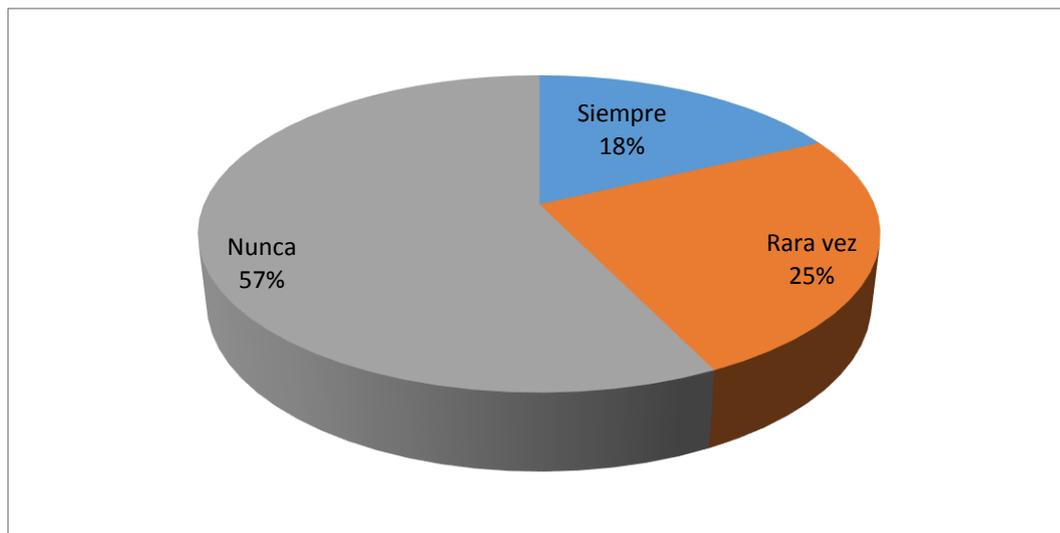
Pregunta N° 4.- ¿El espacio físico donde se realizara los trabajos de mantenimiento y reparación para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite están bien distribuido?

Tabla N° 4 Trabajos de mantenimiento y reparación

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>4</b>	Siempre	5	18%
	Rara vez	7	25%
	Nunca	16	57%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 16 trabajos de mantenimiento y reparación



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 16, las muestras revelan que el 57% de los encuestados consideran que no está bien distribuido el espacio físico donde se realizaran los trabajos de mantenimiento, el 25% indicó que rara vez el espacio para este tipo de trabajo es el adecuado y el 18% manifestó que el área está bien distribuido.

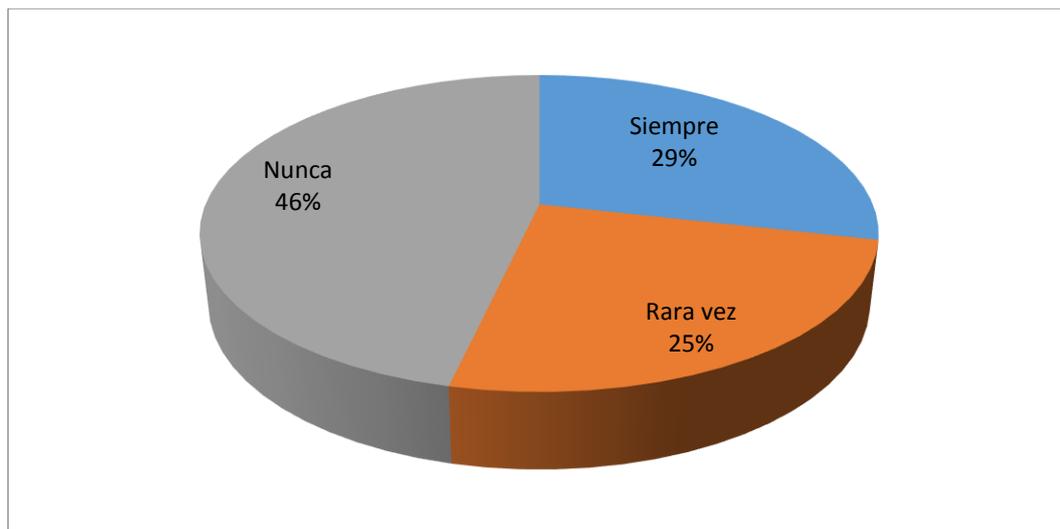
Pregunta N° 5.- ¿Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento en el sistema de filtrado de aire bañados en aceite?

Tabla N° 5 Recursos humanos para mantenimiento

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>5</b>	Siempre	8	29%
	Rara vez	7	25%
	Nunca	13	46%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 17 Recursos humanos para mantenimiento



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 17, los resultados obtenidos muestran que el 46% cree que nunca es suficiente el recursos humano, mientras que el 29% expreso que siempre es apto y el 25% opinó que rara vez este recurso es solvente para realizar el mantenimiento a este sistema.

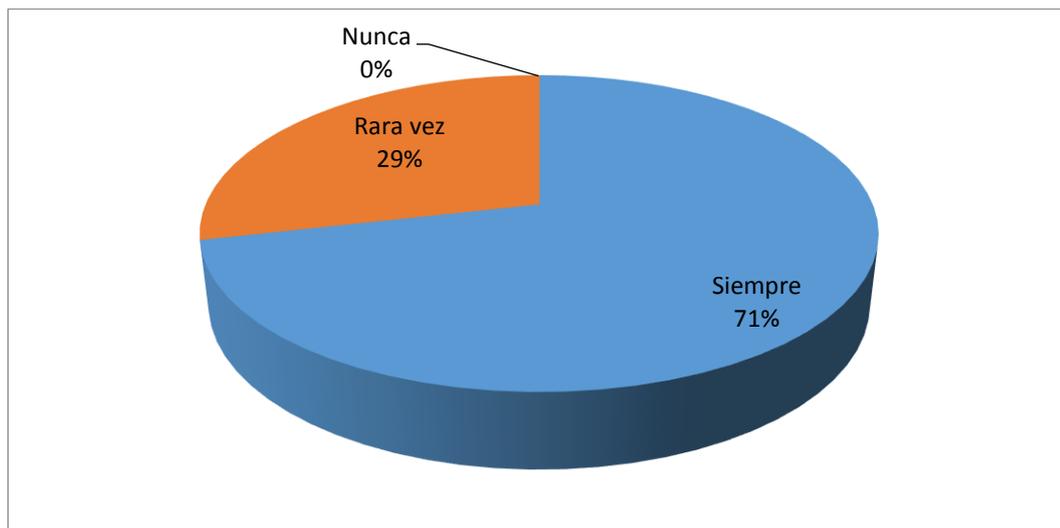
Pregunta N° 6.- ¿Usted considera que la empresa cuenta con un programa de mantenimiento que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?

Tabla N° 6 Programa de mantenimiento

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
6	Siempre	20	71%
	Rara vez	8	29%
	Nunca	0	0%
	<b>total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 18 Programa de mantenimiento



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 18, el 71% considera que el programa que posee la empresa siempre abarca los tipos de mantenimiento correctivo y preventivo, mientras que el 29% expresó que rara vez la institución cuenta con una programación adecuado para este trabajo.

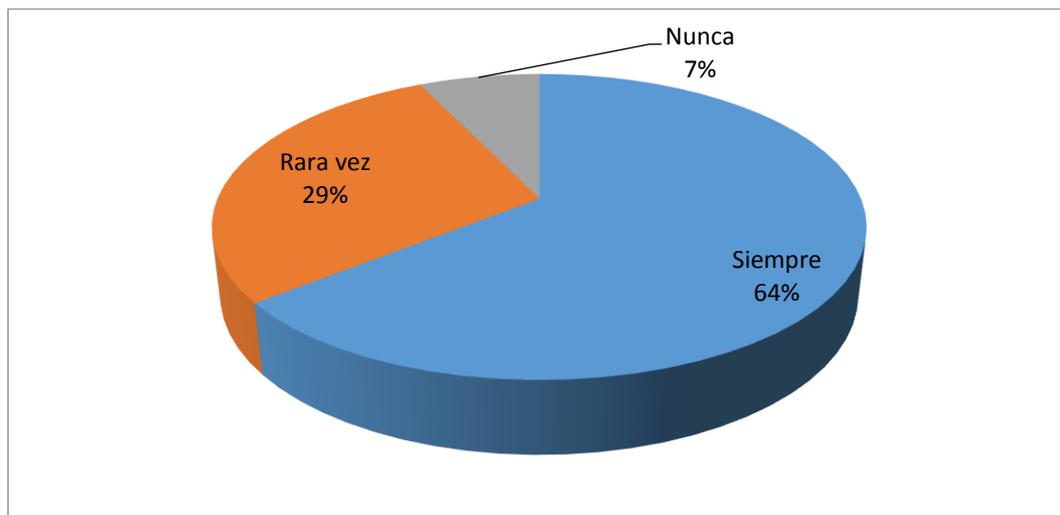
Pregunta N° 7.- ¿Usted considera que el cambio de sistema filtrado de aire en los motores MAK 16CM43C, mejorará la producción de generación de energía eléctrica?

Tabla N° 7 Producción de generación de energía eléctrica

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>7</b>	Siempre	18	64%
	Rara vez	8	29%
	Nunca	2	7%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 19 Producción de generación de energía eléctrica



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 19, El 64% de los encuestados considera que cambiando el sistema de filtrado de aire de admisión mejorará la producción de la empresa, pero el 29% manifestó que rara vez mejoraría la producción de la empresa, y el 7% opinó que nunca mejoraría la producción por que siempre se presentaran imprevistos.

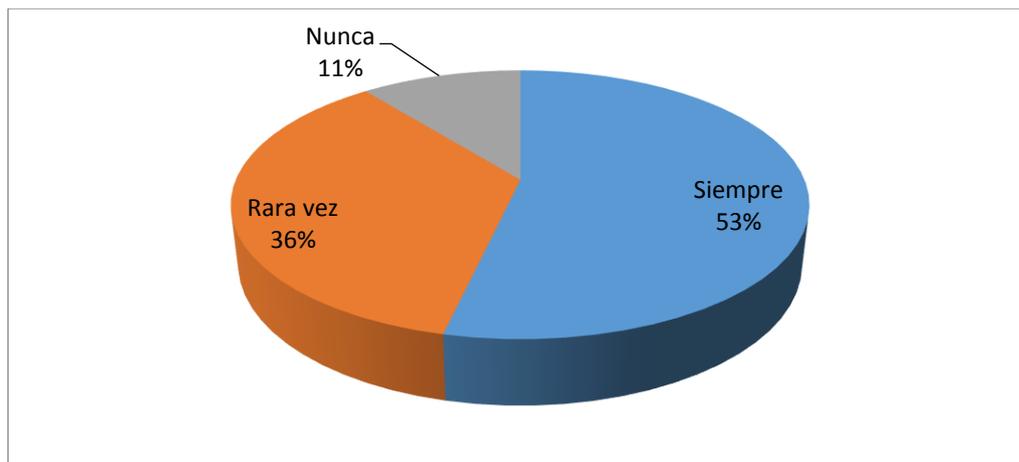
Pregunta N° 8.- ¿Usted considera que la empresa cuenta con un cronograma que les permita la paralización para efectuar su respectivo mantenimiento de los motores MAK 16 CM13C?

Tabla N° 8 Cronograma para paralización

ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
8	Siempre	15	53%
	Rara vez	10	36%
	Nunca	3	11%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 20 Cronograma para paralización



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 20, los resultados obtenidos muestran que el 53% de los encuestados consideran que la empresa siempre cuenta con un cronograma de paralización de máquina para efectuar el mantenimiento, mientras que el 36% indicó que rara vez la institución posee esta herramienta y el 11% expresó que nunca tienen esta planificación.

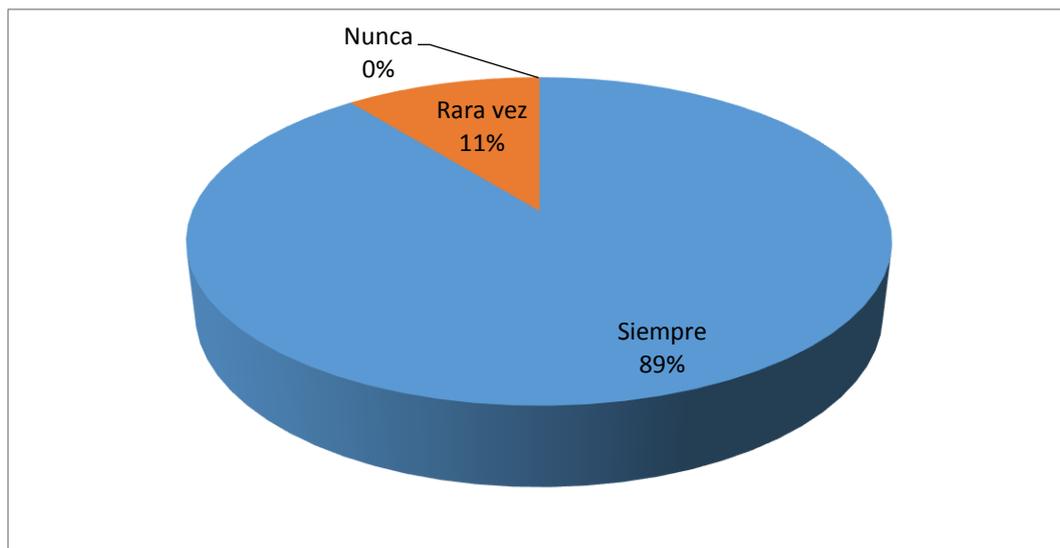
Pregunta N° 9.- ¿Usted considera que la empresa cuenta con un stock de repuestos para cada máquina en el momento que se da mantenimiento en los motores MAK 16CM43C sin afectar a la producción de energía eléctrica?

Tabla N° 9 Cuentan con stock de repuesto

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
9	Siempre	25	89%
	Rara vez	3	11%
	Nunca	0	0%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tómalá Rivera.

Gráfico N° 21 Cuentan con stock repuesto



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 21, el 69% manifestó que siempre la empresa cuenta con un stock de repuestos para sus mantenimientos y el 11% reveló que rara vez tienen los suficientes repuestos al momento de realizar sus mantenimientos.

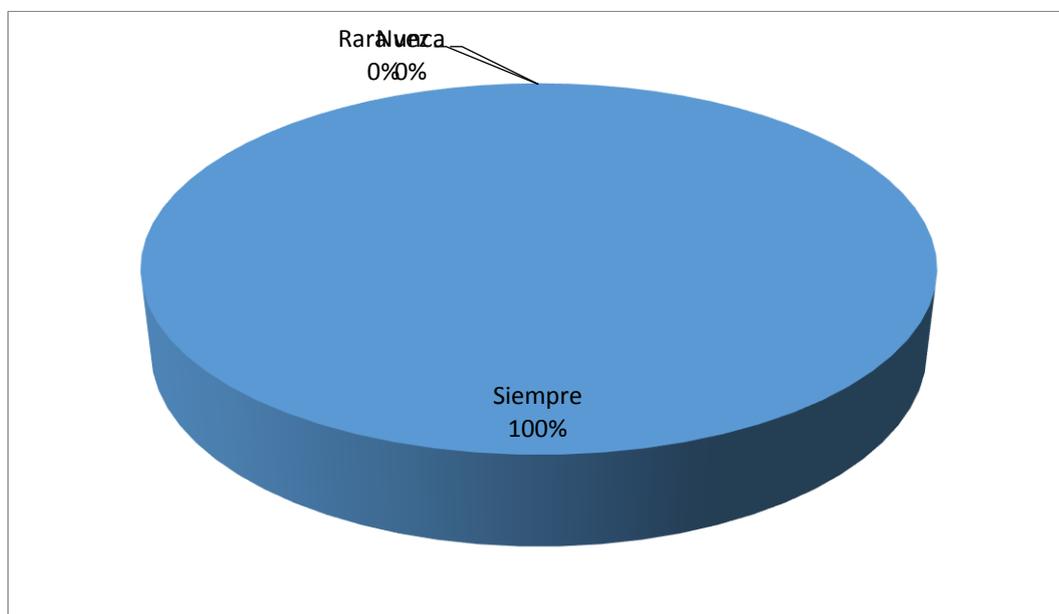
Pregunta N° 10.- ¿La empresa realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/o mecánico?

Tabla N° 10 Evaluación del desempeño laboral

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
<b>10</b>	Siempre	28	100%
	Rara vez	0	0%
	Nunca	0	0%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 22 Evaluación del desempeño laboral



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 22, el 100% de los encuestados expreso que siempre la empresa realiza evaluaciones de desempeño a su personal.

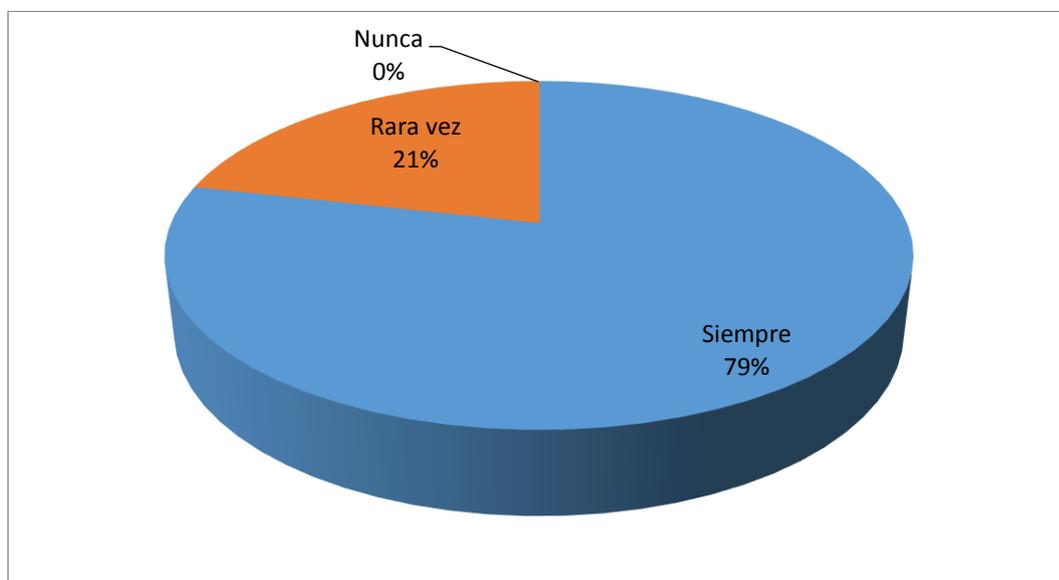
Pregunta N° 11.- ¿Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C ocasionando interrupción en la producción de energía eléctrica?

Tabla N° 11 Imprevisto de reparación

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
11	Siempre	22	79%
	Rara vez	6	21%
	Nunca	0	0%
	<b>total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 23 Imprevisto de reparación



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 23, los resultados revelan que el 79% de los encuestados considera que la empresa está preparada para los imprevistos de paralización, y el 21% expresó que rara vez la institución está capacitada para este imprevisto.

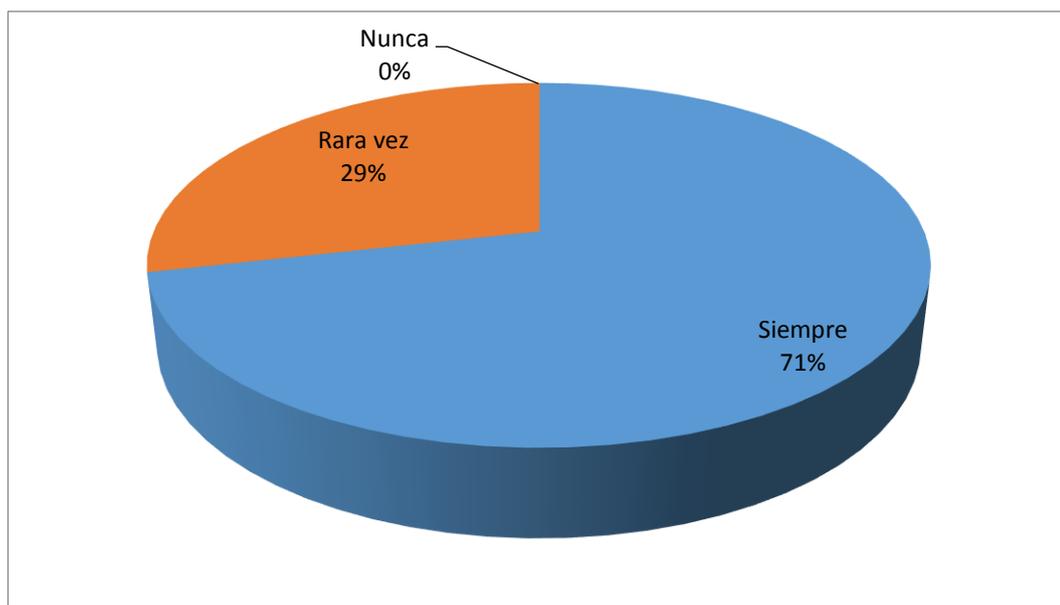
Pregunta N° 12.- ¿Usted considera que el mantenimiento a los motores MAK 16CM43C es el correcto para la producción continua de energía eléctrica?

Tabla N° 12 Mantenimiento de motores

Ítem	Alternativas	Resultados	Porcentaje
12	Siempre	20	71%
	Rara vez	8	29%
	Nunca	0	0%
	<b>Total</b>	<b>28</b>	<b>100%</b>

Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 24 Mantenimiento de motores



Fuente: Base de datos de encuestados.  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Interpretación:

En el gráfico No. 24, el 71% indicó que el mantenimiento de los motores es el correcto mientras que el 29% reveló que rara vez esta labor es la adecuada.

### **ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA ENCUESTA.**

En la encuesta logramos determinar que el 71% de los trabajadores no tienen conocimientos de mantenimientos mecánicos, pero si están consiente de la situación de la planta y saben que es necesario una capacitación técnica de la manipulación del sistema de filtrado de aire, por parte del personal de mantenimiento mecánico no hay problemas con respecto a conocimientos técnicos ellos ameritan que con la nueva incorporación del sistema de filtrado de aire en el motor reducirán las paralizaciones y a su vez disminuirá el cansancio físico.

#### **3.4.3 Prueba de Chi cuadrado**

Se empleará el programa estadístico IBM SPSS Statistics 19.0 (Statistical Package for the Social Sciences) y hojas de cálculo de Excel 2010 para el procesamiento y análisis de información. Se utilizará estadística descriptiva y no paramétrica para el análisis de datos y se empleará un nivel de significancia del 95%, aceptando una probabilidad (p) inferior a 0.05 como significativa. Las pruebas estadísticas a utilizar serán:

- Chi cuadrado para describir la relación entre variables cualitativas.
- Correlación de Pearson para describir la relación entre variables cuantitativas.
- Razón de prevalencia para determinar y diagnosticar los problemas que causan la paralización de producción debido al mal

funcionamiento el sistema actual de filtrado de aire con sus respectivos niveles de confianza.

Objetivo: Demostrar estadísticamente si existe relación entre las variables independiente y dependiente.

Para esto hemos escogido dos preguntas de la encuesta que se realizó a los trabajadores de la central.

Pregunta 7: ¿Usted considera que **el cambio de sistema filtrado de aire** en los motores MAK 16CM43C, mejorará la producción de generación de energía eléctrica?

Pregunta 11: ¿Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C ocasionando interrupción en **la producción de energía eléctrica?**

Tabla N° 13 Tabla de contingencia

**Tabla de contingencia ¿Usted considera que el cambio de sistema filtrado de aire en los motores MAK 16CM43C, mejorará la producción de generación de energía eléctrica? \* ¿Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C ocasionando interrupción en la producción de energía eléctrica?**

Recuento		¿Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C ocasionando interrupción en la producción de energía eléctrica?		Total
		Rara vez	Siempre	
¿Usted considera que el cambio de sistema filtrado de aire en los motores MAK 16CM43C, mejorará la producción de generación de energía eléctrica?	Nunca	2	0	2
	Rara vez	4	4	8
	Siempre	0	18	18
	Total	6	22	28

Fuente: Base de datos SPSS 20

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Nivel de significancia: Alfa = 0.05 o 5%

Estadístico de prueba a utilizar: Chi Cuadrado

Valor P o significancia

Tabla N° 14 Prueba de Chi cuadrado

**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,121 <sup>a</sup>	2	,000
Razón de verosimilitudes	18,006	2	,000
Asociación lineal por lineal	15,545	1	,000
N de casos válidos	28		

a. 4 casillas (66,7%) tienen una frecuencia esperada inferior a 5. La frecuencia mínima esperada es 0,43.

Fuente: Base de datos SPSS 20

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Como el valor de p es menor que 0,05 afirmo que si existe relación entre las variables, por lo tanto se mejora la producción de energía en el caso de considerar el cambio de sistema de filtrado de aceite.

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C.**

#### **4.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE FILTROS DE AIRE BAÑADOS EN ACEITE.**

Consiste en un equipo de 32 células filtrantes de acero dentro de un marco metálico, el mismo forma una estructura para ensamble, bañados en 60 galones de aceite mineral cuyas características se encuentran en la Ilustración 14, los mismos se limpian automáticamente con el aceite al momento de girar debido a las impurezas del ambiente, haciendo un giro automático cada 8 horas con un motor a 460 voltios 60 Hertz. y con un movimiento continuo de giros de cadena.

#### **Cartuchos de filtro**

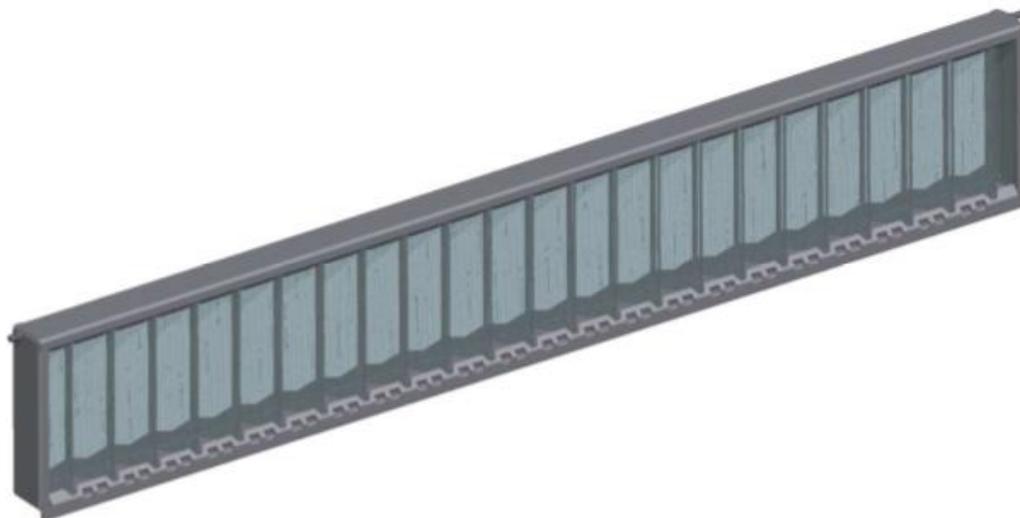
Existe un equipamiento de filtro estándar en diferentes medidas.

Célula filtrante BA:

De manera estándar, están disponibles las siguientes medidas de filtro:

- 2007 mm Tamaño 3
- 1702 mm Tamaño 2
- 1092 mm Tamaño 1

### Ilustración 13 Cartuchos de filtro



Fuente: Manual de GEA  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

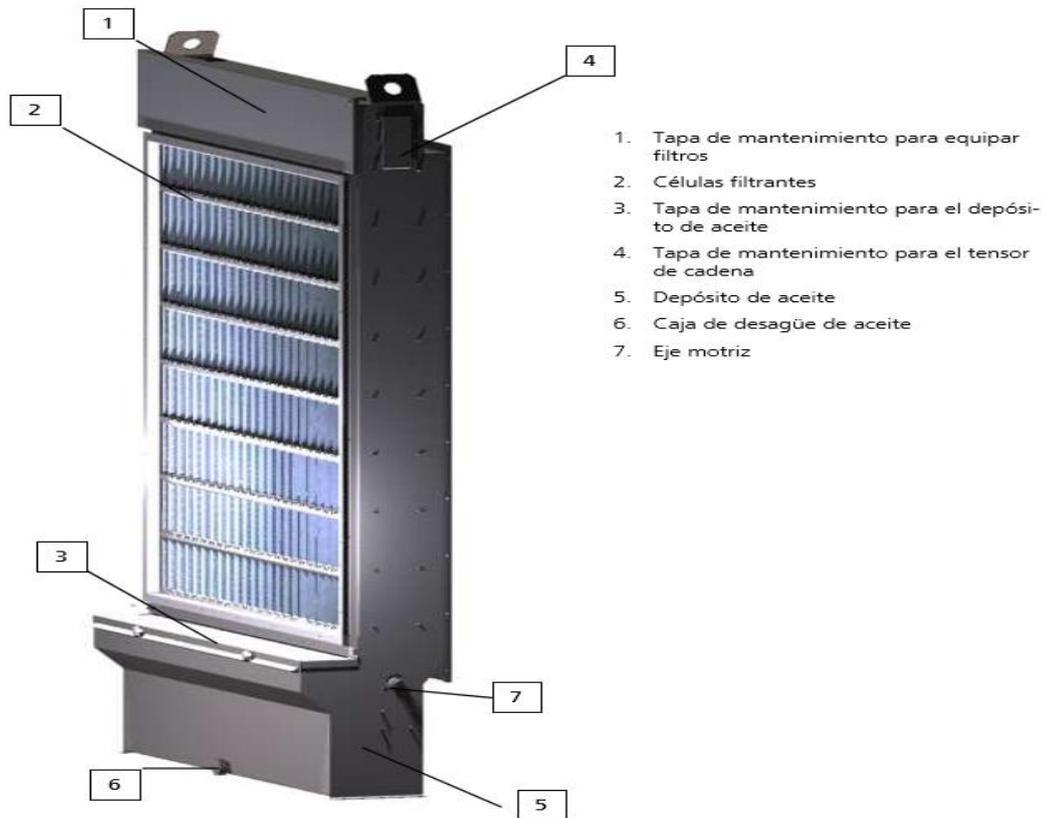
#### **Combinaciones de filtros:**

Este equipo permite combinarse con diversos sistemas de separación. Corriente arriba, mediante cubierta protectora resistente a la intemperie y/o separadores de gotas; en la salida de aire, mediante sistemas de soporte mural como, por ejemplo; un filtro de bolsillo.

#### **Construcción del RotaClean**

La siguiente ilustración muestra los modelos estándar del RotaClean. Las células discurren sobre dos cadenas siguiendo el principio "Paternóster" sobre dos ejes.

### Ilustración 14 Construcción del Rota Clean



Fuente: Manual de GEA  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

### Descripción del dispositivo

En el campo de aplicación es necesario la tensión de servicio de 400V 50-60 Hz.

Tabla N° 15 Descripción del dispositivo

Instalación	Instalación interior y exterior
Temperatura ambiente	De 20° C a 45 ° C
Humedad atmosférica	Hasta máx. 100% (temporalmente)

Fuente: Manual de GEA  
 Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

## Interruptor principal

El interruptor principal se utiliza también como interruptor de parada de emergencia, por lo tanto está marcado con color rojo/amarillo.

Ilustración 15 Teclado membrana frontal



Fuente: Manual de GEA  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

## 4.2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE FILTROS DE AIRE BAÑADOS EN ACEITE.

El sistema de Filtros de aire bañados en aceite es un equipo que al encender aparecen mensajes en el texto, la unidad tiene una salida de semáforo que indica:

- FUNCIONAMIENTO
- SERVICIO

- AVERÍA

El sistema se enciende con el interruptor principal o a través del control remoto, sucede cuando esta encendido.

### **Reseteo de mensaje de alarma de mantenimiento**

Funcionamiento:

P29=0

Un reseteo de mantenimiento/ alarma solo es posible si el fallo se ha corregido.

P29=1

Mantenimiento / alarmas se muestran durante 5 minutos sin que se active el contacto de alarma transcurrido este tiempo o tras la activación del botón de confirmación, se libera de nuevo el contacto de alarma.

P29=2

Se produce un reseteo simplemente con desconectar la alimentación, desconectando el dispositivo de interruptor externo o bien mediante el botón de confirmación.

### **Control del motor**

El motor reductor está diseñado para su instalación en el exterior. No obstante, éste se deberá dotar de la mejor protección posible contra la influencia de la intemperie.

El motor reductor viene equipado de serie con protección de motor completa mediante contactos térmicos. El motor está colocado en la parte exterior, recibiendo así una refrigeración óptima.

Éste se enciende desde el interruptor principal del armario de control, los tiempos de ejecución del motor se controlan de acuerdo a las indicaciones.

La temperatura ambiente máxima no deberá sobrepasar los 40° C.

Se obtiene el sentido de giro correcto del motor cuando las células de filtro del lado de aspiración del RotaClean vayan de abajo hacia arriba.

El gas bruto entra horizontalmente en el dispositivo y recorre, una tras otra, todas las etapas de filtro. Las células de filtro se limpian de forma automática, en la medida de lo posible en el depósito de aceite. El polvo extraído de dicha limpieza se acumula en el depósito de aceite en forma de lodo y debe retirarse periódicamente según el volumen acumulado. Una vez al año deberá realizarse una limpieza a fondo.

### **4.3 MEJORAMIENTO DE LA PRODUCCIÓN**

#### **4.3.1. Mejoramiento en el trabajo de los filtros de aire.**

Con la implementación de este sistema de filtrado de aire evitaremos la paralización por cambios de bolsas filtrantes ya que este sistema posee una limpieza automática de las placas filtrantes.

Para la reparación de averías en este sistema de filtros húmedos, se debe observar las indicaciones de seguridad e instrucciones que encontrará en los diferentes parámetros que a continuación se detallan:

Cuadro N° 7 Mejoramiento en el trabajo de filtros de aire

<b>Avería</b>	<b>Causa</b>	<b>Reparación</b>
Caudal de aire demasiado bajo	Diferencia de presión demasiada alta	Compruebe las células de filtro y limpie o cámbielas si fuese necesario
Presión diferencial del filtro demasiado alta	Caudal de gas demasiado alto	Reducir el caudal de gas
	Dispositivo de control funciona de manera óptima.	Comprobar dispositivo Cámbielo si es necesario
	Aire secundario debido a puertas o bridas no herméticas.	Comprobar la posición de instalación de los elementos del filtro; comprobar las juntas de las puertas y bridas y reemplazarlas
	Se ha sobrepasado el punto de rocío	El filtro deberá operar a su temperatura prescrita; si no deberá aislarse mediante carcasa
	Material del filtro atascado	Cambiar filtro
Capacidad de separación demasiado reducida (niebla visible)	Falta de estanqueidad entre el filtro y la entrada de gas del dispositivo	Comprobar juntas, cámbielas si es necesario. Compruebe la colocación correcta de los filtros. Si es necesario, utilice filtros de una clase superior
	Avería de filtro	Cambiar filtro

Fuente: Manual de GEA  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

#### 4.3.2. Mejoramiento en los trabajos correctivos del motor

Con la implementación del sistema de filtro de aires bañados en aceite se evita la paralización del motor por falta de aire en la admisión del motor y

a su vez evita que las temperaturas de los cabezotes se eleven provocando la rotura de una válvula, que vaya a parar al turbo cargador y terminen averiando el mismo equipo en mención, las paralizaciones serán menos que antes por el cambio de un cabezote de la misma manera el esfuerzo del trabajador se reducirá, ya solo habrá paralizaciones por problemas mínimos que se resolverán de inmediato por mantenimientos programados. Tampoco se solicitará la paralización de los motores para el cambio de filtros de aire de admisión del motor ya que el sistema que se pretende implementar hará la limpieza automática con la rotación de las células filtrantes con el aceite.

#### Mantenimiento de filtros

- Apagar el ventilador y el motor y mantener un tiempo de espera de 10 minutos.
- Abra lentamente la válvula de servicio (tenga a mano una bayeta; podría gotear o derramarse aceite o emulsiones del interior).
- Desmunte los filtros en el sentido inverso en las indicaciones, limpie las células del filtro de metal en un baño de inmersión (utilice detergente si es necesario) a 60° C aprox. con un equipo de limpieza a alta presión, máx. 100 bares a 80 ° C aprox., y un detergente adecuado, por ejemplo Henkel P3-grato 12. No utilice una fresadora, ya que con esta máquina la estructura del filtro cambia completamente y, por tanto, la capacidad de filtración de éste ya no estaría asegurada. El mejor método de limpieza es el baño de ultrasonido. Para este baño también se utiliza agua a una temperatura de 60 °C aprox. y el detergente Henkel P3-saxin 5520. A continuación, enjuague las células con agua fría.
- Instale las células de filtro limpias de acuerdo con las indicaciones.
- Compruebe y limpie las juntas, válvulas y superficies de estanqueidad de las carcasas.

- Cierre la tapa de la carcasa y ponga en marcha el sistema.
- Si se acumula aceite o alguna emulsión en la carcasa del pre filtró, se descargará a través del tubo de vaciado.

#### 4.3.3. Mejoramiento en la producción

Sabemos que la producción total declarada de energía eléctrica de la central termoeléctrica Santa Elena III, es de 40 MW con 3 motores Caterpillar MAK 16CM43C de 13.3 MW cada uno y debido a las constantes paralizaciones de uno de los motores por la falta de aire en la cámara de admisión provocando una rotura en las tuberías del enfriador de aire, el motor esta sin producir aproximadamente 10 horas que es lo que le lleva al departamento de mantenimiento mecánico.

Cuadro N° 8 Producción de motores

Descripción	Motor	Generación
Potencia	1	13.3 MW.

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Cuadro N° 9 Total de producción de motores

Descripción	Cantidad de Motores	Generación
Potencia	3	39,9 MW

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Una paralización por un enfriador de aire:

Cuadro N° 10 Pérdida de paralización

Pérdida	10 horas	Mes	Anual
Dólares	170.000,00	340.000,00	4.080.000,00

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera

Con la instalación del nuevo sistema de filtrado evitaremos una pérdida de USD \$ 170.000 dólares de ingresos económicos para la empresa, que al mes representa una pérdida de USD \$ 340.000 dólares y de USD \$ 4.080.000 dólares anuales, ya que los motores produciendo generan un ingreso económico de USD \$ 17.000 dólares por hora.

#### **4.4. EVALUACIÓN, SEGUIMIENTO Y CONTROL**

##### **4.4.1. Evaluación y seguimiento de mejoras del sistema de filtro de aire**

El plan de mantenimiento sirve como base en caso de reclamos, por lo tanto hay que tener en cuenta especialmente en las indicaciones de Garantía y las instrucciones generales de seguridad y funcionamiento.

Trabajos de inspección diaria:

- ¿Las puertas de servicio son herméticas? sí / no
- ¿Las bridas de conexión están bien selladas? sí / no
- ¿Conserva su capacidad de captación el depósito recolector de polvo / aceite? sí / no
- ¿Se mantienen los filtros aparentemente apretados y en perfectas condiciones? sí / no
- ¿Se escapa polvo / aceite? sí / no
- ¿Sigue habiendo suficiente capacidad de extracción? sí / no

Otras interrogantes que se debe hacer es:

Se debe realizar una limpieza general de todo el equipo cada 12 meses

La última limpieza general se realizó (aquí va la fecha)

Si el depósito de humectante se encuentra lleno de lodo de polvo, vacíelo de manera respetuosa con el medio ambiente.

#### **4.5 Resultados esperados**

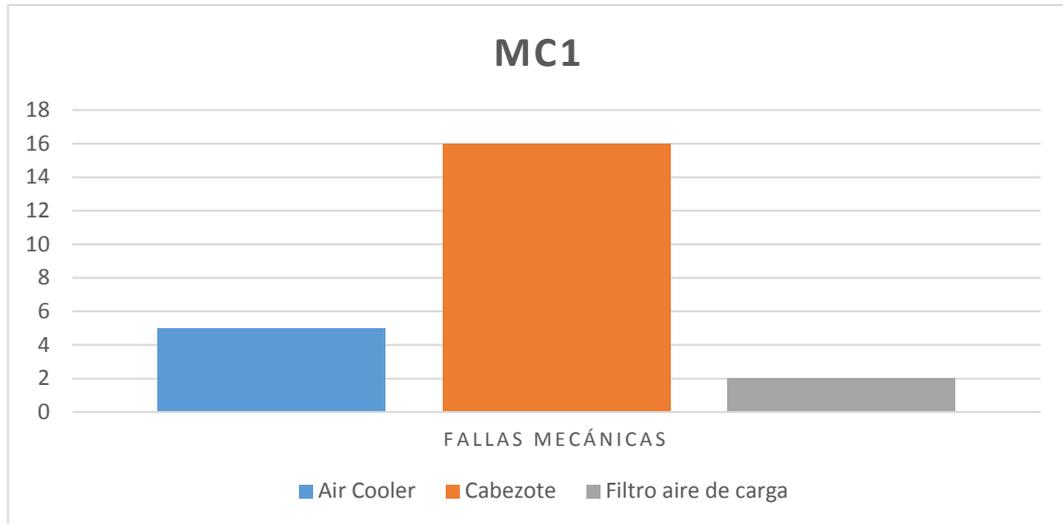
Los resultados esperados del presente trabajo ocasionan en mayor o menor frecuencia, por lo que debe ser manejable que permita nuevos requerimientos para tomar una ventaja ideal:

- Control y calidad de la potencia
- Confiabilidad del servicio
- Flexibilidad del servicio
- Oferta de energía
- Instalación de generación para ser distribuida

#### **4.6 Datos estadísticos de mejoramiento de la producción.**

En esta ocasión se consideró como ejemplo los trabajos que se realizan en el motor 1, por fallas mecánicas a causa de la mala filtración de aire con el sistema actual del mismo y demostramos la mejora considerable en la producción de este motor con la instalación del sistema de filtrado de aire bañados en aceite (filtros húmedos), eliminando por completo la paralización del motor por cambios de bolsas de filtros de aire, lo mismo sucederá con los otros dos motores manteniendo la producción óptima de la Central Termoeléctrica Santa Elena III.

Gráfico N° 25 Fallas mecánicas de MC1

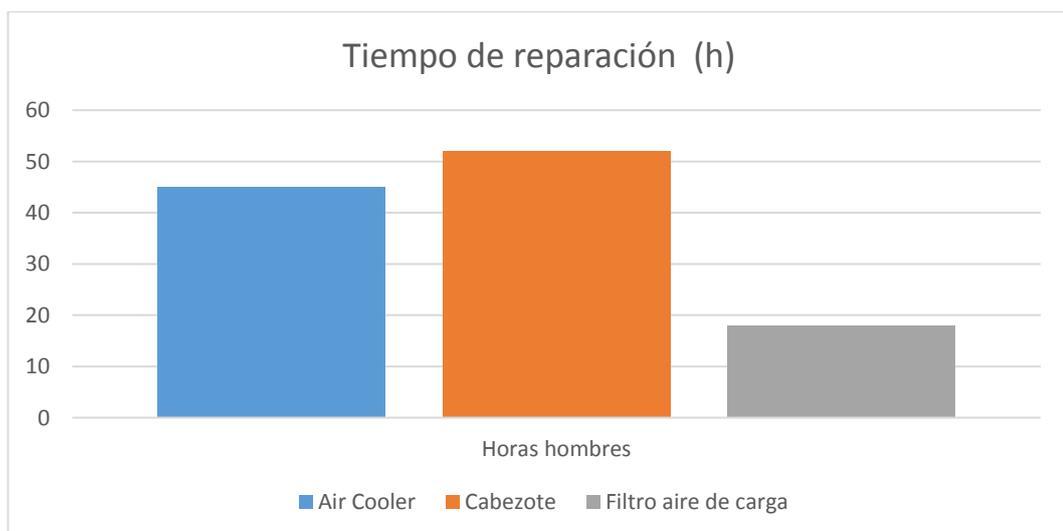


Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016)  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

**Análisis:**

En el gráfico No. 25, se observa la cantidad de fallas mecánicas más críticas en el motor 1 por consecuencia de escasa admisión de aire, la mayor cantidad de paralizaciones se dan por cambio de cabezotes por válvulas rotas a lo largo de un año.

Gráfico N° 26 Tiempo de reparación MC1



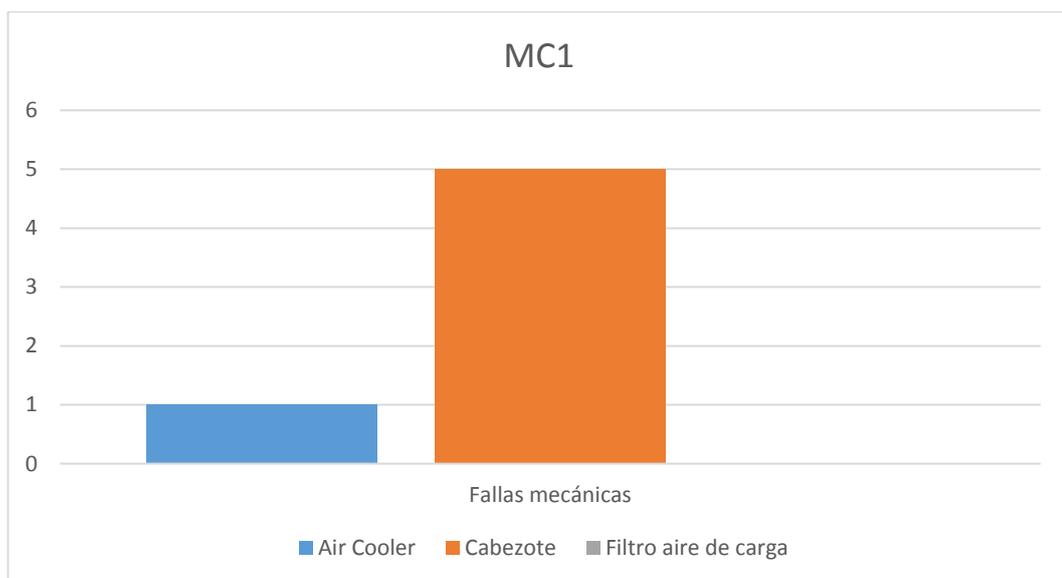
Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016)  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

### Análisis:

En el gráfico No. 26, se observa la cantidad de horas que ocupó el personal de mantenimiento mecánico para corregir las fallas por las cuales estuvo paralizado el motor 1, en cambio de cabezotes, reparación de air cooler y cambio de filtros de aire de carga.

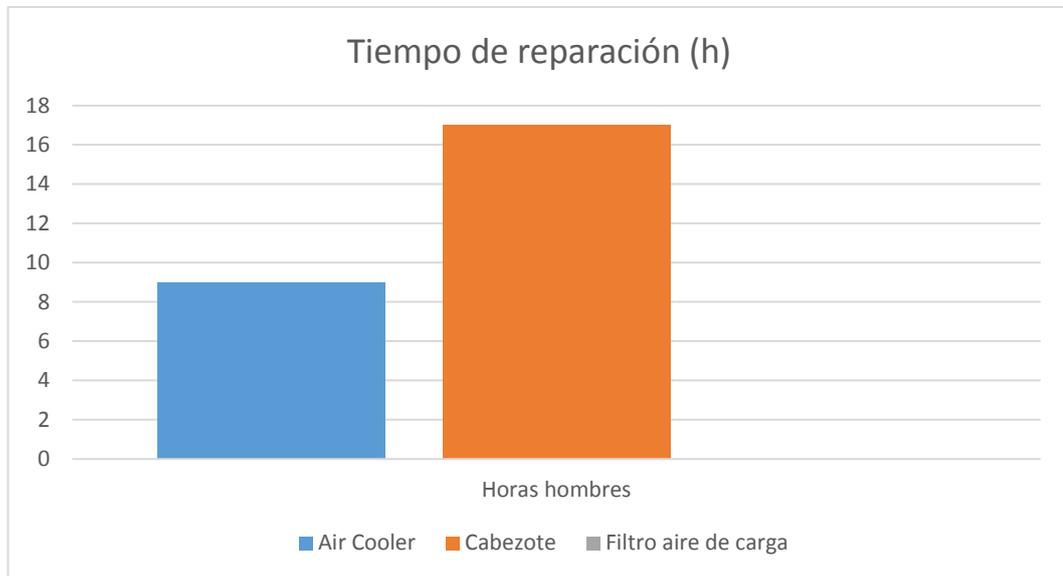
A continuación en los gráficos No. 27 y 28 se presenta la mejora en la eficiencia del motor uno que es el que se consideró para este ejemplo donde apreciamos la cantidad de tiempo que se reducirá en paralizaciones con el cambio del sistema de filtrado, el caso más notorio es la eliminación de paralización por cambio de filtros de aire de carga.

Gráfico N° 27 Fallas mecánicas de MC1



Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016)  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Gráfico N° 28 Tiempo de reparación MC1



Fuente: Datos del departamento mecánico CELEC - STA. ELENA (2016)  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## CAPÍTULO V

### ANÁLISIS DEL COSTO BENEFICIO

#### 5.1 Costo Beneficio

Con el análisis del costo beneficio del presente trabajo, es necesario la adecuada aplicación para lograr: Reducir pérdidas de energía mediante esta operación, disminuir el costo de operación y mejorar la calidad de servicio.

##### 5.1.1 Inversiones de mejoras y prevención

A continuación se presenta los rubros de las inversiones que se deben efectuar:

Cuadro N° 11 Inversiones en Activos

<b>Maquinarias</b>		<b>\$ 263.885,98</b>
3 Filtros húmedos RotaClean	\$ 223.885,98	
Grúa	\$ 20.000,00	
Oxicorte	\$ 15.000,00	
Soldadura	\$ 5.000,00	

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Las inversiones en activos ascienden a la cantidad de \$ **263.885,98** necesario para la instalación de los tres filtros de aire bañados en aceite para los tres motores y el alquiler de la grúa, compra de materiales para el oxicorte y soldadura.

## 5.1.2 Inversión en Activos

Cuadro N° 12 Total de inversiones

<b>Activos Fijos</b>	<b>PARCIAL</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Maquinarias</b>		<b>\$ 263.885,98</b>
3 Filtros húmedos RotaClean	\$ 223.885,98	
Grúa	\$ 20.000,00	
Oxicorte	\$ 15.000,00	
Soldadura	\$ 5.000,00	
<b>Vehículo</b>		<b>\$ 20.000,00</b>
Montacargas	\$ 20.000,00	
<b>Total</b>		<b>\$ 283.885,98</b>

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

La inversión de activos fijos se realizará en un total de \$ 283.885,98

## 5.1.3 Costos y gastos de la propuesta

Cuadro N° 13 Costos y gastos de la propuesta

<b>Equipos de computación</b>		<b>\$ 1.750,00</b>
Computador AIO HP 20-B305LA	\$ 1.500,00	
Impresora HP3515	\$ 250,00	
<b>Equipos de oficina</b>		<b>\$ 359,00</b>
Teléfono PANASONIC KXTG1711	\$ 82,00	
Celular SAM-S6810W	\$ 277,00	
<b>Muebles y Enseres</b>		<b>\$ 1.366,00</b>
Escritorio	\$ 600,00	
Sillón ejecutivo OMEGA (692112BL)	\$ 105,00	
Archivador	\$ 360,00	
Silla fija para visita OMEGA (692243BK)	\$ 84,00	
Papelera	\$ 14,00	
Basurero	\$ 20,00	
Pizarra	\$ 15,00	
Modulo secretaria/recepción	\$ 168,00	

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Los costos y gastos de la propuesta ascienden a la cantidad de \$ 1.750,00

Cuadro N° 14 Activos Diferidos

<b>Activos Diferidos</b>		<b>\$ 8.500,00</b>
Gastos de Elaboración del Proyecto	\$ 1.500,00	
Gastos de Investigación y Desarrollo	\$ 5.000,00	
Gastos de Capacitación Interna y Externa	\$ 2.000,00	

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

El valor por activos diferidos asciende a la cantidad de \$ 8.500,00 cuyos componentes son en gastos de elaboración del proyecto, gastos de investigación y desarrollo, y gastos de capacitación interna y externa.

Cuadro N° 15 Costo de mano de obra

<b>Descripción</b>	<b>Sueldo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Parcial</b>	<b>TOTAL</b>
<b>Mano de obra</b>				<b>\$ 7.066,00</b>
Ingeniero de obra	\$ 2.000,00	1	\$ 2.000,00	
Operador de grúa	\$ 1.200,00	1	\$ 1.200,00	
Jefe Soldador	\$ 1.500,00	1	\$ 1.500,00	
Ayudantes	\$ 400,00	5	\$ 2.000,00	
Secretaria	\$ 366,00	1	\$ 366,00	
<b>Total</b>				<b>\$ 7.066,00</b>

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

El valor por costo de mano de obra asciende a la cantidad de \$ 7.066,00 por la instalación de los tres sistemas de filtrado de aire bañados en aceite.

### Cuadro N° 16 Resumen total del proyecto

<b>Descripción</b>	<b>TOTAL</b>
Maquinarias	\$ 263.885,98
Equipos de computación	\$ 1.750,00
Equipos de oficina	\$ 359,00
Muebles y Enseres	\$ 1.366,00
Vehículo	\$ 20.000,00
Mano de obra	\$ 7.066,00
Activos Diferidos	\$ 8.500,00
<b>Total</b>	<b>\$ 302.926,98</b>

Fuente: Costo beneficio de la propuesta  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

El costo total del proyecto asciende al valor de \$302.926,98, existe una partida presupuestaria de Celec Ep Electroguayas para mejoramiento y actualización de equipos valorados en \$ 1.000.000, con lo cual se hará el respectivo proceso de contratación.

Se estima que en el lapso de dos años se recuperara la inversión de este proyecto incluyendo la depreciación de los equipos y gastos de mantenimientos e insumos.

## CONCLUSIONES

- Con la realización del estudio técnico de los motores MAK 16CM43C de la central termoeléctrica Santa Elena III, se ha podido determinar las constantes paralizaciones para mantenimientos correctivos por la falta de eficiencia en sistema de filtrado de aire de admisión.
- En el análisis de la situación actual de la Central Termoeléctrica de Santa Elena se ha identificado que la empresa pierde un aproximado de USD \$ 170.000 dólares de ingresos económicos en una paralización de 10 horas, la misma que al mes representa una pérdida de USD \$ 340.000 dólares y de USD \$ 4.080.000 dólares anuales, ya que por cada motor produciendo genera un ingreso económico de USD \$ 17.000 dólares por hora, en cuanto a la pérdida de la producción de energía eléctrica.
- Con el diagnóstico de los problemas que causan la paralización de producción debido al mal funcionamiento el sistema actual de filtrado de aire se ha determinado que el turbo cargador, air cooler y el cabezote son los componentes que presentan continuos daños.
- La instalación del sistema de aire de carga por medio de células filtrantes (filtros húmedos), de acuerdo a los estudios realizados es la solución más viable para mejorar la producción de energía eléctrica en los motores MAK 16CM43C de la Central Termoeléctrica Santa Elena (CELEC EP).
- Con el desarrollo de la propuesta obtendremos una mayor confiabilidad en los motores MAK 16CM43C, una disminución de horas hombre trabajadas, disminución de consumo y adquisición de repuestos por parte del departamento de mantenimiento mecánico al reducir los mantenimientos correctivos.

## RECOMENDACIONES

- Cambiando el sistema actual de filtrado de aire de admisión del motor, se evitaran las constantes paralizaciones para mantenimientos correctivos y la producción de energía de la central mejorará.
- Se deben adquirir los filtros de aire bañados en aceite o húmedos y mantener el nivel de aceite en los filtros para reducir la pérdida de producción y generar ingresos.
- Llevar un control minucioso de los mantenimientos en los motores MAK16CM43C para poder así identificar la causa raíz del problema y determinar si los filtros húmedos obtienen los resultados esperados.
- Tomar en cuenta las recomendaciones del fabricante para el mantenimiento de los filtros húmedos para obtener el 100% de la eficacia del equipo.
- El cambio de sistema mejora la producción de energía eléctrica para la demanda en el sistema nacional interconectado.

## BIBLIOGRAFÍA

- Acedo, J. (2013). *Instrumentación y control básico de procesos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Ahumada, F. (2001). *Materiales para el estudio del derecho administrativo económico*. Librería-Editorial Dykinson.
- Alvarez Angela Chong de. (2003). *Introducción a la Metodología de la investigación científica*. La Habana: Editorial: Pueblo y Educación.
- Bernal Carlos. (2013). *Metodología de la Investigación: Administración, Economía, Humanidades y Ciencias Sociales*. Bogotá, Colombia: Editorial: Pearson.
- Cansino, J. (2001). *Evaluar al sector público español*. Universidad de Sevilla.
- CELEC EP. (2013). *ELECTROGUAYAS*.  
<https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/quienes-somos/mision-y-vision>.
- CELEC EP. (2013). *Generación*.  
<https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/generacion/central-santa-elena>.
- CELEP EP. (2013). *Artículos*.  
<https://www.celec.gob.ec/electroguayas/index.php/component/content/article/9-uncategorised/24-inicio>.
- E. Mendez. (2006). *Metodología, Diseño y Desarrollo de Proceso de investigación*. Los Angeles: Limusa, Tercera Edición.
- Ecuador Inmediato. (2011). *Celec se prepara para entrada de nueva generación en Santa Elena*.  
[http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news\\_user\\_view&id=142748&umt=celec\\_se\\_prepara\\_para\\_entrada\\_nueva\\_generacion\\_en\\_santa\\_elena](http://ecuadorinmediato.com/index.php?module=Noticias&func=news_user_view&id=142748&umt=celec_se_prepara_para_entrada_nueva_generacion_en_santa_elena).

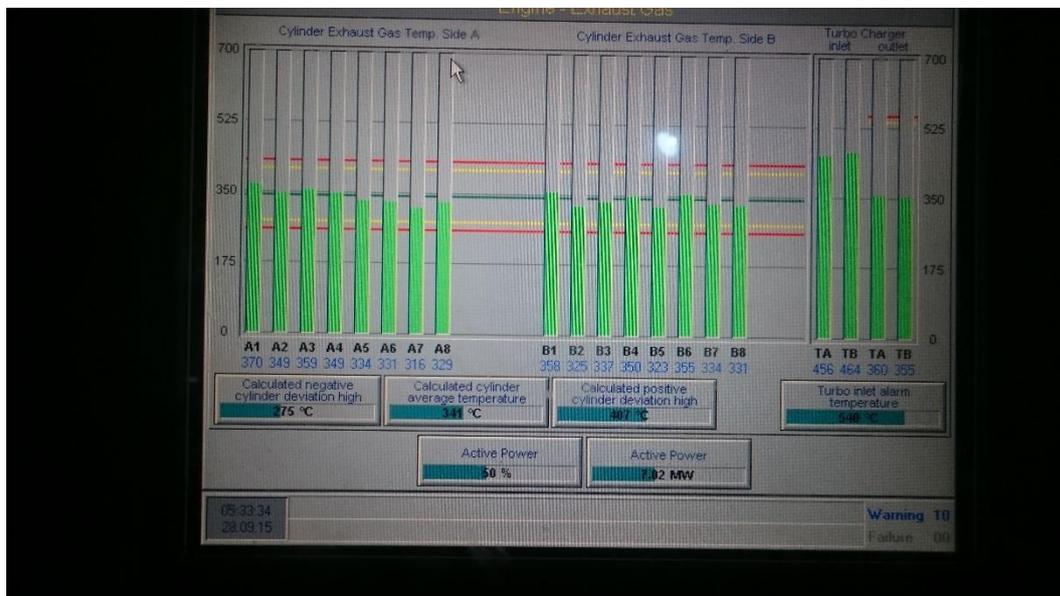
- GEA. (2015). *Manual de Filtros de Aire bañados en aceite*. Alemania: Print.
- González, J. (2009). *Gestión y logística del mantenimiento en automoción*. Alicante: Editorial Club Universitario.
- Gutiérrez M. Abraham. (2012). *Técnicas de investigación y metodología del estudio*. Colombia: Serie didáctica.
- Kroeger, A. (2000). *Economía de la salud: manual práctico para la gestión local da la salud*. Editorial Pax México.
- Mateo, P., González, A., & González, D. (2006). *Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales*. FC Editorial.
- Palma, J. (2003). *Programación concurrente*. Editorial Paraninfo.
- Suñe, A., Gil, F., & Arcusa, I. (2010). *Manual práctico de diseño de sistemas productivos*. Ediciones Díaz de Santos.
- Widman Richard. (1 de Junio de 2009). *Mantenimiento Mundial*.  
Obtenido de  
<http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/w70.pdf>

# **ANEXOS**

## Anexo N° 1 Formulario de control de filtros de aire

DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO MECANICO CSE II							
FORMATO DE CONTROL DE FILTROS DE AIRE DE LAS UNIDADES							
Filtro de aceite	Motor # 1						
SEMANA DE:	1001 16 de abril / 14						
TRABAJO DE MANTENIMIENTO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SEBADO	DOMINGO
horas de trabajo de la maquina	13464		13481	13504	13528		
Lectura de diferencial (Pascuales)			93 PA	83 PA			
Control de malla externa de filtrado	OK	limpia	limpia	limpia	limpia		
Control de corrosión en placas de filtrado	OK	OK	OK	OK	OK		
Control de malla protectora de panel principal	OK	limpia	limpia	limpia	limpia		
Control de permea de estructura	OK	OK	OK	OK	OK		
Control de las bolsas de filtrado	Sol limpiar	Sol limpiar	Sol limpiar	Sol limpiar	Sol limpiar		
Cambio de bolsas de filtrado							
FILTRO DE AIRE DE VENTILACION POWER HOUSE (parte posterior)							
Lectura de diferencial (Pascuales)	26		26	26	26		
Control de las bolsas de filtrado	limpio	limpio	limpio	limpio	limpio		
FILTRO DE AIRE DE VENTILACION POWER HOUSE (parte frontal)							
Lectura de diferencial (Pascuales)	20		28	28	28		
Control de las bolsas de filtrado	limpio	limpio	limpio	limpio	limpio		
TOTAL HORAS DE TRABAJO							
FECHA	08:44	13:28	08:56	09:00	08:42		
HORA	10/11/14	11/11/14	12/11/14	13/11/14	14/11/14		
FIRMA	Jose Herrera						
Observaciones	Lunes: Se malla metalica esta dañada						
	Martes: Se cose y se limpia la malla metalica.						

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.



## Anexo N° 2 Temperaturas de cabezotes

Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

Anexo N° 3 Válvula rota



Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

#### Anexo N° 4 Sistema actual de filtrado de aire



Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 5 Formulario de Entrevista

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
<b>ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA</b>	
Fecha de realización:	
<b>ENTREVISTA</b>	
<b>OBJETIVO:</b> Determinar y diagnosticar los problemas que causan la paralización de producción debido al mal funcionamiento del sistema actual de filtrado de aire.	
<b>INDICACIÓN GENERAL:</b> En cada pregunta marque la respuesta que usted considere oportuna de acuerdo a su criterio	

Preguntas:

1. ¿La empresa cuenta con un plan de mantenimiento claramente definido para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?  
.....
2. ¿Existe el acceso a información técnica para realizar el trabajo mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?  
.....
3. ¿Usted considera que es necesario una capacitación técnica para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?  
.....
4. ¿El espacio físico donde se realizara los trabajos de mantenimiento y reparación para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite está bien distribuido?  
.....
5. ¿Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento para el Sistema de filtrado de aire bañados en aceite?  
.....
6. ¿Usted considera que la empresa cuenta con un programa de mantenimiento que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para motores MAK 16CM43C?  
.....
7. ¿Usted considera que la empresa cuenta con recursos y herramientas necesarias para efectuar el mantenimiento en todas los motores MAK 16CM43C?  
.....
8. ¿Usted considera que la empresa cuenta con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para efectuar su respectivo mantenimiento para motores MAK 16CM43C?  
.....
9. ¿La empresa realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/ o mecánico?  
.....
10. ¿Usted considera que la empresa está preparada para un imprevisto de paralización de los motores MAK 16CM43C?  
.....

**Gracias por su colaboración.**

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 6 Formulario de Encuesta

	<b>UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
<b>ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA DE LOS MOTORES MAK 16CM43C DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA (CELEC EP), UBICADA EN EL CANTÓN SANTA ELENA, PROVINCIA DE SANTA ELENA</b>	
Fecha de realización:	
<b>ENCUESTA</b>	
<b>OBJETIVO:</b> Determinar y diagnosticar los problemas que causan la paralización de producción debido al mal funcionamiento del sistema actual de filtrado de aire.	
<b>INDICACIÓN GENERAL:</b> En cada pregunta marque la repuesta que usted considere oportuna de acuerdo a su criterio	

**VI = Sistema de filtrado de aire bañados en aceite**

**VD = Mantenimientos correctivos en los motores MAK 16CM43C.**

### Preguntas:

1. ¿Existe un plan de mantenimiento claramente definido para el **Sistema de filtrado de aire bañados en aceite**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
2. ¿Usted tienen acceso a información técnica para realizar el trabajo mantenimiento preventivo y correctivo para **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
3. ¿Reciben algún tipo de capacitación técnica por parte de la empresa para el **Sistema de filtrado de aire bañados en aceite**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
4. ¿El espacio físico donde se realiza los trabajos de mantenimiento y reparación está bien distribuido?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
5. ¿Cree usted que los recursos humanos son suficientes para realizar el mantenimiento a las máquinas?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
6. ¿Usted considera que la empresa cuenta con un programa de mantenimiento que abarque los tipos de mantenimiento preventivo y correctivo para **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
7. ¿Usted considera que la empresa cuenta con recursos y herramientas necesarias para efectuar el mantenimiento en todos los **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
8. ¿Usted considera que la empresa cuenta con un cronograma que les permita la paralización de la maquinaria para efectuar su respectivo mantenimiento en los **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
9. ¿Usted considera que la empresa cuenta con un stock de repuestos para cada máquina en el momento que se da mantenimiento para **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
10. ¿Cada que tiempo la empresa realiza evaluaciones del desempeño laboral de cada operario y/ o mecánico?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
11. ¿Usted considera que la empresa planifica la paralización de los **motores MAK 16CM43C**?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca
12. ¿Usted considera que el mantenimiento a los **motores MAK 16CM43C** es el correcto?
 

Siempre
 Rara vez
 Nunca

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 7 Características del aceite



Fuente: Observación directa

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 8 Placa del motor del filtro húmedo



Fuente: Observación directa

Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 9 Esquema de distribución de energía eléctrica



Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.

## Anexo N° 10 Motores MAK 16C43C



Fuente: Observación directa  
Elaborado por: Jefferson Tomalá Rivera.



