

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE NICARAGUA  
(UNAN-MANAGUA)**

**RECINTO UNIVERSITARIO RUBÉN DARÍO  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS  
INGENIERÍA INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**



**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE  
INGENIERO INDUSTRIAL Y DE SISTEMAS**

**TEMA:**

**Propuesta de un diagnóstico de mantenimiento preventivo ajustado a las condiciones de explotación de los motores Himsen 921/32, de la batería 8, en la planta che Guevara VI, ubicada en el municipio de Nagarote en el periodo de enero a julio del año 2015.**

**Elaborado Por:**

**Br.Ramón Enrique Umaña Aburto.  
Br.Darreyl Ramón Morales.**

**Tutor:**

**Ing.David cárdenas.**

**León, Nicaragua, octubre de 2015.**

## INDICE

I.RESUMEN .....	6
II.INTRODUCCION .....	7
III.ANTECEDENTES .....	10
IV.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	11
V.JUSTIFICACIÓN.....	12
VI. OBJETIVOS.....	13
6.1 Generales.....	13
6.2 Específicos.....	13
VII.GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	14
7.1) Lineamientos de La empresa .....	15
7.2) Descripción del proceso de generación de energía eléctrica a base de combustible diesel heavy fuel oil.....	15
7.3) Organigrama de la empresa.....	18
VIII.MARCO REFERENCIAL.....	22
8.1) Marco Teórico .....	22
8.2) Marco Conceptual .....	27
8.3) Marco Espacial.....	37
8.3.1) Macro localización.....	37
8.3.2) Micro localización.....	37
IX.) PREGUNTAS DIRECTRICES .....	38
X. DISEÑO METODOLÓGICO.....	39
10.1) Enfoque de la investigación.....	39
10.2) Tipo de investigación.....	39
10.3) Selección de la muestra.....	39

10.4) Tamaño de muestra .....	39
10.5) Instrumentos de recopilacion de datos.....	39
10.6) Operacionalizacion de las variables.....	41
XI. ANALISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS.....	42
11.1) Caracterización de la tecnología de equipos o Grupo Electrógenos.....	45
11.2) Análisis de la situación actual de los motores Hyundai Himsen 9H 21/32..	55
11.3) Detección analítica-estadística de fallas en la batería número 8 de los motores Hyundai Himsen 9H 21/32.....	57
11.4) Esquema básico del bajo rendimiento de los motores Hyundai en Alba Generación Nagarote por el diagrama causa y efecto.....	77
11.5) Análisis del costo de indisponibilidad de los equipos en la planta che Guevara VI. ....	94
11.6) Factores que afectan el funcionamiento de los motores Hyundai en la empresa Alba Generación.....	99
XII. CONCLUSIONES.....	104
XIII. RECOMENDACIONES.....	106
XIV. BIBLIOGRAFIA.....	107
XV. ANEXOS.....	108.

## Índice de Figuras:

Figura VI. 1: Organigrama Alba Generación.	18
Figura VI.2: Diagrama de mantenimiento.	20
Figura X. 3: Vista lateral de los componentes de un Electrógeno.	50
Figura X. 4: Vista frontal de los componentes de un Electrógeno.	52
Figura X. 5: Estadística de los mantenimientos de Alba Generación.	59
Figura X.6: Grafico de fallas MDU 29.	66
Figura X.7 : Grafico de 27000 horas MDU 29.	67
Figura X.8: Grafico de fallas del MDU 30.	70
Figura X.9: Grafico de comportamiento de los cilindros MDU 31.	72
Figura X.10: Análisis causa raíz de falla de altas temperatura de escape de cilindros.	78
Figura X.11: Alta temperatura en gases de escape de los cilindros.	81
Figura X.12: Diagrama de Ishikawa en cambio de culata.	83
Figura X.13: Diagrama de Ishikawa en alteración del índice del gobernador.	85
Figura X.14: Diagrama de Ishikawa en cambio o lavado mecánico turbo compresor.	86
Figura X.15: Diagrama de Ishikawa en regulación de cremalleras.	87
Figura X.16: Diagrama de Ishikawa en mantenimiento de bombas de inyección.	92
Figura X.17: Diagrama de Ishikawa en cambio de filtro de aceite.	93

## Índice de Tablas:

Tabla 1: Operacionalización de las variables .....	41
Tabla 2: Capacidad instalada de matriz eléctrica .....	42
Tabla 3: Descripción de los elementos de un Electrógeno.....	46
Tabla 4: Especificaciones de los motores Himsen Hyundai 9H21/32.....	49
Tabla 5; Especificaciones del tipo de combustible utilizado. ....	55
Tabla 6: Hoja de descripción de falla. ....	62
Tabla 7: Índice de regulación de cremalleras vs temperatura de los cilindros....	62
Tabla 8: Mantenimiento de 24000 horas en MDU 29.....	65
Tabla 9: Registro de fallas MDU 29, mantenimiento 27000 horas. ....	66
Tabla 10: Registro de Fallas MDU 30. Mantenimiento 24000 horas. ....	68
Tabla 11: Registro de fallas MDU 30, mantenimiento 27000 horas. ....	69
Tabla 12: Registro de fallas MDU 31, mantenimiento 24000 horas. ....	71
Tabla 13: Registro de fallas MDU 31, mantenimiento 27000 horas. ....	72
Tabla 14: Registro de fallas MDU 32, mantenimiento 24000 horas. ....	73
Tabla 15: Registro de fallas MDU 32, mantenimiento 27000 horas. ....	74
Tabla 16: Costos de indisponibilidad por averías del mes de enero. ....	95
Tabla 17: Costo de indisponibilidad por averías del mes de febrero .....	95
Tabla 18: Costo de indisponibilidad por averías del mes de marzo .....	96
Tabla 19: Costo de indisponibilidad por averías del mes de abril.....	96
Tabla 20: Costo de indisponibilidad por averías del mes de mayo.....	97
Tabla 21: Costo de indisponibilidad por averías del mes de junio.....	98
Tabla 22: Costo total por paro de los equipos.....	98
Tabla 23: Porcentaje de ocupación de los costos a causa de altas temperaturas de los gases de escape en los cilindros .....	99

## Índice de anexos.

Anexos1: Estructura jerárquica del mercado eléctrico.....	108
Anexos2: Flujo grama de procesos de alba Generación Nagarote.....	109
Anexos 3: Carta régimen de la empresa alba Generación Nagarote.....	110
Anexos 4: Recepción del combustible fuel oil (HFO).....	114
Anexos5: Tanques de sedimentación fuel oil y tanques de diésel.....	114
Anexos6: Área de motores Hyundai Himsen.....	115
Anexos7: Panel eléctrico de los motores Hyundai Himsen.....	115
Anexos8: Reparación de paneles de control.....	116
Anexos 9: Mantenimiento de turbocompresor.....	116
Anexos 10: Desmontaje del turbo compresor .....	117
Anexos 11:Extracción del turbo compresor .....	117
Anexos 12: Lavado del radiador .....	118
Anexos 13: Regulación de las cremalleras.....	118
Anexos 14: Medición del índice de inyección.....	119
Anexos 15: Sistema de regulación de inyección de combustible.....	119
Anexos 16: Depósito de aceite usado para la lubricación.....	120

## I. RESUMEN:

La planta termo eléctrica che Guevara 6 se encuentra ubicada en el departamento de León municipio de Nagarote, inicio sus operaciones el 3 de junio del 2010 perteneciendo al consorcio venezolano Nicaragüense ALBA-NICARAGUA S.A. (ALBANISA), posee una capacidad efectiva de 12.8 MW donde laboran de forma permanente 115 personas entre operarios, mecánicos y personal administrativo.

Los mantenimientos preventivos y correctivos en la empresa ALBA-GENERACION Nagarote carecen de una supervisión adecuada dentro de los procedimientos establecidos previamente por los fabricantes así como de las ejecuciones de los mismos en tiempo y forma. De igual manera la calidad de los materiales o repuestos utilizados para la reparaciones varia, por el cambiante sistema de proveedores que la empresa utiliza, sumado a la mala calidad del Fuel Oil utilizado como combustible en los motores y la falta de inversión en repuestos de alta calidad para los mantenimientos de la batería 8 de la planta Che Guevara 6 que los componen los motores 29, 30, 31 y 32.

La metodología utilizada en la investigación es de carácter mixto ya que contiene un análisis cuantitativo y cualitativo de los datos estadísticos utilizados en las bases de datos por el departamento de programación de mantenimiento e la interpretación de los datos obtenidos en entrevistas realizadas. Con una muestra conformada por 12 mecánicos, 2 operarios y 3 personas del área de logística encargado de la programación en conjunto de las operaciones, mantenimiento y despachos de combustible en tiempo y forma.

Entre las causas principales que generan el aumento de los mantenimientos correctivos se encuentran, alta temperatura en los gases de escape en los cilindros debido a trabajo deficiente en las bombas de inyección, mala calidad del fuel Oil, poca hermeticidad en los aros de los cilindros y pistones, problemas de sistema de enfriamiento. Cambio de culata debido a fisura que generan fugas de agua, válvu-

las de culata dañadas, mala hermeticidad de la cámara de combustión, ORING de culata y camisa de culata dañada. Alteración del índice del gobernador debido a altas vibraciones, errores en ejecución de mantenimientos, falta de capacitación de mecánicos en el referente a gobernadores. Cambio de turbo compresor debido a mantenimiento inadecuados por falta de capacitación del personal del departamento de mantenimiento

El análisis de costo por indisponibilidad de los equipos por las fallas antes mencionadas, refleja que en el mes de enero fue de \$ 6052.21, febrero fue de \$ 365.74, Marzo que registra la pérdida equivalente a \$ 10712.24, abril se registra una pérdida de \$ 4354.48, mayo con la pérdida más alta equivalente a \$ 24554.35 en concepto de energía no generada o aportada al sistema interconectado nación SIN. Junio \$ 4062.71 lo cual nos indica que situación técnica de los motores no es eficiente ya que siempre se registran pérdidas no programadas en los equipos.

El mes de mayo representa el 49% de los costos por fallas de los equipos con respecto al total de fallas en donde de los cuatro motores de la batería 8, el MDU 30 adsorbió un costo de \$ 20125.28 representando el 40.16% de los costos totales de la batería 8 en concepto por alta temperatura en los gases de escape de los cilindros siendo el principal problema encontrado en el análisis de falla, seguido del MDU 32 con un 26.46% y el MDU 31 con un 18.48 %. Siendo la pérdida total en la batería 8 de \$ 47886.

## II. INTRODUCCIÓN

La implementación de nuevas tecnologías para la generación de energía eléctrica es punto de vital importancia para poder garantizar que el país pueda desempeñar todas sus operaciones necesarias y pertinentes, para que una sociedad pueda alcanzar un gran desarrollo en todos los ámbitos socioeconómicos y culturales. De ahí la importancia de una buena estrategia de planificación de los mantenimientos encaminada a la preservación de los equipos que forman parte de estas plantas y que intervienen en el proceso de obtención de la energía eléctrica.

Estas tecnologías son utilizadas para la producción de energía eléctrica, donde en la estructura del sector eléctrico forman parte de los agentes del mercado conformado por los productores, transmisores, distribuidoras, grandes consumidores y el mercado eléctrico regional (MER); entidades operadoras como el centro nacional de despacho de carga (CNDC) y el ente operador regional (EOR) así como las entidades reguladoras conformadas por el ministerio de energía y minas (MEM) el instituto nicaragüense de energía (INE) y la comisión regional de integración eléctrica (CRIE)

Actualmente la matriz energética está compuesta por un 47% de energía no renovable y un 53% de energía renovable, desde la fuente primaria de energía donde la energía térmica está compuesta por la empresa GEOSA, ENEL, CENSA –Amfels, energética de Corinto, Tipi tapa Power Company, GESARSA-ENEL, y el conglomerado de alba Generación Che Guevara I,II,III,IV,V,VI,VII,VIII,IX, Hugo chaves fritas I, II. Con la transformación de la matriz energética en años futuros, estas plantas se mantendrán en operación, pero sin expansión significativa.

En base a la tecnología que se utiliza, en la energía térmica del conglomerado de alba generación utiliza los motores Himsen 9H21/32 de 4 tiempos de inyección directa acción simple con un turbo compresor que inyecta el aire a la cámara de combustión, 9 cilindros velocidad de 900 rpm, 200kw de potencia por cilindro

a una razón de compresión de 17.1 y una potencia de motor de 1800kw. Esta tecnología tiene acoplado además a un motor de arranque que se encarga de mover el motor de combustión interna través de un solenoide de arranque. El combustible es suministrado al equipo por unas tuberías que vienen de los tanques de servicio previamente tratados para su utilización en el proceso de generación de la energía eléctrica

Esto es fundamental para garantizar la energía al mercado nicaragüense mediante la estabilización del voltaje, la frecuencia de la señal, del sistema de interconectado nacional a través de las fuentes de energía térmicas, Hidroeléctrica y eólica. Para mantener estos parámetros dentro de los rangos de operación se hace determinante el control del suministro de la potencia activa que es la que produce la transferencia de la energía y de la potencia reactiva necesaria para que el sistema eléctrico funcione adecuadamente.

### III. ANTECEDENTES:

Alba generación es una empresa que está conformada por un conglomerado de plantas generadoras a base de combustible diésel entre las que están la planta Hugo chaves frías, planta Che Guevara I (tipi tapa), planta Che Guevara II, IV, V ubicadas en Masaya, la planta che Guevara III en el municipio de Managua , la planta Che Guevara VI, VII,IX ubicada en el municipio de Nagarote León , y la planta Che Guevara VIII en el municipio de león.

La empresa Alba Generación en total posee una capacidad nominal de 291.20 MW/H y una capacidad efectiva de 276.86 MW/H. ; Para el presente estudio se evaluara la gestión del mantenimiento en la planta Che Guevara VI ubicado en el municipio de Nagarote león. Su sistema de mantenimiento está basado en los manuales otorgado por los fabricantes de los motores Himsen9H21/32 en los cuales se encuentra descrita a detalle los componentes que está compuesto cada motor y la forma en que cada uno debe ser intervenido u operado.

El antecedente más importante con respecto a estudio de mantenimiento realizado para el funcionamiento de la planta solidaria Nagarote fue realizado por la empresa de mantenimiento **Grupos Electrógenos** Fuel Oil con la creación de un manual de procedimiento de mantenimiento, en el cual está contenido la mayoría del sistema de mantenimiento que la planta utiliza hasta el día hoy en sus instalaciones.

No existe un estudio para la creación de un diagnóstico que pueda considerarse como antecedente a la realización de este trabajo basado en las condiciones o grado de explotación de la maquinaria en la planta Guevara del municipio de Nagarote.

#### IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Para garantizar el buen funcionamiento de la tecnología conformada por equipos componentes y dispositivos de índole mecánica, eléctrica y electrónica es necesario realizar mantenimientos preventivos y predictivos que permitan darle sostenibilidad a la empresa debido a los altos costos que representa adquirir nuevas tecnologías. En el caso específico de esta investigación se trabaja con una tecnología de equipos que está destinada a la generación de energía eléctrica, utilizando como materia prima el fuel Oil más aditivos, los cuales son suministrados a motores Himsen 9H 21/32 más el aire para la generación de la combustión incluyendo los agentes detonadores (Chispa).

Para que se puedan realizar estos procesos de generación de energía eléctrica, es necesario garantizar recursos como mano de obra, materiales, métodos, máquina y medio ambiente, estos acompañados con su debida administración supervisión, control, monitoreo, seguimiento.

Los mantenimientos preventivos y correctivos en la empresa ALBA-GENERACION Nagarote carecen de una supervisión adecuada dentro de los procedimientos establecidos previamente por los fabricantes así como de las ejecuciones de los mismos en tiempo y forma. De igual manera la calidad de los materiales o repuestos utilizados para la reparaciones varia, por el cambiante sistema de proveedores que la empresa utiliza, así como la falta de inversión en la calidad de los mismos.

Los sistemas de capacitación al personal de mantenimiento es débil, no existe un sistema de capacitación establecido que pueda ayudar a los mecánicos a ampliar su horizonte de posibles soluciones a los problemas generados por los motores Himsen 9H 21/32 batería 8 de la planta Che Guevara 6. El combustible utilizado para la generación o bien Fuel Oil es de una calidad media-baja lo cual afecta al funcionamiento de los mismos de manera negativa aumentando los costos de mantenimiento.

## V. JUSTIFICACIÓN:

Con la realización de este trabajo investigativo se pretende beneficiar a la empresa ALBA-GENERACION Nagarote Che Guevara 6 con la mejora de sus sistemas de mantenimiento y aumento de la eficiencia de sus motores de generación eléctrica mediante propuesta de mejora que reduzcan los costos de mantenimiento y la identificación de las causas principales que generan costos dentro del funcionamiento de la empresa como es la calidad del Fuel Oil y mala calidad de repuestos.

Se Mejorara el sistema de trabajo de los mecánicos encargados de los mantenimientos que están directamente relacionados con la ejecución de las reparaciones. Al aumentar su conocimiento técnico al realizar sus labores.

## VI.OBJETIVOS:

### ➤ GENERAL:

Proponer un programa de mantenimiento preventivo ajustado a las condiciones de explotación de los motores Himsen 9 H21/32 de la batería 8, en la planta Che Guevara IV, ubicada en el municipio de Nagarote en el periodo de enero a julio de 2015.

### ➤ ESPECÍFICOS:

1. Caracterizar la tecnología de equipo relacionada a la generación de energía eléctrica y su manutención.
2. Analizar la efectividad o rendimiento de los motores **Himsen 9H21/32** en base a los reporte del Centro Nacional de despacho de carga (CNDC).
3. Identificar fallas y consecuencias detectadas en la ejecución del mantenimiento a los motores.
4. Evaluar técnica y económicamente el programa de mantenimiento. .

## VII.GENERALIDADES DE LA EMPRESA:

La planta termoeléctrica Che Guevara( Nagarote) ubicada en el departamento de león inicio sus operaciones el 03 de junio del 2010, perteneciendo al consorcio Venezolano-Nicaragüense Alba Nicaragua S.A. (**Albanisa**),con una aportación de 48 megavatios al sistema interconectado Nacional (**SIN**).

La capacidad instalada de la planta de generación Nagarote correspondería a una parte importante del total de la capacidad instalada actualmente en el país, que subió en los últimos dos años a poco más de 800 megavatios, según datos del Ministerio de Energía y Minas (**MEM**).La inversión ejecutada en la nueva planta asciende a 51.24 millones de dólares, que incluyen la compra de maquinarias y el montaje de todo el sistema de infraestructura. El jefe de montaje electromecánico en la planta Nagarote, Domingo Centeno, señaló que en Nicaragua hay unos 573 mil clientes que consumen menos de 150 kilovatios hora de energía por mes. En ese sentido, para términos comparativos la planta Nagarote puede llegar a cubrir a unos 148 mil 540 clientes aproximadamente. Centeno manifestó que actualmente en la planta laboran 115 personas de forma permanente. No obstante, durante su construcción albergó a más de 500 trabajadores.

La planta térmica fue inaugurada por el Presidente de la República, Daniel Ortega, dentro de la estrategia del gobierno sandinista de “cero apagones”. Con la entrada en operaciones de la planta Nagarote más los 40 megavatios que son aportados por las plantas que donó el Gobierno de la República de China Taiwán el año pasado, pero que son administradas por Albanisa, se eleva la potencia de generación de Nicaragua hasta los 808 megavatios de potencia.

Según las estadísticas publicadas en su página web por el Ministerio de Energía y Minas la capacidad instalada de la empresa Alba Generación compuesta por las plantas Hugo Chaves Frías, Che Guevara I, II, III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, es de 291.20 MW de capacidad nominal total y de 276.86 MW de su capaci-

dad efectiva en base a la producción real, representando un 22.58% del promedio de la energía aportada al sistema de interconectado nacional (SIN) por todas las empresas del sector eléctrico.

De estos datos podemos decir que en este caso la plantas Che Guevara VI y VII ubicadas en el municipio de Nagarote generan 12.8MW y 38MW respectivamente

## **7.1) Lineamientos de la empresa:**

### **7.1.1) Visión:**

Ser líder en producir energía eléctrica, con recursos nacionales en armonía con el medio ambiente, garantizando la operación de los sistemas: generadores de distribución y comercialización de su competencia, al menor costo.

### **7.1.2) Misión:**

Ampliar la capacidad de producción de la energía eléctrica en Nicaragua, desarrollando proyectos con fuentes nacionales de energía primaria rentables. Administrar la generación, distribución y comercialización de la electricidad de su competencia, con calidad, haciendo uso eficiente de la energía mediante la introducción de métodos, procesos, equipos, maquinarias, aplicaciones y recursos humanos calificados que aseguren la rentabilidad de la empresa.

## **7.2) Descripción del proceso de generación de energía eléctrica a base de combustible: diésel heavy fuel oil (HFO).**

El combustible llega al planta en carros cisternas los cuales son conectados a dos válvulas para permitir el paso del combustible, una vez que este ha pasado por el filtro, es succionado por una de las dos bombas de recepción P-101A/B ubicadas en la casa de bombas con un flujo de  $50\text{m}^3/\text{h}$  y una presión de descarga de 3,5 bar. Las bombas tienen un manómetro antes y después de su conexión para la medición de la limpieza, diferencia de presión y ejecutar cuando presente partícu-

las de suciedad. El combustible es impulsado por los impelentes de la bomba de recepción y lo descarga hacia el cabezal de entrada de los tanques de recepción T-101<sup>a</sup>/B. En la Casa de Bombas se encuentran las bombas de transferencia P102A/B que poseen un flujo de 27m<sup>3</sup>/h y una presión de descarga de 3,5 bar. Los tanques de fuel-oíl poseen un calentador de boca para garantizar que la temperatura del combustible se mantenga en la succión de las bombas aproximadamente a 70°C y por tanto realicen un menor trabajo durante el trasiego. Las bombas envían el combustible hacia los tanques de almacenamiento (settling) de todas medio. El combustible es succionado por la bomba de impulso de las purificadoras M-101A/B donde ocurre el proceso de separación de los sólidos y el agua, que consiste en aislar mezclas de líquidos integradas por dos componentes, eliminando al mismo tiempo los sólidos en suspensión en los líquidos para luego enviar el combustible limpio a una temperatura aproximada de 90°C a los tanques de servicio los cuales tienen una capacidad de 10m<sup>3</sup>, estos poseen en su interior un calentador para asegurar que el combustible salga a 90°C.

El combustible líquido es llevado desde los tanques de servicio al tanque de verteo por medio de las bombas de suministro P-106A/B, las cuales tienen un flujo de 3,4m<sup>3</sup>/h y una presión de descarga de 6 bar. Antes de entrar al tanque de verteo el combustible pasa por un fluxómetro para contabilizar el consumo de combustible. El propósito del tanque de verteo es asegurarla salida de las emanaciones de gases producto del combustible caliente y asegurar un equilibrio gradual mezclando el combustible caliente del motor con el combustible más frío del tanque de servicio. El suministro de combustible a los motores es asegurado por las bombas booster P-107A/B. Estas bombas tienen que asegurar la presión del combustible entre 7 y 10 bar que requiere el sistema, por lo que son denominadas bombas reforzadoras. Antes de entrar el combustible al motor pasa por un calentador para asegurar la viscosidad requerida ya que la misma asegura la calidad en la inyección del combustible en un rango entre 12y18Sct. Este parámetro es censado por un viscosímetro que regula la entrada de vapor al calentador para

con posterioridad pasar por un auto filtro Alfa Laval con filtro de 20 donde el fuel queda listo para su inyección en el motor.

El sistema diésel se utiliza para el arranque y parada. El diésel se almacena en un tanque de  $100\text{m}^3$  que recibe el combustible por dos bombas de recepción P-103A/B, de las que se mantiene una en reserva, con un flujo de  $25\text{m}^3/\text{h}$  y una presión de descarga de 2,5bar. El combustible es bombeado del tanque por 3 bombas de transferencia P-104A/B/C a un cabezal común con un regulador de presión que mantiene la presión a 5 bar en la línea, de donde es impulsado hacia las válvulas de entrada de combustible de cada motor pasando a los inyectores en los que se produce la combustión y la conversión de la energía térmica en energía mecánica para mover el rotor del generador y producir la energía entregada al Sistema Eléctrico Nacional.

El sistema de combustible inyecta el fuel oil en los cilindros donde ocurren los procesos de admisión, compresión, explosión y escape, transmitiendo esta energía al cigüeñal, produciendo el torque necesario para mover el generador trifásico acoplado al motor, creando una corriente inducida y con ella un campo magnético que produce una potencia eléctrica.

### 7.3) Organigrama de la empresa:

La empresa Alba Generación es una empresa que se encuentra estructurada en 5 áreas fundamentales. A como se presenta en la siguiente figura:

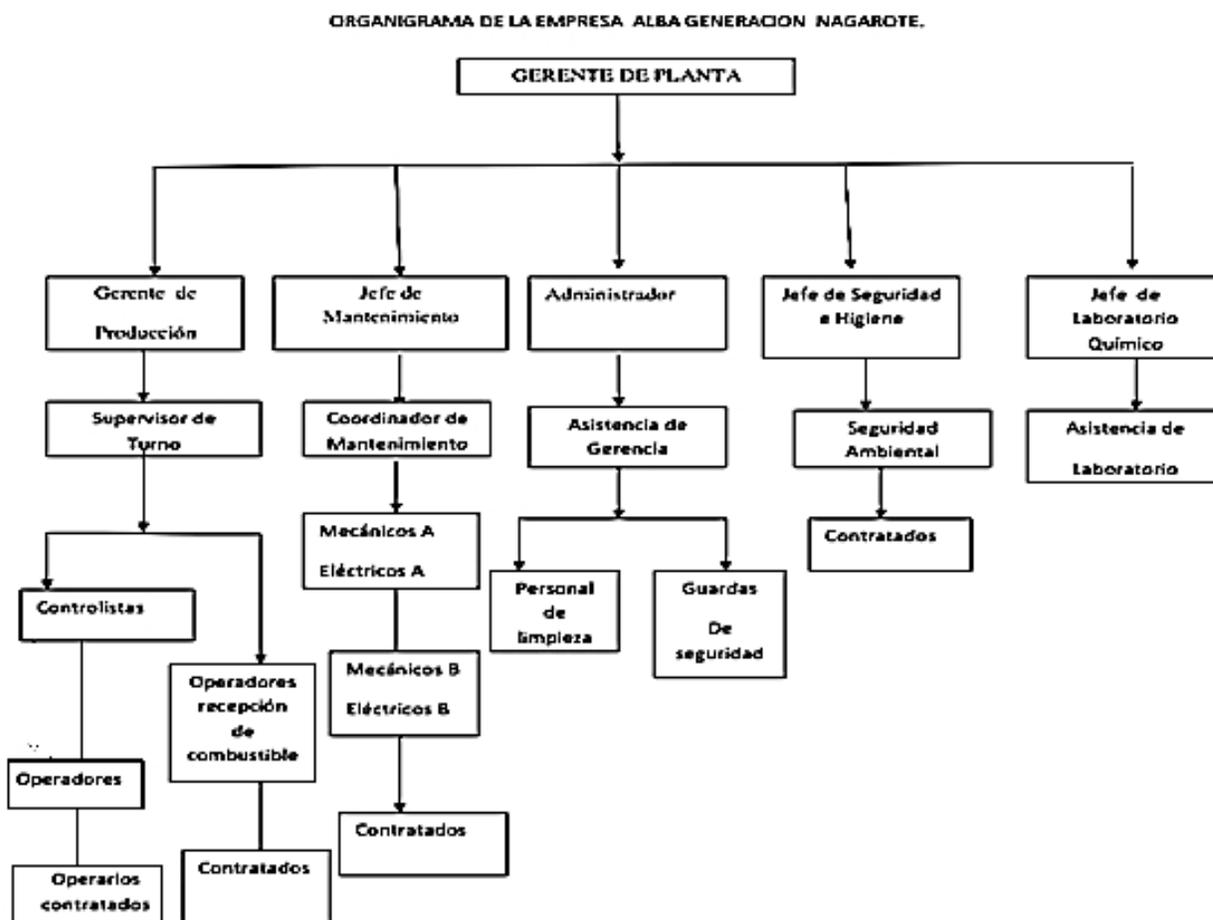


Figura VI. 1: Organigrama Alba Generación.

Fuente: Alba Generación Nagarote.

A continuación se detallara el funcionamiento de cada una de las áreas establecidas en el organigrama de la empresa que se presenta en la figura VI.1:

El área de producción se encarga manejar el proceso de generación de energía eléctrica desde la recepción de la materia prima, que es el combustible diésel o fuel oil pasando por los operadores de las máquinas y el personal sub-

contratado hasta el supervisor de producción y los controlistas de producción regidos por la gerencia de producción.

La segunda área de la empresa es el área de mantenimiento que está encargada de realizar las planificaciones pertinentes para garantizar el buen funcionamiento de los equipos que intervienen dentro de proceso de transformación de la energía térmica producida por el combustible en energía eléctrica mediante un conjunto de maquinarias que van desde la purificadoras , tanques de almacenamiento hasta los electrógenos con sus componentes entre los que están el motor de combustión interna , generador , motor de arranque etc. El personal de esta área está conformado por el jefe de mantenimiento, los mecánicos, eléctricos y el personal subcontratado para realizar mantenimientos varios.

El área de administrativa está conformada por la gerencia administrativa, el asistente de la gerencia, personal de seguridad dentro de la planta.

El área de seguridad e higiene se encarga de las funciones referentes a los planes de acondicionamiento de las normas de seguridad para el manejo de las diferentes operaciones dentro de la empresa , identificando los puntos críticos de control , riesgos químicos , mapas de riesgo y zonas de seguridad del personal ante posibles incidentes de cualquier tipo. Manejo de los equipos de seguridad etc.

Y por último y no menos importante está el área que maneja el laboratorio químico ,encargado del control de todas las muestras de los niveles y calidad de aceite utilizados para la lubricación , la calidad del tipo de combustible que es tratado mediante las purificadoras para que el nivel de partículas pesadas estén dentro de los estándares permitidos. Así también registra los parámetros referentes a los niveles de temperatura, presión y los aditivos utilizados dentro del sistema de enfriamiento (agua dura) concentraciones de alcalinos y silicio etc. En el siguiente esquema se detalla la jerarquía dentro de la empresa Alba Generación - Nagarote.

Para la realización de los programas de mantenimientos dentro de la empresa se hace uso de un diagrama de un flujo de datos para la toma de decisión a como se muestra en la figura VI.2 que se presenta a continuación:

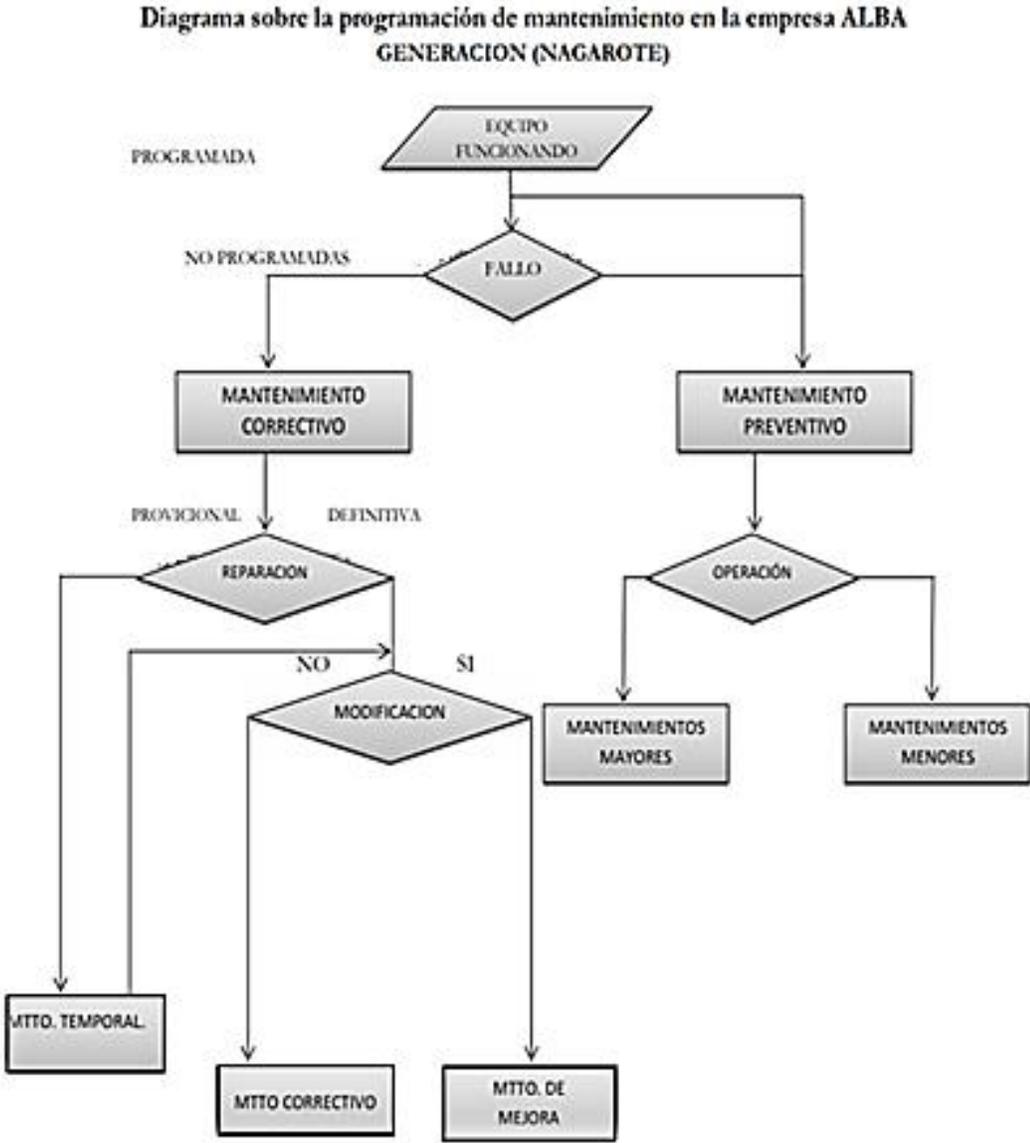


Figura VI.2: Diagrama de mantenimiento.  
Fuente: ALBA Generación Nagarote.

En este diagrama se refleja las acciones que se deben tomar cuando ocurre un fallo forzoso en los equipos y que no está contenido en las programaciones de los mantenimientos eso posibilita la aplicación de un mantenimiento correctivo

definiendo si la operación que se realiza para la corrección de la falla es definitiva o provisional para el restablecimiento de las operaciones de la planta y cuando se debe realizar los mantenimientos preventivos mediante la planeación de las operaciones que se deben llevar a cabo para la preservación de los equipos, estableciendo si se necesita una reparación menor o la aplicación de una reparación mayor debido al ciclo de vida útil de cada uno de los maquinarias debido a su grado de explotación y manejo por parte de los operadores de la planta así como de las condiciones ambientales donde se encuentran localizados.

## VIII.MARCO REFERENCIAL

### 8.1) Marco Teórico:

El concebir los recursos ( equipos , instalaciones y construcciones ) como un medio para concebir un fin , nos permite orientar adecuadamente los trabajos de mantenimiento que sobre ellos se realicen en dependencia del servicio que presten.

Un aparato o dispositivo es creado de tal forma que proporciona un servicio con la calidad suficiente para dar satisfacción a una necesidad ,por tanto es lógico pensar que si la maquina fue diseñada adecuadamente , sus componentes cumplen una función y que en conjunto todos son necesarios, es deber entonces que el personal de mantenimiento debe orientar sus esfuerzos a garantizar el funcionamiento de cada uno de ellos y preservar así sus atributos .

Una vez que la maquina trabaja adecuadamente esta brindara el servicio de forma óptima, pero al pasar el tiempo se va observando que la calidad de este se va reduciendo mediante las pruebas por lo que es necesario realizar los arreglos necesarios en la maquina estos tipos de arreglos deben calificarse como mantenimiento preventivo ya que con ello se previene que la calidad del servicio continúe dentro de los parámetros establecidos. Sin embargo si la maquina no se atiende a tiempo provocara paros o fallas que imposibilite su funcionamiento esperado por tanto es necesario realizar los arreglos pertinentes que hagan que la maquina vuelva a colocarse dentro del margen de funcionamiento mediante un mantenimiento correctivo puesto que se está corrigiendo la deficiencia del servicio.

Por tanto según Doungé (2003):

“Se llama mantenimiento correctivo como a la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones o construcciones cuando a consecuencia de alguna falla, han dejado de prestar la calidad del servicio esperado. Y mantenimiento preventivo la actividad humana desarrollada en equipos, instalaciones

o construcciones con el fin de garantizar que la calidad del servicio que estos proporcionan continúe dentro de los parámetros establecidos” (p.18).

Para esto se nos hace importante definir el concepto de preservación Dounge (2003) lo establece como “ la acción humana encargada de evitar daños a los recursos existentes mediante la aplicación de los conocimientos científicos y técnicos ,este caso relacionado con los equipos y maquinas que satisfacen una necesidad mediante la protección o mejoramiento de sus componentes que le permitan un mayor ciclo de vida” (p.18).

Aunque existe una frontera entre El concepto de conservación de la maquinaria se hace necesario la utilización de unas herramientas para el análisis de las fallas mediante la identificación de los problemas y las causas que dan origen a estos y los efectos que repercuten en la desmejora de la productividad de estos, mediante la utilización de diagrama de causa y efecto(Ishikawa) o espina de pescado desarrollado por el japonés Kaoru Ishikawa nos ayuda analizar las causas que ocurren de algún defecto que nos interese analizar.

Dounge (2003) cita que:

Wilfredo Pareto descubrió que el efecto ocasionado por varias causas tiene una tendencia bien definida, ya que aproximadamente “el 20% de las causas originan el 80% del efecto, y que el 80% de las causas restantes son responsables del 20% del resto del efecto”. A estas causas responsables del 80% del efecto se le conocen como causas vitales y a las restantes ambas una zona pequeña que, sin ser causas vitales, tampoco son triviales por lo que se les llama causas de transición o causas importantes (p.19).

Los procedimientos para cómo se debe aplicar el diagrama de Pareto son abordados por Dounge (2003, p.20) donde establece Los ocho pasos que se deben seguir para aplicar el principio de diagrama de Pareto:

Identificar el efecto que deseamos analizar y el objetivo por alcanzar.

Hacer un análisis de las causas que originan el efecto, definiendo el valor de contribución de cada una.

Asignar el efecto completo el valor del 100% y determinar el porcentaje relativo de contribución de la causa basándose en su valor individual

Ordenar las causas de mayor a menor con base en su contribución y llenar la tabla de datos.

Elaborar el diagrama de Pareto y con su apoyo analizar el problema.

Identificar las causas vitales y tomar acciones correctivas en forma cuidadosa y específica

Identificar las causas importantes o de transición y tomar acciones globales.

Identificar las causas triviales y posponer su solución para cuando haya oportunidad de realizarse.

Teniendo en cuenta la información pertinente en cuanto a las causas que originan los fallos se deben implementar Las políticas de mantenimiento según Doung (2003) las encontramos generalmente en 4 formas:

Intervención de mantenimiento correctivo: intervenciones después de la falla, ejemplo espero que ocurra la falla y después lo remedio lo antes posible. Intervención de mantenimiento preventivo: intervenciones que toman lugar antes que ocurra la falla, ejemplo realizar acciones regulares de mantenimiento antes que ocurra las fallas para evitar problemas en el funcionamiento de los equipos. Intervención de mantenimiento predictivo: intervenciones que toman lugar en ciertas condiciones alcanzadas, cuando el monitoreo de la condición indique que un signo vital dentro del funcionamiento del equipo alcanza un umbral de falla potencial en el programa de mantenimiento. Intervención de mantenimiento detective: se aplica a los aparatos que solo necesitan trabajar cuando son re-

queridos y no se sabe cuándo ellos están en falla, ejemplo realizar chequeo a los detectores de humo (p.21).

Para la implementación del trabajo se hace necesario conocer los principales conceptos referentes a los motores de combustión interna con un ciclo de 4 tiempos

Martínez (2007) cita en su libro que:

“Todo combustible tiene una energía interna que puede ser transformada en trabajo, entonces, en los motores de combustión interna, la energía utilizada para que el motor realice un trabajo es la energía interna del combustible. Esta energía interna se manifiesta con un aumento de la presión y de la temperatura (explosión), que es lo que realizará un trabajo” (p.12).

(Martínez, 2007) afirma:

“ los motores de combustión interna fueron ideados por **Alphonse de Rochas** y más tarde mejorado por **Nikolaus August Otto**, hoy en día son utilizados dentro del proceso de generación de la energía eléctrica”(p.17) Por tanto se necesita conocer sus componentes principales para tener claro las medidas o acciones que se deben tomar para la conservación y preservación de cada uno de ellos.

El motor diésel es la maquina térmica más eficiente de todos los tiempos , superando al **ciclo Otto** con creces, ese rendimiento se consigue y a que al entrar solo aire, en el tiempo de compresión es más fácil de comprimir el aire sin problemas de detonaciones y realizando más trabajo. En contrata partida la velocidad del motor es limitada, ya que para que se encienda la mezcla se necesita un volumen de aire mínimo así Martínez (2007, pp.18-19) establece las 4 fases del ciclo diésel:

1. **Admisión:** es el momento en el que el pistón está en el punto más alto (PMS), la válvula de admisión se abre y el propio pistón por el vacío que se crea dentro del cilindro aspira aire fresco hasta llegar al punto más bajo del cilindro (PMI).

2. **Comprensión:** después del ciclo de admisión el pistón se encuentra en el punto más bajo (PMI), en este punto la válvula de admisión se cierra y el pistón empieza a ascender comprimiendo el aire hasta llegar al punto más alto del cilindro (PMS).
3. **Expansión:** una vez que la mezcla es comprimida, el inyector inyecta el combustible dentro del cilindro, la propia presión del aire asciende la mezcla, aumentando la presión en el cilindro y haciendo descender el pistón hasta el punto más bajo del cilindro (PMI), en esta carrera de expansión es donde se realiza el trabajo útil.
4. **Escape de gases:** cuando el pistón llega al punto más bajo (PMI), se abre la válvula de escape, y el pistón empieza a ascender empujando los gases quemados hacia el exterior, en el momento que llega al punto más alto del cilindro (PMS) la válvula de escape se cierra.

Melgar (2011, p.9) establece que según el proceso de combustión los motores se pueden clasificar en: “motores de Motor de encendido provocado (MEP, motor Otto) Por lo general el combustible entra en el cilindro ya mezclado con el aire. Al final de la compresión se dispone de una mezcla de aire y combustible más o menos homogénea. La combustión se inicia por una causa externa, generalmente una chispa eléctrica mientras que un Motor de encendido por Compresión (MEC, motor Diésel) El fluido admitido en el cilindro es solo aire sin combustible. Al final de la carrera de compresión (mayor que en los MEP) se inyecta en el cilindro el combustible y debida a las altas temperaturas y presiones el combustible se auto inflama “

Para que la mezcla se auto inflame según Melgar (2011, p.85)

“es necesario que se den una serie de pre reacciones químicas. Estos fenómenos requieren un tiempo que se denomina tiempo de retraso o inducción, éste es menor cuanto mayor es la presión y la temperatura. Transcu-

rrido el tiempo de retraso si la combustión normal no ha concluido se producirá la auto inflamación. La intensidad de la detonación está muy ligada a la masa de mezcla que sufre la auto inflamación. Esta viene caracterizada fundamentalmente por el porcentaje de mezcla que se auto inflama y por el grado de carga del motor”.

Se hace determinante la renovación de la carga dentro el proceso de combustión así cita Melgar (2011)” La renovación de la carga es el proceso por el cual tiene lugar la sustitución de los productos quemados por mezcla sin quemar (aire en los motores diésel) con el fin de repetir el proceso termodinámico que tiene lugar en el motor”. Para un motor en unas condiciones de funcionamiento dadas cuanto mayor sea el rendimiento volumétrico mayor será el gasto de aire y consecuentemente mayor será la potencia (p.127).

## **8.2) Marco Conceptual:**

### **Acción Correctiva:**

Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad detectada u otra situación indeseable. (leon jaime, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.4).

**Acción preventiva:**

Acción tomada para eliminar la causa de una no conformidad potencial u otra situación potencial mente indeseable. (leon jaime, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.4).

**Avería:**

Es el deterioro, ruptura o detención en el funcionamiento del equipo o sistema, provocado por factores internos o externos, que interrumpen temporalmente el proceso productivo, ocasionando pérdidas materiales afectaciones en la producción y que puede ocasionar daños en las personas. (leon jaime, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.4).

**Árbol de leva:**

Es el elemento encargado de abrir y cerrar las válvulas en el momento preciso. (Martinez, 2007, p.23).

**Anillos:**

También llamados segmentos, son los encargados de mantener la estanqueidad de compresión en la cámara de combustión montados en la parte superior del cilindro (Martinez, 2007, p.23).

**Abrasión:**

Desprendimiento de partículas de polvo de los metales que trabajan en los rozamientos de cada una de las piezas en los componentes de los motores. (Gutierrez Quispe, 2015).

**ASTM:**

Normativa internacional que mantiene un sólido liderazgo en la definición de los materiales y métodos de prueba en casi todas las industrias, con un casi monopolio en las industrias petrolera y petroquímica. Nuestros miembros crean los métodos de prueba, especificaciones, clasificaciones, guías y prácticas que apoyan las industrias y los gobiernos de todo el mundo., está

entre los mayores contribuyentes técnicos del ISO. (ASTM international, 2015).

### **Bloque motor.**

Es la parte más grande del motor es donde se instalan los cilindros , donde los pistones suben y bajan, también se instalan los espárragos de unión con la culata y pasa el circuito de refrigeración y de lubricación (Martinez, 2007, p.27).

### **Bujías:**

Es la pieza encargada de dar una chispa alcanzar la temperatura suficiente para encender el carburante está situada en la cámara de combustión. (Martinez, 2007, p.32).

### **Biela:**

Es la pieza encargada de transmitir al cigüeñal la fuerza recibida del pistón. Formada por tres partes los pies que une al pistón por medio del Bulón, el cuerpo que asegura la rigidez de la pieza, y la cabeza que gira sobre el codo del cigüeñal. (Martinez, 2007, p.27).

### **Bolones:**

Es el elemento que se utiliza para unir el pistón con la Biela permitiendo la articulación de la misma. (Martinez, 2007, p.27).

### **Culata:**

Es la parte superior del motor donde se encuentra la válvula de admisión y escape, el eje de leva, las bujías y la cámara de combustión, también contiene los conductos de combustión y lubricación al igual que el bloque de motor. (Martinez, 2007, p.27)

### **Carter:**

es la parte inferior del motor donde se encuentra el cigüeñal, los cojinetes de cigüeñal, y el volante de inercia. en el carter esta depositado el aceite y sistema de lubricacion y en la parte inferior tiene un tapon para el vaciado (Martinez, 2007, p.30).

**Cilindros:**

Es una cavidad de forma cilíndrica donde los pistones realizan las carreras de admisión, compresión, expansión, y escape de gases. Las paredes son totalmente lisas fabricadas de aleaciones de aluminio, níquel y silicio y magnesio en fundición. (Martinez, 2007, p.32).

**Cigüeñal:**

Es un eje provisto de manivelas y contrapesos donde generalmente se ubican orificios de lubricación, es el encargado de transformar el movimiento de la Biela en movimiento rotatorio o circular. (Martinez, 2007, pág. 32)

**Cojinete:**

Son los encargados de unir la biela con el cigüeñal para evitar que haiga rozamiento para evitar pérdidas por rozamiento y averías, tienen forma de media luna y se colocan entre el cigüeñal y la cabeza de las Bielas. (Martinez, 2007, p.32)

**Cámara de combustión:**

Es un espacio vacío ubicado en la culata donde tiene lugar la combustión del aire y el combustible (Martinez, 2007, p.32)

**CRIE:**

Comisión Regional de Interconexión Eléctrica - CRIE Creada por el Tratado Marco del MER. Es el organismo encargado de realizar la regulación del Mercado eléctrico Regional y de aprobar los reglamentos que lo rige. (INE, 2015)

**Carta de régimen:**

Documento donde se refleja el rango de variación de los parámetros tecnológicos y curvas de comportamiento ante diferente porcentos de carga. (leon jaime, hernandez veloz, & cumbrera Aviles, 2011, p.5).

**Confiabilidad:**

Probabilidad que el equipo cumpla la función específica bajo condiciones de uso determinadas en un periodo de tiempo determinado. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.5).

**Control de régimen:**

Acciones que realiza el personal enfocado al monitoreo de parámetros identificados y con criterios de aceptación reflejados en la carta régimen con el objetivo de mantener los equipos operando bajo condiciones controladas y tomando acciones bajo desviación de parámetros para evitar averías (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.5).

**Cst:**

La medida más común en la mecánica Se conoce como viscosidad cinemática, o “centistock” abreviada Cst y se representa por  $V$ . Para calcular la viscosidad cinemática basta con dividir la viscosidad dinámica por la densidad del fluido. Cuando un laboratorio mide la viscosidad, mide esta resistencia y cruza con una tabla (manual o automática) para reportar la viscosidad Cst (WIDMAN INTERNATIONAL SRL, 2005, p.2).

**Corrección:**

Solución de la falla, poniendo en función al equipo. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.5).

**Capacidad efectiva:**

Es una reducción de la capacidad de diseño para reflejar condiciones típicas de funcionamiento. Es un índice de la producción para condiciones existentes en un momento dado. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.5).

**Capacidad o diseño nominal:**

Es la capacidad de diseño para reflejar condiciones ideales de funcionamiento. Es un índice de la producción para el que conceptualmente se diseñó su funcionamiento. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011, p.5).

**Centro Nacional de Despacho de Carga (CNDC):**

Es la unidad responsable de la operación del sistema de interconectado nacional. Cuyas funciones están contenidas en la ley de industria eléctrica, sus reglamentos y normativas en la que se establecen sus competencias. (INE, 2015, p.3).

**Cremallera:**

Es la encargada de modificar los tiempos de inyección del combustible. Esta cremallera es movida por el pedal del acelerador a través de una palanca y su desplazamiento modifica la posición de la rampa helicoidal de los pistones. Para transmitir este movimiento usa un sector dentado en cada elemento, que es actuado por la cremallera. La posición que esta toma por la posición del acelerador puede variar por el mando regulador, como se verá más adelante. Una de ellas es la posición de paro, que corta el suministro de combustible a los inyectores. (alonso, 2007)

**Coque:**

Es un combustible sólido formado por la destilación de carbón bituminoso calentado a temperaturas de 500 a 1100 °C sin contacto con el aire.<sup>1</sup>El proceso de destilación implica que el carbón se limpia de alquitrán, gases y agua. Este combustible o residuo se compone en 90 a 95% de carbono. Nitrógeno, oxígeno, azufre e hidrogeno están presentes en cantidades menores. Es poroso y de color negro a gris metálica. (GARCÍA-MUNTÉ ENERGÍA, 2015, p.5).

**Eficacia:**

Cumplimiento de los objetivos con el máximo beneficio. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbre Aviles, 2011, p.5)

**Emisiones gaseosas:**

Emisión a la atmosfera de gases producto de la que de diferentes combustible a través de una chimenea (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbre Aviles, 2011, p.5).

**Fiabilidad:**

Probabilidad de que las instalaciones, maquinas o equipos, se desempeñen satisfactoriamente sin fallar, durante un periodo determinado, bajo condiciones específicas

**Filtros de aire:**

Es el encargado de limpiar el aire que proviene del exterior quitándole todas las impurezas que pueden haber en la atmosfera (polvo, arena) etc. (Martinez, 2007, p.19).

**Guía de asientos de las válvulas:**

las guías son casquillos en forma alargada introducidos en los agujeros realizados en la culata para alojarlos, dentro de los cuales se deslizan las válvulas. Los asientos donde se coloca la válvula en el momento en que está cerrada para que haiga estanqueidad (Martinez, 2007,p.19).

**Hermeticidad:** prueba de hidrostática que se utiliza para detectar fugas o deformación física en los cilindros. ( Norma Covenin, 1997).

**HFO (heavy fuel oil):**

El término «fuel oil pesado» se refiere a distintas mezclas de combustibles líquidos de origen mineral de alta viscosidad La base esencial para el fuel oil pesado son los petróleos crudos que se extraen en todo el mundo (Crude Oil). (GRUPO SAACKE INTERNACIONAL, 2015)

**Junta de culata:**

Es una lámina muy fina fabricada generalmente de acero y de otros materiales como asbesto, latón, caucho y bronce, es la encargada de sellar la unión entre la culata y el bloque de cilindros. (Gutierrez Quispe, 2015)

**Mantenimiento correctivo:**

Se trata de reparar una avería durante la operación. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbre Aviles, 2011,p.18).

**MJ/Kg:**

Unidad de medida que significa la cantidad de mega joule de energía necesaria para hacer un kilogramo de producto).

**Mantenimiento por oportunidad:**

Acciones de mantenimiento para ser ejecutadas cuando la potencia se encuentra en régimen de reserva/o avería, sin que afecte la generación. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011).

**MER:**

Es la instancia que tiene por objetivo desarrollar el Mercado Eléctrico Regional (MER) y facilitar el cumplimiento de los compromisos establecidos en el Segundo Protocolo al Tratado Marco del MER, así como coordinar la interrelación con el resto de organismos regionales: la CRIE y el EOR.

**Mantenimiento planificado:**

Consiste en las tareas previamente planificadas para que se ejecuten periódicamente, basadas en hora de operación o tiempos. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011)

**Sistema interconectado nacional (SIN):**

Conjunto de todos los elementos que participan directamente en la generación, transformación y distribución de la energía eléctrica formando una operación conjunta, abarca todas las instalaciones conectadas a la red eléctrica nacional.

**Disponibilidad:**

La proporción del tiempo durante el cual un sistema o equipo estuvo en condiciones de ser usada. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011)

**Mantenibilidad:**

Probabilidad de que la maquina o el equipo pueda ser reparado específica a un tiempo dado, de acuerdo a su mantenimiento sea realizado en base a ciertas metodologías y recursos determinados con anterioridad. (leon jaimé, hernandez veloz, & cumbreira Aviles, 2011).

**Tiempo de entrega:**

El cumplimiento de los plazos previstos y estos son variables considerando su gran importancia. (leon jaimé, hernández veloz, & cumbreira Aviles, 2011,p.6).

**T/C:** siglas abreviadas de turbo compresor.

**Meses de mantenimiento programado:**

Meses acordados entre el comprador y el vendedor para efectuar el programa de mantenimiento anual requerido por las plantas en acuerdo al programa anual de mantenimiento que consolida el CNDC. (leon jaimé, hernández veloz, & cumbreira Aviles, 2011,p.6).

**Salida por mantenimiento:**

Una interrupción o reducción de la potencia de generación de una o de más plantas que no sea una salida programada que el vendedor solicita al CNDC como mantenimiento mayor, mantenimiento menor, o mantenimiento de emergencia. (leon jaimé, hernández veloz, & cumbreira Aviles, 2011)

**Sedimentos:**

Son componentes sólidos de distinto tamaño granular que provienen del petróleo crudo. Pueden precipitarse como lodo en los tanques, obturar filtros y causar, en parte, una abrasión significativa en las bombas, válvulas y pastillas de atomización. Como los sedimentos no combustionan, permanecen en la caldera como depósitos o son descargados con los efluentes gaseosos. (GRUPO SAACKE INTERNACIONAL, 2015)

**Odómetro:**

Es un instrumento de medición que calcula la distancia total o parcial recorrida por un cuerpo (generalmente por un vehículo) en la unidad de longitud en la cual ha sido configurado (metros, millas). Su uso está generalizadamente extendido debido a la necesidad de conocer distancias, calcular tiempos de viaje, o consumo de combustible

**Válvulas:**

**Van** ubicadas en la cámara de combustión y son los elementos encargados de abrir y cerrar los conductos por donde entra la mezcla de aire y combustible y por donde salen los gases de combustión. (leon jaime, hernandez veloz, & cumbrera Aviles, 2011).

**Volante motor:**

Es una pieza circular que ofrece una resistencia a ser acelerado o desacelerado por lo que mantiene constante la velocidad del motor para que no haya una caída de revoluciones por minuto(rpm). (Martinez, 2007)

**Junta de estanqueidad:**

Es un componente de material adaptable que sirve para sellar bien la unión de las caras mecanizadas de los elementos de cierre de las cajas de transmisiones y genéricamente en cualquier elemento hidráulico y/o neumático, que llevan lubricante en su interior. Estas evitan que haya fuga de lubricante.

**Viscosidad:**

Es la resistencia de un líquido a fluir. **La medida más común en la mecánica** Se conoce como viscosidad cinemática, o “centistock” (WIDMAN INTERNATIONAL SRL, 2005)

**Grado API:**

Es una medida de cuánto pesa un producto de petróleo en relación al agua. Si el producto de petróleo es más liviano que el agua y flota sobre el agua, su grado API es mayor de 10. Los productos de petróleo que tienen un grado API menor que 10 son más pesados que el agua y se asientan en el fondo. (WIDMAN INTERNATIONAL SRL, 2005).

## 7.3) MARCO ESPACIAL

### 7.3.1) Macro localización:

La Planta Che Guevara vi donde se está elaborando el estudio se encuentra ubicada en el departamento de león, municipio de Nagarote

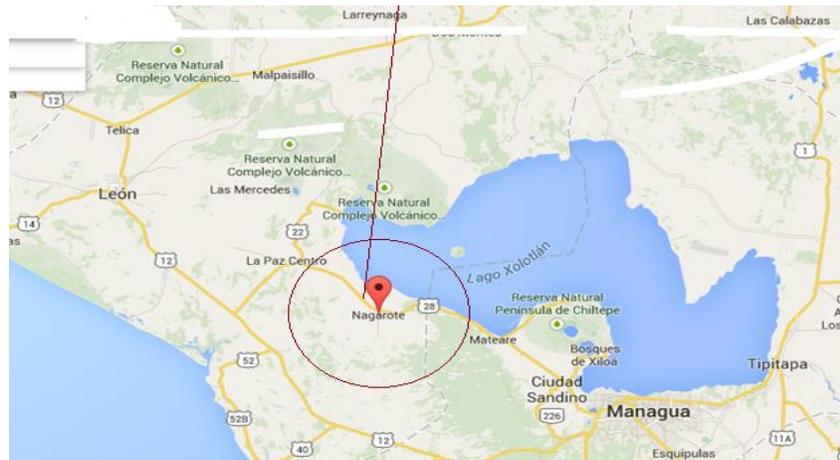


Figura VII.12.

Fuente: google map

### 7.3.2) Micro localización:

La planta Che Guevara VI se ubica exactamente sobre la carretera nueva a león como lo indica el mapa del satélite y encerrado dentro de un círculo el área total de la planta

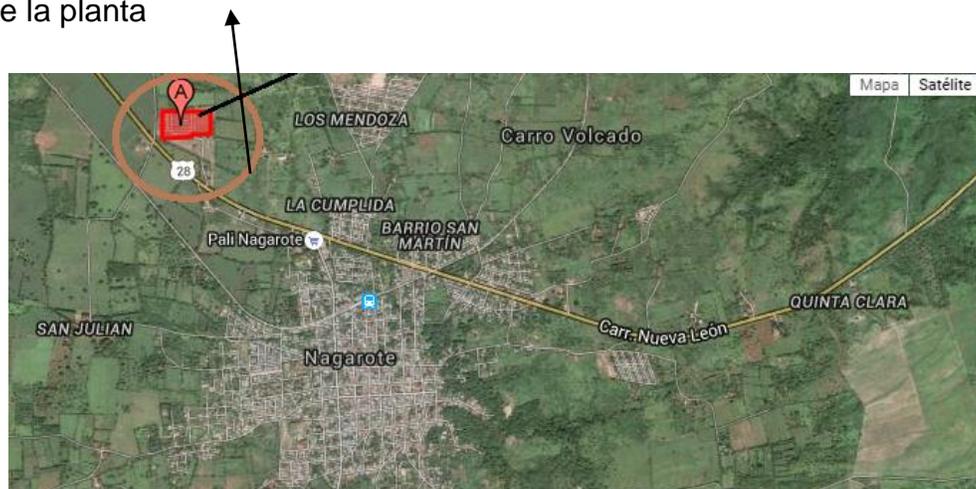


Figura VII.13

## IX. PREGUNTAS DIRECTRICES

- 1) ¿Qué características tecnológicas poseen los equipos generadores de energía?
- 2) ¿El mantenimiento realizado a los equipos de generación es el más adecuado?
- 3) ¿El rendimiento de los motores de la batería 8 está en correspondencia a los requerimientos necesarios en el proceso de generación de energía eléctrica a base de fuel oil?
- 4) ¿Cuáles son los criterios que toma en consideración el CNDC para penalizar a la empresa?
- 5) ¿Identificar las fallas más frecuentes que se presentan en los motores Hyundai Himsen 9H21/32 y en qué parte de estos se originan?
- 6) ¿Conocer los factores que propician la ocurrencia de estas averías?
- 7) ¿Qué métodos se utilizan para solucionar las fallas?
- 8) ¿Qué actividades se llevan a cabo dentro del mantenimiento en los motores?
- 9) ¿Cuánto es el monto de la pérdida por energía no generada por causa de una falla o avería en la planta Che Guevara IV?

## X. DISEÑO METODOLÓGICO:

**10.1) Enfoque de la investigación:** la investigación realizada tiene un enfoque clasificado como mixto ya que contiene un análisis cuantitativo como cualitativo, se utilizaron datos estadísticos suministrados por las tablas de Excel para conocer las intervenciones que se realizaron en los motores de interés en determinado lapso de tiempo al igual que la cuantificación de los costos de mantenimiento por falla. Se clasifico como cualitativa se tomó en cuenta las opiniones de los encargados de mantenimiento y operarios que se encuentran en contacto a diario con los motores, de esta forma analizar de manera más precisa la información.

**10.2) Tipo de investigación:** Es transversal, ya que se centra en analizar diversas variables en un periodo o momento dado; así como la relación entre las mismas variables; está abarca un grupo de personas y objetos analizando los indicadores encontrados en el desarrollo de la investigación; está se realiza en un lapso de tiempo corto.

**10.3) Universo:** todas aquellas empresas que pertenecen al consorcio de Alba Generación generan electricidad por medio de motores de combustión interna.

**10.4) Selección de La muestra:** es una muestra probabilística ya que todo el personal de la planta tiene la misma probabilidad de ser elegido para la obtención de la información, la muestra determinada el personal que intervino en la organización y control de: mantenimiento, operación y monitoreo del motor.

**10.5) Tamaño de la muestra:** está conformada por 12 mecánicos, 2 operarios y 3 personas encargadas de la logística y control del funcionamiento del equipo.

**10.6) Población:** el personal *de Alba Generación* Nagarote donde se realizó el estudio que es de 115 trabajadores.

**10.7) Instrumentos de recopilación de datos:**

a) **Base de datos con registros de fallas en motor:** registro de las ordenes de trabajo en lo referente al mantenimiento del motor, horas trabajadas en cada falla en que el motor se declaró indisponible, costos de mantenimiento y mano de obra del personal que intervino u opero el motor. Pruebas realizadas para evaluar la eficiencia del motor con respecto al tiempo.

b) **Entrevista no estructurada:** ya que se presentan preguntas abiertas para un mayor enriquecimiento en los resultados, preguntas que fueron previamente analizadas para ser realizadas de una forma sencilla y con lenguaje fácil de entender al personal relacionado directamente con el funcionamiento, mantenimiento y control del motor en cuestión.

c) **Observación de tipo participante:** se observó el funcionamiento del motor, forma de operar y la ejecución de los mantenimientos correctivos y preventivos en el periodo determinado para un mejor entendimiento del funcionamiento y las variables que afectan la eficiencia de este.

10.8) **Tabla 1:** Operacionalización de las variables

Variables	Sub variables	Indicadores	Fuente	Técnica	Instrumento
Maquinaria	Componentes Condición Mantenimiento Control	Temperatura. Presión. Eficiencia. Lubricación Refrigeración.	Operarios. Mecánicos. Jefe de mantenimiento. Gerente de planta.	Entrevista directa. Observación directa.	Guía de entrevista. Guía de observación directa.
Mano de obra	Personal Capacitaciones Cantidad	Adecuada Inadecuada	Jefe de mantenimiento. Gerente de planta.	Base de datos. Entrevista directa. Observación directa.	Guía de entrevista. Guía de observación. Observación directa.
Métodos	Procedimientos Control	Adecuados Inadecuados Tiempo	Mecánicos. Jefe de mantenimiento.	Documentación Entrevista directa. Observación Directa.	Guía de entrevista. Guía de observación.
Materia prima	Tipo Cantidad	Calidad Costos	Gerente de planta. Jefe de mantenimiento. Encargado de compras.	Base de datos. Entrevista directa. Observación directa.	Guía de entrevista. Guía de observación. Base de datos.

## XI. ANALISIS E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS:

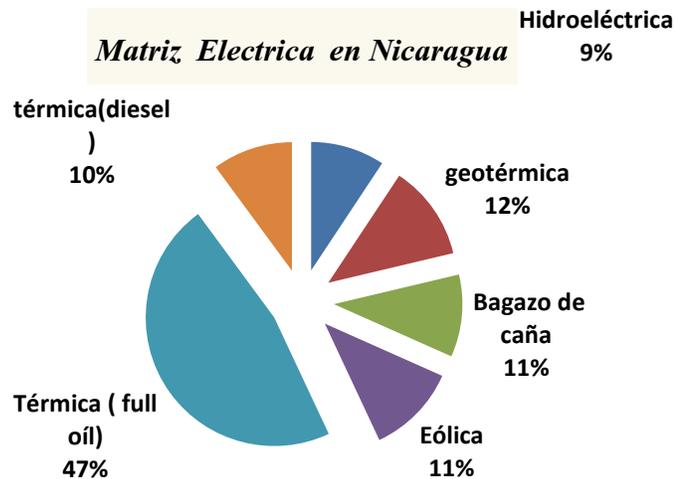
La generación eléctrica consiste en transformar alguna clase de energía química, mecánica, térmica o luminosa en energía eléctrica. Para la generación industrial se recurre a las instalaciones denominadas centrales eléctricas.

La capacidad que tiene el sistema o la matriz eléctrica en Nicaragua está conformada en dependencia del tipo de insumo que se utiliza como materia prima en la generación de la energía eléctrica la cual se presenta en la siguiente tabla :

**Tabla 2: capacidad instalada de matriz eléctrica**

<b>Capacidad instalada por el tipo de insumo (MW/h).</b>			
<b>Tipo de insumo</b>	<b>Capacidad nominal</b>	<b>Capacidad efectiva</b>	<b>% nominal</b>
Hidroeléctrica	120.10	112.12	9.31
geotérmica	154.5	69.34	11.98
Bagazo de caña	133.8	124.8	10.37
Eólica	146.6	137.88	11.37
Térmica ( full oíl)	604.55	467.56	46.88
térmica(diésel)	130.10	64.57	10.09

**Fuente:** empresa pública y privada del sistema de Interconectado Nacional (S.I.N), (CNDC) Sistema Nacional de despacho de carga.



**Figura X.1 Matriz energética.**

Fuente: Centro Nacional De Despacho de carga (CNDC.)

En estos datos se puede constatar que la mayor producción de energía dentro de la matriz energética se genera a través de la utilización de motores térmicos. La principal fuente de materia prima es combustible fuel oil, con una capacidad efectiva de 467.56 MW/H como índice de producción, en base a las condiciones existentes de generación propias de cada planta generadora, representando un porcentaje del 47% de la producción Nacional según las estadísticas del Centro Nacional de Despacho de Carga (**CNDC**).

La disponibilidad y la confiabilidad son términos que forman parte del actual proceso de generación de energía eléctrica por lo tanto es de vital importancia que todos los equipos e instalaciones se encuentren en buen funcionamiento. Esto permitirá garantizar que el proceso de producción se pueda realizar con toda la confiabilidad, seguridad a un costo adecuado y garantizando las condiciones medio ambientales.

Para esto se necesita realizar las técnicas correspondientes que nos permitan obtener un buen diagnóstico de los equipos para la identificación de las fallas y averías que se presentan. Esto nos conlleva a poder lograr elaborar un buen plan de mantenimiento para mantener las condiciones óptimas de estos, según los parámetros establecidos en los manuales y de la carta régimen de opera-

ción. para determinar si se encuentran dentro de los rangos establecidos según las planificaciones en cada una de las actividades dentro del proceso, Los datos y resultados obtenidos se deben registrar para llevar un control como base para el respectivo diagnóstico.

Se hace necesario que el personal reciba las capacitaciones permitientes que les permita desarrollar los conocimientos necesarios para el manejo correcto de los equipos para la identificación de fallas , la toma de lecturas y control de parámetros para identificar si existen desviaciones fuera de las normas establecidas en los manuales de instalación del fabricante .

El manejo de la información es una herramienta principal en la toma de decisiones para lograr esto se deben implementar esquemas de control de las operaciones, mediante el control estadístico de los errores de operación ocurridos en cada uno de los equipos o sistemas , revisar los planes de mantenimiento en ejecución, si se realizaron en las condiciones establecidas ,control de las ordenes ejecutadas y las que todavía se encuentran pendientes .

**Parámetros de medición adicionales:** a las previas del fabricante que pueden implementar con el apoyo de todo el personal de la empresa como son:

- a) Presión del Carter.
- b) Diferencial de presión del turbo cargador.
- c) Nivel de liqueo en las bombas de inyección del motor.
- d) Pruebas de rendimiento de aceite y combustible.
- e) Estanqueidad de los cilindros.
- f) Medición de la compresión.
- g) Mediciones adicionales a los tanques de drenaje de los MDU.
- h) Control estadístico de los fallos y de los errores de operación identificando sobre que equipos o sistemas ocurrió para el posterior análisis en las reuniones semanales de las operaciones del personal del departamento de mantenimiento.

Todos esta información se encuentra contenida en los manual de diagnóstico de la empresa **Alba Generación** por lo que para el presente trabajo se toma como base para la elaboración de una evaluación de las principales fallas y averías que se presentan en los motores de la batería 8 de **la planta Che Guevara VI** para esto nos auxiliaremos de los reportes que se presentan en los meses anteriores , las ordenes de trabajo ejecutadas los planes de mantenimiento mensuales las estadísticas operativas de las Horas de trabajo de los motores, y de las acciones que se tomaron para la corrección de estos

### **11.1) Caracterización de la tecnología de equipos o Grupo Electrógenos:**

La tecnología de los motores Hyundai Himsen están caracterizados por ser equipos de alta eficiencia energética muy útil en casos de emergencia por su facilidad de instalación ,operación y adaptación en los sitios donde se amerite suplir las necesidades de energía eléctrica . Es una división de la empresa Hyundai de gran prestigio a nivel mundial líderes en desarrollar equipos de la más alta tecnología y amigables con el medio ambiente por la reducción de las emisiones de gases nocivos a la atmosfera conocido como electrógenos la cual se especificara a continuación.

Un **grupo Electrónico** es una máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna a como se muestra en la Figura2.

Detallando sus componentes en la tabla 3

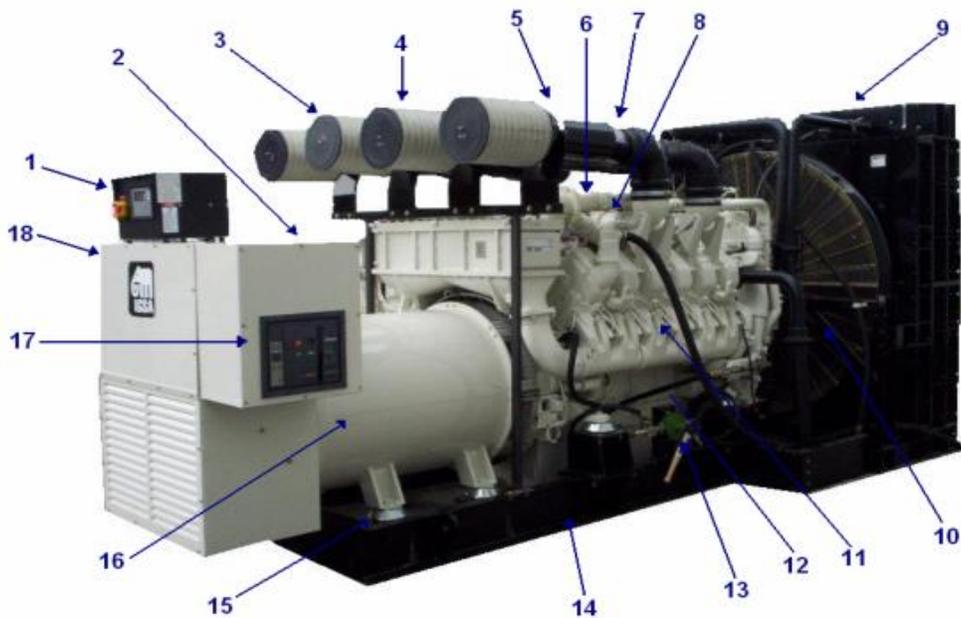


Figura X.2: Descripción de un electrógeno.

Tabla 3: Descripción de los elementos de un electrógeno

ELEMENTO	DESCRIPCIÓN
1	Panel de control
2	Placa de datos montada en generador (situado en la parte posterior de la figura).
3	Filtros de aire
4	Soporte de baterías y baterías (situado en la parte posterior de la fi-
5	Motor/es de arranque (situado en la parte posterior de la figura.)
6	Alternador (situado en la parte posterior de la figura).
7	Bomba de combustible (situada en la parte posterior de la figura).
8	Turbo
9	Radiador
10	Guarda del ventilador
11	Motor de combustión interna
12	Carter

13	Bomba para drenar el aceite del Carter
14	Base estructural
15	Amortiguador
16	Generador
17	Interruptor
18	Regulador de voltaje automático (situado en la parte posterior figu-

**Fuente:** Manual de mantenimiento de plantas eléctricas.

### 11.1.1) Panel De Control:

El panel de control tiene integrado un circuito de control de transferencia, por medio del cual se pueden programar las funciones (tiempos, configuración de operaciones) y ajustes como sean necesarios para caso en particular, este circuito consta de:

- a. Un sensor de voltaje trifásico de lado normal y monofásico de lado de emergencia.
- b. Ajuste para el tiempo de:
  - Trasferencia.
  - Re transferencia.
  - Enfriamiento de máquina.
  - En caso de ser sincronía (Tiempo de sincronía y configuración de operaciones).
- c. Reveladores auxiliares.
- d. Reveladores de sobre carga.
- e. Tres modos de operación (manual, fuera de sistema y automático).
- f. Los instrumentos de medición como son Voltímetro de corriente alterna con su conmutador, Amperímetro de corriente alterna con su conmutador, Frecuencímetro integrado en el controlador, Horómetro digital integrado en el controlador.

### 11.1.2) Mecanismo de control:

Durante el funcionamiento normal de motor, la velocidad de este es controlada por un regulador, el cual controla la cantidad de combustible inyectado de

acuerdo con la carga y velocidad del motor. El movimiento de regulación es transferido a un eje de control mediante una varilla de conexión ajustable. El movimiento del eje de control a las cremalleras de las bombas de inyección se transmite a través de la palanca de regulación y el muelle de torsión.

El muelle de torsión permite que el eje de control y las otras cremalleras de combustible se coloquen, en la posición de parada, aunque una de las cremalleras se atasque. De igual manera permite que el eje de regulación se mueva hasta la posición de alimentación de combustible.

El motor puede ser parado por medio de la palanca de parada, esto se logra empujando el eje de regulación a la posición de parada. Este dispone de un mecanismo electro neumático que tiene una velocidad de disparo superior a un 15% a la velocidad nominal del motor. Este dispositivo electro neumático mueve todas las cremalleras a una posición de corte de combustible, mediante un cilindro neumático situado en cada una de las bombas de inyección. El cilindro actúa sobre la cremallera aunque puede hacerse de manera manual.

Durante el arranque el regulador limitará automáticamente el movimiento del eje de regulación a un valor adecuado. está provisto de una electroválvula de parada que está conectada al sistema de automatización del motor.

### **11.1.3) Motor:**

El motor de este grupo, es un motor Himsen que es el nombre de la fábrica del diseño de la compañía Hyundai y significa motor de velocidad media de alta tecnología.

Este motor trabaja con combustible diésel y combustible pesado de viscosidad de hasta 700 Cst a 150 ° C. con menor consumo de combustible y poca emisión de óxido de nitrógeno y humos el cual está basado en las siguientes especificaciones :

- Alta relación de carrera contra diámetro de cilindro (1.52).
- Alta relación de compresión (17:1).
- Aire de sobre carga optimizado.
- Alta presión de inyección de combustible (hasta 2000 bar).

- Motor confiable y practico v posee una estructura simple, robusta y ligera.
- El número de componentes son minimizados con diseño libre de tubería.
- La mayoría de los componentes son directamente accesibles para un mantenimiento más fácil.
- El sistema de modulación es totalmente modulizado con accesibilidad directa.

**Tabla 4: Especificaciones de los motores Himsen Hyundai 9H21/32.**

<b>Tipo de motor</b>	4 tiempos, vertical inyección directa, acción simple con turbo cargador y enfriado intermedio.
Configuración de los cilindros	En línea
No de cilindros	9
Velocidad	900 rpm
Potencia del cilindro	200kw
Diámetro del cilindro.	210 mm
Carrera de pistón.	310mm
Volumen de barrido.	11.1 dm <sup>3</sup>
Velocidad media del pistón	9.6m/s
Razón de compresión	17.1
Potencia de motor	1800 KW
Potencia del generador	1700 KW
Orden de encendido por cilindro	1-3-5-7-9-8-6-4-2

### 11.1.3.2) Tipos de motores utilizados en la maquina Electrógenos:

#### a) Motor de combustión interna:

El motor de combustión interna es un motor diésel de 4 tiempos de inyección mecánica o eléctrica, está compuesto de varios sistemas.

- Sistema de combustión.
- Sistema de entrada de aire y salida de gases.
- Sistema de enfriamiento (agua fría).
- Sistema de lubricación de aceite.
- Sistema eléctrico.
- Sistema de arranque.
- Sistema de protección.

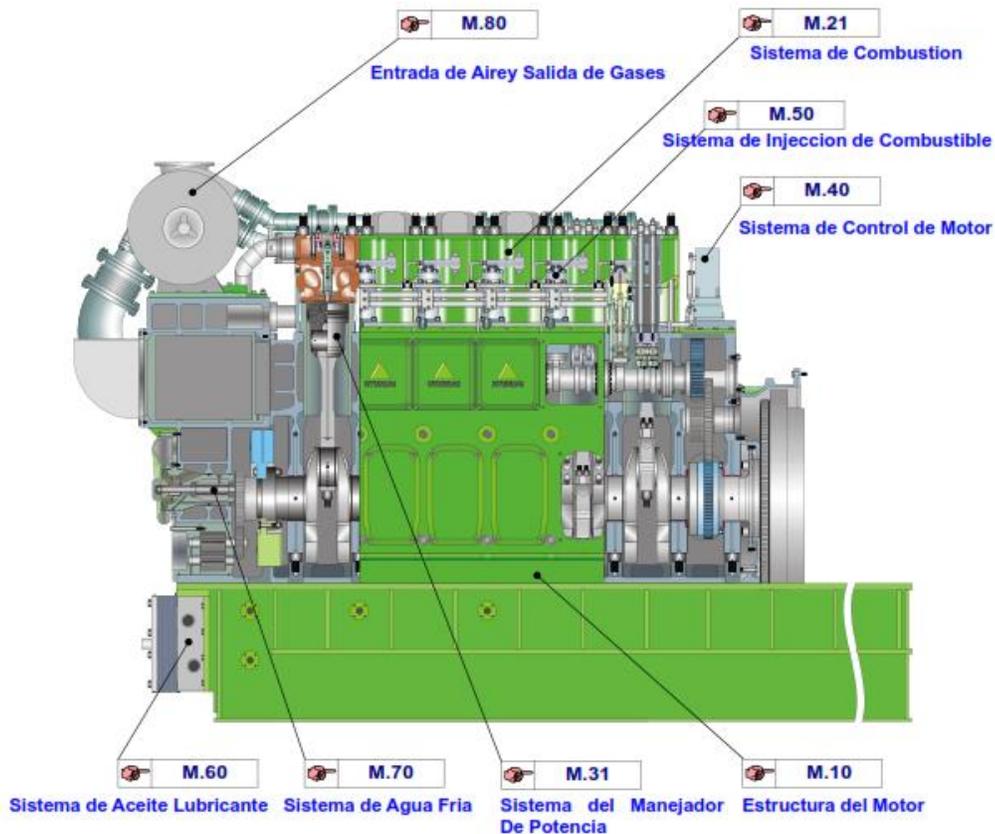


Figura X. 3: vista lateral de los componentes de un electrógeno.

### **a.1) Sistema de combustión:**

El suministro del combustible debe suministrarse de forma limpia y continua respaldado por un depósito de combustible de acuerdo a la potencia del grupo.

Las líneas de suministro deben constar de tuberías de acero o mangueras diseñadas para tolerar el diésel.

En el caso que las tuberías estén demasiado largas se debe incrementar el diámetro de las mismas para garantizar un buen funcionamiento:

De 20Kw	250 Kw	1/2”.
De 300Kw	400 Kw	3/4 “.
De 500 Kw	1000 Kw	1 1/4”.
De1250Kw	3000 Kw	2”.

Es recomendable que entre el motor y las líneas de combustible poner tuberías flexibles (mangueras) para evitar que las vibraciones del motor sean transmitidas por las líneas de combustible del motor y provoque fugas en el sistema. Así se recomienda poner filtros primarios, filtros separadores de agua para prolongar la vida del motor.

### **a.2) Sistema de aire de entrada y salida de gases:**

El aire utilizado tiene que ser un aire limpio y frío, este es aspirado de la zona que rodea el grupo a través del filtro de aire del motor. En el caso que el calor y el polvo se encuentra cerca de la entrada de aire, se debe instalar una conducción de aire externa

La cual viene con aire fresco y limpio. En el caso de que el filtro tenga un indicador de restricción de flujo de aire revisar el manual del fabricante para determinar cuándo se debe cambiar el filtro basado en las horas de operación.

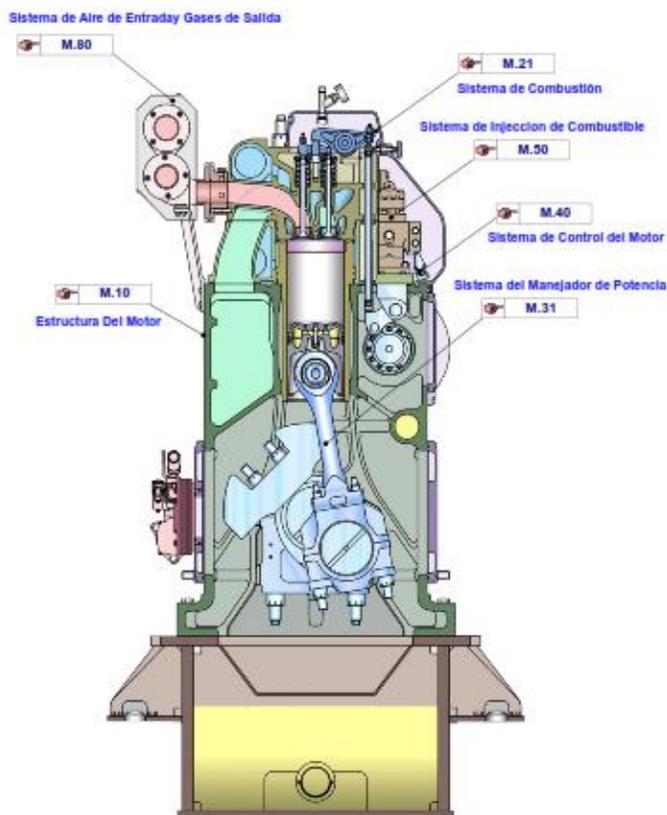


Figura X. 4: vista frontal de los componentes de un electrógeno.

### a.3) Sistema de enfriamiento:

Consta de un radiador, un termostato, y un ventilador de acuerdo a la capacidad de enfriamiento requerida, la función del radiador es de intercambiar el calor producido por el motor al hacer pasar aire forzado a través de él. El ventilador es el que fuerza el aire a través del radiador el cual es movido por el cigüeñal o por un motor eléctrico en algunos casos. El termostato es el que se encarga de que el motor trabaje a una temperatura óptima para un buen desempeño abriendo o cerrando, según rangos de temperatura.

El tipo de líquido refrigerante empleado debe ser en base a las especificaciones del fabricante en el manual de operaciones del motor, ya que aparte de ser el vehículo para el enfriamiento es el que

brinda la protección contra la corrosión y desgaste de las camisas del motor .

#### **a.4) Sistema de lubricación de aceite:**

Es el que se encarga de mantener todas las partes móviles del motor bien lubricadas creando una película de aceite lubricante que evite el contacto de metal con metal. Consta básicamente de una bomba de circulación de aceite, válvula de reguladora de presión, filtros de aceite.

#### **a.5) Sistema eléctrico**

El sistema eléctrico es de 12 a 24 V de corriente continua con el negativo a masa en dependencia del tamaño y especificación del grupo, este puede poseer uno o dos motores de arranque , cuenta con un alternador para cargar la batería auto excitado, auto regulado y sin escobillas.

El alternador es otro elemento del sistema eléctrico este va montado en el mismo cuerpo del motor de combustión interna y es accionado por el cigüeñal a través de una transmisión flexible (banda, polea) teniendo como finalidad recargar la batería .

Sus principales componentes son el rotor, Estator (inducido), carcasa, Puente rectificador (puente de diodos).

#### **a.6) Sistema de protección del motor:**

El grupo de electrógeno cuenta con las siguientes protecciones:

##### **➤ Protección por baja presión de aceite:**

Es un elemento que registra la caída de presión de aceite mediante la utilización de manómetros de contacto conectado al motor y calibrado mecánicamente para detectar una caída de presión. Estos son utilizados en los electrógenos manuales y su uso es opcional en los electrógenos automáticos.

El sensor de presión de aceite: es un sensor con un elemento piezoeléctrico que registra el cambio de presión modificando la resistencia en las terminales del sensor el cual es programado a las especificaciones de medida de la curva de presión, resistencia en el control del motor / generador .

➤ **Protección por altas temperaturas de refrigerante:**

Se utiliza un medidor de temperatura y un sensor de temperatura.

➤ **Protección por sobre velocidad:** en el caso de los genset manuales estos se mide a través de la bomba de combustible la cual se ajusta de fábrica para que el motor no sobrepase las revoluciones de motor permitidas. Otra manera es a través del microprocesador que integra un circuito de protección por sobre velocidad en el caso de los electrógenos semiautomáticos y automáticos mediante la comparación de la velocidad actual con la velocidad de referencia de , y mediante la medición de la frecuencia a través de las entradas de medición de voltaje del control.

**b) Sistema de Arranque:**

Puesto que el motor de combustión interna no puede arrancar por sí solo, puesto que requiere vencer su estado de reposo en que se encuentra inicialmente, se requiere de un motor de arranque. Este puede ser de dos tipos:

**b.1) Motor de arranque eléctrico:** con capacidad que va de 12 a 24 voltios de corriente continua se alimenta de los acumuladores del grupo de electrógenos el par del motor se origina cuando es activado el solenoide de arranque .

**b.2) Motor de arranque neumático:** este motor tienen un Rotor montado excéntricamente en un cilindro con paletas longitudina-

les alojadas en ranuras a lo largo del Rotor. El par se origina cuando el aire a presión actúa sobre las paletas. Esta aplicación es utilizada en lugares donde se quiere evitar chispas debido a un ambiente inflamable debido a que no existe ninguna parte eléctrica en el motor.

En ambos casos el acoplamiento del motor de arranque se efectúa cuando el motor llega a la velocidad de arranque de 20 – 30% de su velocidad nominal, el control del grupo de electrógeno es el que se encarga de realizar esta función a través de la medición de velocidad (rpm) o la frecuencia ( Hz), ya que al detectar que el motor de combustión interna ha alcanzado su velocidad de arranque este deja de alimentar al Solenoide de arranque, desacoplando dicho motor del motor de combustión interna.

## 11.2) Análisis de situación actual de motores HYUNDAI Himsen 9H 21/32 en Alba Generación Nagarote.

### Combustible utilizado por Alba Generación:

Según información suministrada por el personal y cartas régimen evaluadas al término de cada mantenimiento de 3000 horas la empresa utiliza combustible que según las clasificaciones obtenidas de nivel 2 o combustible pesado.

Tabla 5; Especificaciones del tipo de combustible utilizado.

Especificaciones	Método	Min	Max	Resultado
Viscosidad cinemática a 50 cst	ASTM D 445-10	92	500	492
Agua y sedimento por centrifuga % V	ASTM D 1796-11		0.5	0.1
Contenido de azufre % wt	ASTM D 4294-10		3.0	2.5
Compatibilidad	ASTM D 4740-04		1	1
Punto de fluidez	ASTM D 5950- 12 <sup>a</sup>		15	-9
Sedimentos en la extracción	ASTM D 473-07		0.1	0.3

Fuente: Manual de los motores Hyundai Himsen.

### **Fuentes de calor:**

Las principales fuentes de calor en la batería 6 de la planta son los mismos motores y las características climáticas de la zona de la ciudad de Nagarote departamento de León.

Los motores están separados por una distancia de 1 metro en cada batería, debido a esto se hace evidente el aumento en el calor generado por cada unidad de motor por el espacio limitado que permita una buena distribución de flujo de las corrientes de aire a los componentes de los MDU, con respecto a las horas de funcionamiento de cada motor sumado a que la ciudad de Nagarote posee temperaturas entre los  $27^{\circ}\text{C}$  y  $37^{\circ}\text{C}$  lo cual indica que el factor climático de la región puede incidir junto con la distribución de los motores a causar fallos dependiendo de su característica particular de operación.

**Altitud:** Alba-Generación (Nagarote) está ubicada a una altura de 75.69 mts sobre el nivel del mar, con un factor de incidencia con respecto a la altura muy bajo por tanto el efecto de este factor no afecta el funcionamiento de esta clase de equipos.

**Vida útil de los motores:** Alba-Generación no tiene una estimación exacta de la vida útil de los motores que utiliza, la dirección de la empresa considera que depende de la explotación de los equipos la cual es grande ya que estos trabajan con una carga de trabajo semanal de 20 a 24 horas diarias dependiendo de las solicitudes del despacho nacional, por lo cual esta depende en gran medida de la calidad de los repuestos.

**Sistema de operación de motor:** el sistema operacional está regido por los manuales de operación suministrados por constructores de los motores, la selección del personal de operaciones fue por medio de un proceso de capacitación y selección de individuos los cuales se consideraron más aptos para laborar como operadores.

### **Sistema de mantenimiento actual:**

El sistema de mantenimiento actual de Alba Generación en la ciudad de Nagarote está clasificado como mantenimiento preventivo, que consiste en una programación anual, mensual y semanal en donde según las especificaciones de los manuales de mantenimientos originales de los equipos que este caso son los motores Himsen 9H 21/32.

Los mantenimientos son ejecutados por el personal de planta y el de taller central que tiene sus instalaciones en la ciudad de Managua.

**Personal de mantenimiento de planta:** el personal de planta ejecuta los mantenimientos de 3000 horas, sus instalaciones están situadas dentro de la planta, sus equipos de trabajo están limitados a la ejecución de los trabajos de carácter correctivo preventivo, en la intervención en el cambios de piezas, soldadura etc. Sin llevar a cabo la construcción física de ninguna de estas piezas.

**Personal de taller central:** el personal de taller central es el encargado de los mantenimientos mayores o de 12000 horas, en los cuales se realiza un general o completo de los motores. Sus instalaciones están en la ciudad de Managua y sus trabajos son más complejos, estos suministran piezas de los motores ya rehabilitadas para los mantenimientos correctivos del personal de Alba Generación en la ciudad de Nagarote.

### **11.3) Detención analítica-estadística de fallas en la batería número 8 de los motores Himsen 9H 21/32:**

Si consideramos que el objetivos fundamental de cualquier mantenimiento es conservar la funcionalidad del equipo, es de vital importancia analizar la frecuencia de fallos y así evaluar si el mantenimiento es el adecuado; por tanto se debe identificar los fallos posteriores a los mantenimientos programados, en la medida de que estos disminuyen el impacto de la explotación acumulada con el paso del

tiempo de los equipos, están es una información vital para realizar las correcciones necesarias y proponer mejoras dentro de los procedimientos que utiliza el personal para maximizar la eficiencia de los equipos.

Una de las fases más importante en lo referente a la conservación de los equipos, es el análisis de lo que significa una falla dentro de la funcionabilidad del equipo, debemos aclarar que la falla es una desviación a una situación no esperada y que podemos reconocerla por medio de la comparación de lo que está sucediendo con lo que debería suceder, cuanto mejor conozcamos como deben funcionar los equipos así como cada una de sus partes, se conocerá y se identifica la avería cuando se realiza el registro de la misma. Por lo cual para una falla determinada corresponde una causa específica, por tanto podemos decir que una falla en un equipo solo puede tener una causa; y así conocemos los diferentes tipos de causas que pueden generar las fallas en determinado equipo o componente de este se lograra identificar los efectos de estos en la eficiencia de los equipos para buscar las soluciones más optimas que nos garanticen la disponibilidad de las maquinaria para la realización de los procesos de producción.

Es de conocimiento que las fallas causan cambios dentro de los estándares de trabajo, así se hace necesario quitar y solucionar dicha causa mediante la identificación de la causa y un registro adecuado esto facilitara el análisis de la problemática presentada para encontrar una solución óptima y factible , este análisis de fallas está dirigido específicamente a la batería N° 8 de la planta che Guevara 6 la cual consta con 4 motores de marca Hyundai9H21/32 de combustión interna, que en actualidad han llegado a acumular una vida útil entre 27000 y 30000 horas respectivamente, estos motores han pasado ya por una serie de mantenimientos mayores cada 12000 horas, según la programación actual de la compañía, y mantenimientos medios de 3000 horas según se acumula las horas de servicio. El principal objetivo del análisis de frecuencia de fallas en los motores, será conocer el grado de eficiencia de los motores con respecto a los mantenimientos ejecutados para reducir paros no programados, tomando en cuenta el funcionamiento de estos después del mantenimiento de 24000 horas hasta el registro de 30000 horas ya ejecutado a los 4 motores de la batería 8 en cuestión.

En el siguiente grafico se detalla el nivel de cumplimiento de los mantenimientos programados durante el periodo diciembre 2014 al junio del 2015 de los Cuales según las estadísticas operativas de la empresa de 378 Ordenes de trabajo programadas durante este periodo se lograron ejecutar 272 órdenes representando un 71.9 % de los mantenimientos y quedando pendiente aproximadamente 28.1 % de estos por diversos motivos que más adelante se detallara en la .

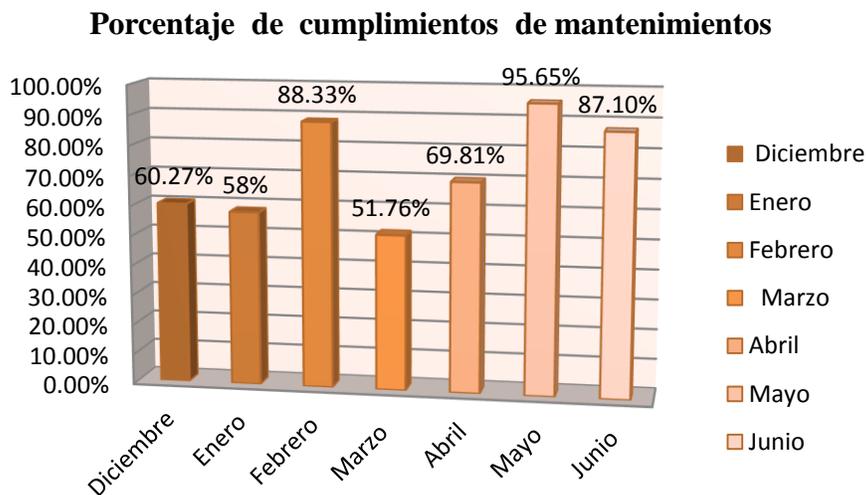


Figura X.5: Estadística de los mantenimientos de alba generación.

### 11.3.1) Detección analítica de fallas:

La identificación adecuada de las fallas y conocimiento de lo que estas contiene es el primer paso para integrar herramientas de evaluación y análisis de las mismas por lo cual cada falla o elemento debe ser analizado desde el enfoque de descripción, ubicación, magnitud y espacio tomando en cuenta que el conocer el problema facilitara encontrar la solución, por lo cual utilizaremos la siguiente metodología en el análisis de motores HyundaiHimsen9H21/32 para la generación eléctrica en la empresa Alba-Generación y así tener una noción de la información de lo que se desea suministrar a los lectores.

a) **Nombre de las fallas:** los motores Hyundai 9H21/32 presentan un sinnúmero de problemas dentro de sus componentes al momento de sus operaciones los cuales deben ser determinados de manera técnica para que el evaluador no se salga del sentido de la actualización de programa de mantenimiento, según los datos obtenidos sobre las intervenciones de mantenimiento a los motores nombraremos a las principales fallas o que fueron causa de una intervención que puso fuera de servicio al equipo causando el aumento de costos para la compañía.

1. Alta temperatura en cilindro MDU.
2. Alta temperatura en entrada y salida de turbo cargador.
3. Obstruido drenaje de turbo cargador.
4. Cambio de filtros centrífugos de aceite MDU.
5. Lavado mecánico o cambio de T/C.
6. Problemas en múltiple de escape.
7. Mtto. a bomba inyectora.
8. Revisión o cambio de gobernador.
9. Cambio de culata.

El nombrar la falla es necesario para establecer que es lo que está sucediendo en la realidad, comparado con el comportamiento que se estimó debería estar ocurriendo, aquí se busca el objeto o lugar donde se encuentra el defecto y esto prácticamente le da el nombre para su previo análisis, este nombramiento puede variar de acuerdo a la simbología utilizada por el manual de mantenimiento ya establecido o ya sea designado por el evaluador.

b) **Descripción de las fallas:** para el conocimiento técnico es de gran importancia describir la falla, o bien mal funcionamiento del equipo, esta contendrá todo lo referente a los parámetros adecuados de funcionamiento y porque se considera que es causa de paro o mal funcionamiento del equipo.

El sistema utilizado para la descripción de la falla es la obtención de información con todos los detalles necesarios para poder explicar como sucede el fallo, esto nos facilitara el análisis de la falla y la interpretación de las posibles acciones que se deben de tomar para dar solución a la misma tomando en cuenta todos los factores que pueden intervenir.

En esta se utilizan términos de identidad, ubicación en (tiempo y espacio) y su magnitud, primero con respecto al objeto o bien componentes del motor y después tomando en cuenta el defecto. La metodología utilizada para la recopilación de información involucra al personal que está directamente relacionada con la problemática que este caso son el personal de mantenimiento que es el encargado de dar solución a los problemas y quien podría con sus acciones ser el causante de los mismos en caso de no ejecutar de manera adecuada sus funciones, tomando en cuenta desde el nivel gerencial hasta el más bajo de la cadena de mando en la empresa.

c) **Análisis de objeto o equipo:** las siguientes preguntas ayudaran a la evaluación del mantenimiento y eficiencia de estos dentro de Alba-Generación.

¿Qué objeto tiene defecto?

¿Dónde lo tiene?

¿Cuándo durante la vida útil se observa el defecto?

**Análisis de defecto:**

¿Qué defectos tienes el objeto?

¿Cómo identifica el defecto?

¿Dónde se origina el defecto?

¿Dónde está situado el defecto en el equipo?

¿Cuántas veces se ha presentado el defecto?

¿Cómo clasifica el defecto?

¿Aumentado o disminuido el defecto?

Hoja de trabajo para el análisis de fallos de motores MDU.

Tabla 6: hoja de descripción de falla.

Hoja de trabajo para la descripción de fallas.				
Preguntas sobre el objeto o falla.	¿Qué sucede?	¿Qué no sucede?	Diferencia	Posible modificación
Objeto				
¿Dónde?				
¿Cuándo?				
<b>Falla</b>				
¿Qué?				
¿Dónde?				
¿Cuándo?				
¿Cuánto?				
¿Por qué?				

➤ **Alta temperatura en el cilindro:**

La alta temperatura en los cilindros tiene diferentes maneras de ser evaluada por el personal de operaciones, la principal es la información otorgada por los sensores de temperatura los cuales son TP 100 o termocuplas las cuales tienen una fiabilidad

Tabla 7: índice de regulación de cremalleras vs temperatura de los cilindros.

Carga	Temperatura en cilindros	Índice de cremalleras.
25%	250 C <sup>0</sup>	16mm
50%	300 C <sup>0</sup>	20mm
75%	350C <sup>0</sup>	24mm
90 a 100%	390C <sup>0</sup>	28mm

Fuente: Carta régimen de la empresa Alba Generación Nagarote.

El índice de cremallera es un parámetro que sirve para regular la válvula de inyección de combustible dentro del pistón en dependencia de la temperatura dentro del cilindro entre mayor sea el índice mayor será la temperatura debido al aumento de nivel de inyección de combustible en la cámara de combustión por tanto en la tabla anterior se refleja los parámetros establecidos en base a la carta régimen del fabricante.

Los parámetros puede variar de acuerdo al estado del motor, el rango de temperatura aceptable es  $250C^{\circ}$  a  $390C^{\circ}$

➤ **Alta temperatura de entrada o salida del turbo compresor:**

La temperatura de los gases en la entrada del T/C según las carta régimen de los fabricantes es  $450C^{\circ}$  a  $520C^{\circ}$  si no está en este parámetro indica un mal funcionamiento o alarma.

La temperatura de los gases de salida de T/C debe de estar entre los  $250-380C^{\circ}$ .

- **Obstruido drenaje de T/C:** los turbo compresores necesitan un lavado programado para asegurar que este funcione libre de residuos acumulados por la combustión, las el problema radica en que estas tuberías de drenado de agua con residuos se obstruyen lo cual se convierte en un impedimento para el aseguramiento de la eficiencia del T/C aunque cabe mencionar que esta falla no es causa de paro o un gran costo de mantenimiento, pero por su frecuencia de ocurrencia se puede transformar en información vital para el análisis de fallas.

➤ **Cambio de filtros centrífugos a MDU:**

Los filtros centrífugos de aceite son de vital importancia en el sistema de lubricación de aceite ya que estos recogen las partículas de impureza del aceite que transporta al circular por el sistema, la inspección de estos filtros debe de realizarse periódicamente y la capa de suciedad no debe ser mayor de los 18mm.

- **Lavado mecánico o cambio de T/C:** durante periodos de funcionamiento prolongados se forman depósitos en las paletas de la turbina y paletas o anillos de

las toberas. el aire de carga disminuye considerablemente al estar en un estado inadecuado el turbo compresor.

- **Problemas en múltiple de escape:** las principales razones de problemas con el múltiple de escape son las fisuras en las conexiones flexibles y acumulación de suciedad que disminuye el flujo de salida de los gases.
- **Mtto a bombas inyectoras de HFO:** las principales fallas dentro del funcionamiento que causan el mantenimiento de estas bombas es las fugas de FO o estrechamente relacionado al análisis de los mecánicos con respecto al rendimiento de los cilindros al momento que el combustible es inyectado durante la carrera del pistón en el cilindro.
- **Revisión o cambio de gobernador:** se refiere al cambio del sistema de control de combustible que presenta anomalías al momento de aumentar o reducir índice de carga del motor, el cual se puede notar con simple inspección comparando el índice de carga del motor o ya sea con respecto a la posición de las cremalleras en la bomba de inyección, otro caso es al arrancar estos no funcionan correctamente causando que el motor no arranque adecuadamente.
- **Cambio de culata:** el cambio de culata se efectúa al realizar pruebas de hermeticidad, las cuales indican el estado de la culata o ya sea por inspección visual de alguna fuga que presente esta misma.

### 11.3.2) Análisis de frecuencia de fallas:

Las siguientes tablas contendrán las estadísticas de mantenimiento para identificar las principales fallas que reducen la eficiencia en el funcionamiento de los motores de la empresa Alba-Generación, es de gran importancia aclarar que las fallas estudiadas en esta propuesta de manual son aquellas referidas a trabajos netamente de carácter mecánicos dentro de los motores, agrupando las fallas por cada motor para así proponer mejoras y modificaciones en el manual y comparando los mantenimientos entre cada motor después de los mantenimientos mayores de 24000 horas en estos.

Estadística de fallas de MDU 29 después de mantenimiento de 24000 horas.

Tabla 8: mantenimiento de 24000 horas en MDU29.

Orden de trabajo (O.T).	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
Alta o baja temperatura en MDU.	12	12	42.85%
Mtto a bomba inyectoras.	3	15	10.72%
Problemas en el gobernador.	1	16	3.57%
Cambio de culata.	2	18	7.14%
Limpieza de filtros centrífugos de aceite.	1	19	3.57%
Cambio de anillos en pistón.	1	20	3.57%
Lavado o cambio de turbo compresor.	3	23	10.71%
Cambio de filtros de aire al generador.	4	27	14.28%
Alta temperatura en aire de carga de T/C.	1	28	3.57%

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 42.85% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% de fallos por alta temperatura 33.3% se encontró alta temperatura en el cilindro 2, un 8.3% en el cilindro 3, un 25% en el cilindro 4, 25% en el cilindro número 7, 8.3% en el cilindro 8 y un 16.6% en el cilindro 9.

En segundo lugar el cambio de filtros de aire al generador con un 14.28% y en tercer lugar el lavado del T/C con un 10.7% del total de la frecuencia de fallos.

### Fallas de MDU 29 a 24000 horas

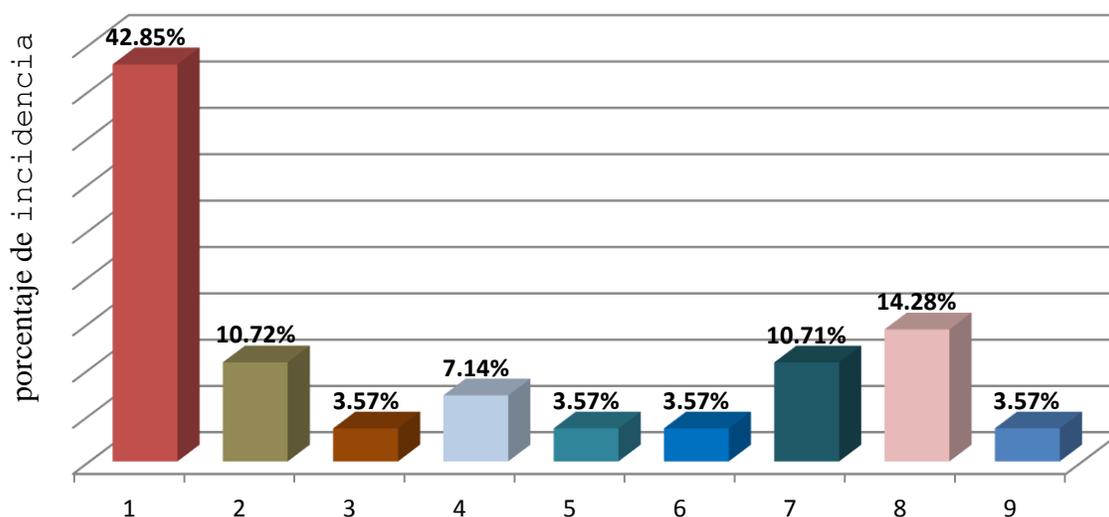


Figura X.6: grafico de fallas MDU29

Registro de fallos en MDU 29 ya con mantenimiento de 27000 horas.

Tabla 9: registro de fallas MDU 29, mantenimiento 27000 horas.

Orden de trabajo (O.T)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
Alta temperatura en MDU.	17	17	41.54%
Cambio de filtros de aceite.	3	20	7.3%
Mtto a bomba inyectoras.	7	27	17.075%
Problemas en el gobernador.	3	30	7.32%
Cambio de culata.	4	34	9.7%
Limpieza de filtros centrífugos de aceite.	3	37	7.32%
Lavado o cambio de turbo compresor.	4	41	9.75%

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

### Fallas del MDU 29 a 27000 horas

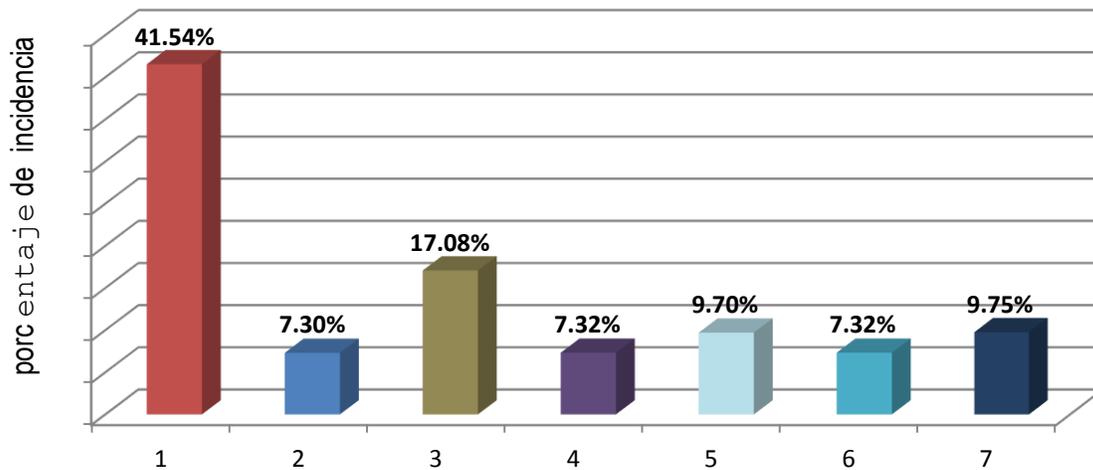


Figura X.7 : Grafico de 27000 horas MDU 29.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 41.54% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura 5.8% se encontró alta temperatura en el cilindro 1,3,5,6,8. Un 23.5% en los cilindros 2,7, un 17.6% en el cilindro 4 y un 11.7% en el cilindro número 9.

Como segundo fallo con más relevancia tenemos el Mtto a bombas de inyección con un 17.075% del total de fallos registrados en el MDU.

De forma general podemos realizar una comparación en ambos gráficos donde se refleja que el principal problema que se presenta es la alta temperatura en los cilindros del motor 29 que provoca un paro en la operaciones de los equipos de generación de energía eléctrica reduciendo la eficiencia de la carga de planta Che Guevara IV.

## Estadística de fallas de MDU 30 después de mantenimiento de 24000 horas.

Tabla 10: registro de Fallas MDU 30. Mantenimiento 24000 horas.

Orden de trabajo (O.T).	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
Alta o baja temperatura en MDU.	30	30	71.42
Mtto a bomba inyectoras.	1	31	2.38
Limpieza de filtros centrífugos de aceite	1	32	2.38
Cambio de filtros de aire al generador.	3	35	7.14
Alta o baja temperatura en aire de carga de T/C	4	39	9.52
Obstruido drenaje de T/C	3	42	7.14

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 71.42% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 13.3% de las fallas por alta temperatura se dio en los cilindros (1, 6,7), el 33.33% el cilindro 2 presento alta temperatura, el 16% en los cilindros (3,9), 30% en el cilindro 4, un 10% en los cilindros (5,8).

## Registro de fallos en MDU 30 ya con mantenimiento de 27000 horas.

Tabla 11: registro de fallas MDU 30, mantenimiento 27000 horas.

Orden de trabajo (O.T)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
Problemas en múltiple de escape.	2	2	3.84
Alta temperatura en cilindro MDU.	18	20	34.62
Alta temperatura en entrada y salida de turbo cargador.	4	24	7.69
Problemas cojinetes.	1	25	1.92
Obstruido drenaje de turbo cargador.	7	32	13.46
Cambio de filtros de aire MDU.	3	35	5.76
Cambio de filtros de aceite MDU.	3	38	5.76
Lavado mecánico de turbo cargador.	3	41	5.76
Mtto a bomba inyectora.	7	48	13.46
revisión de liqueo	1	49	1.93
revisión o cambio de gobernador	3	52	5.76

Fuente: Estadísticas del empresa Alba Generación Nagarote.

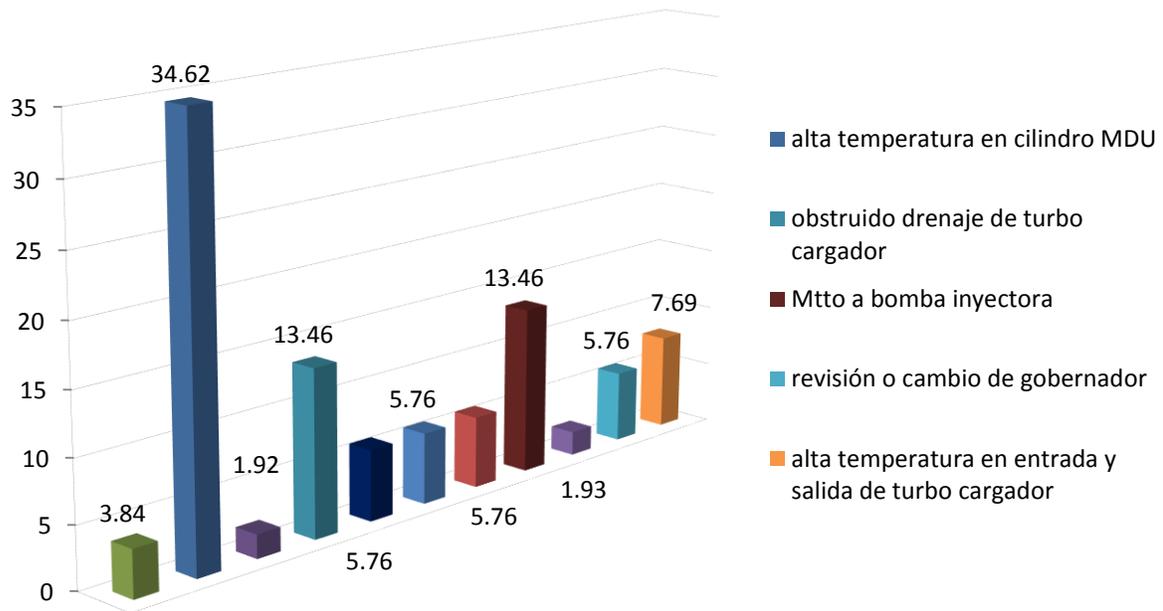


Figura X.8: Grafico de fallas del MDU 30.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 34.62% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 38.89% de las fallas por alta temperatura se dio en el cilindro 6, el 33.33% el cilindro (2,5), el 22.22% en el cilindro 9, 16.67% en el cilindro 4, un 11.11% en los cilindros (7,8), con un 5.5% del tiempo de falla el cilindro 1. Lo más relevante es que el cilindro número 2 en todos los casos reportados por alta temperatura no presento temperaturas que excedieran los límites de funcionamiento

## Estadística de fallas de MDU 31 después de mantenimiento de 24000 horas.

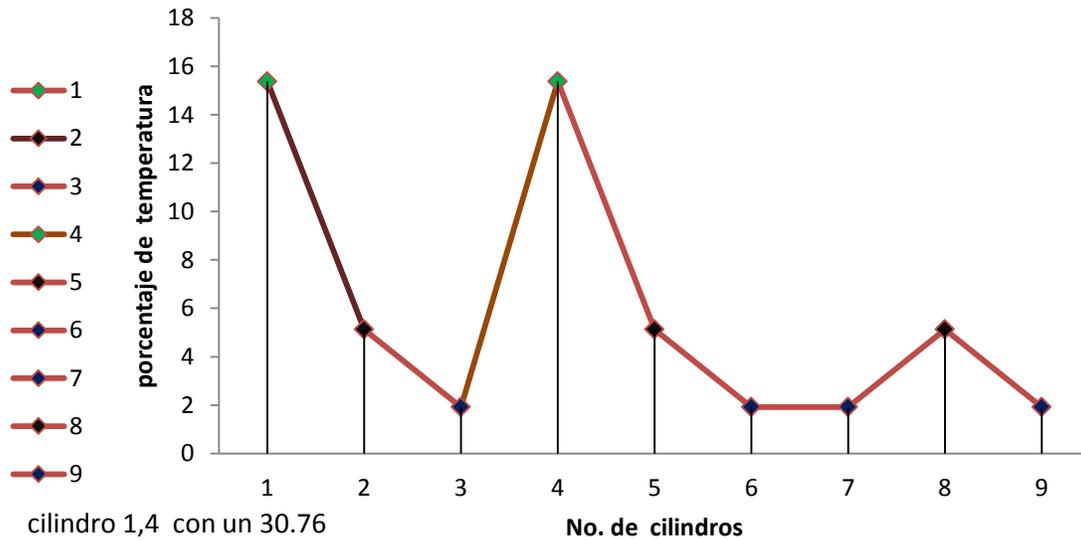
Tabla 12: registro de fallas MDU 31, mantenimiento 24000 horas.

Orden de trabajo (O.T)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
Alta o baja temperatura en MDU.	13	13	39.39%
Mtto a bomba inyectoras.	3	16	9.09%
Limpieza de filtros centrífugos de aceite.	1	17	3.03%
Cambio de filtros de aire al generador.	6	23	18.18%
Alta o baja temperatura en aire de carga de T/C.	5	28	15.15%
Obstruido drenaje de T/C.	4	32	12.12%
Lavado mecánico o cambio de T/C.	1	33	3.03%

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 39.39% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 30.76% de las fallas por alta temperatura se dio en los cilindros (1,5), el 15.38% los cilindros (2, 4,8) presento alta temperatura, el 7.69% en los cilindros (3, 6, 7,9) como lo muestra la figura X.9.

### ALTA TEMPERATURA EN LOS CILINDROS



1

Figura X.9: Grafico de comportamiento de los cilindros MDU 31.

### Registro de MDU 31 después de mantenimiento de 27000 horas.

Tabla 13: registro de fallas MDU 31, mantenimiento 27000 horas.

Orden de trabajo (O.T)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
problemas en múltiple de escape	2	2	4.45%
alta temperatura en cilindro MDU	13	15	29.54%
alta temperatura en entrada y salida de turbo cargador	4	19	9.09%
problemas cojinetes	1	20	2.27%
obstruido drenaje de turbo cargador	7	27	15.9%
cambio de filtros de aire MDU	3	30	6.8%
cambio de filtros de aceite MDU	3	33	6.8%
lavado mecánico de turbo cargador	3	36	6.8%

Mtto a bomba inyectora	7	44	15.9%
revisión de liqueo	1	45	2.2%
revisión o cambio de gobernador	3	48	6.25 %

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 29.54% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 38.46% de las fallas por alta temperatura se dio en el cilindro (2), el 30.76% el cilindro 5 presento alta temperatura, el 15.38% en los cilindros (3,7,8), 7.69% en los cilindros (1,6, 9).

#### **Estadística de fallas de MDU 32 después de mantenimiento de 24000 horas.**

Tabla 14: registro de fallas MDU 32, mantenimiento 24000 horas.

<b>Orden de trabajo(O.T)</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Frecuencia acumulada</b>	<b>%</b>
Alta o baja temperatura en MDU	32	32	56.14%
Mtto a bomba inyectoras	2	34	3.5%
Limpieza de filtros centrífugos de aceite	2	36	3.5%
Cambio de filtros de aire al generador.	3	39	5.26%
Alta o baja temperatura en aire de carga de T/C	2	41	3.5%
Obstruido drenaje de T/C	6	47	10.5%
Lavado mecánico o cambio de T/C	3	50	5.26%
Bajo nivel de aceite en gobernador	7	57	12.28

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 56.14% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 53.12% de las fallas por alta temperatura se dio en el cilindro 3, el 28.12% los cilindros (8 y 9) presento alta temperatura, el 21.87% en el cilindro 1, 6.25% en los cilindros 6 y 7, 25% de las veces que se dio la falla de alta temperatura el cilindro 2.

**Registro de MDU 32 después de mantenimiento de 27000 horas.**

Tabla 15: registro de fallas MDU 32, mantenimiento 27000 horas.

Orden de trabajo (O.T)	Frecuencia	Frecuencia acumulada	%
filtros centrífugos de aceite	4	4	10.52%
revisión liqueo en sistema de inyección	1	5	2.63%
línea de drenaje de turbo cargador obstruido	6	11	15.78%
alta y baja temperatura en entrada y salida de turbo cargador	1	12	2.63%
alta temperatura en cilindros	14	26	36.84%
Mtto de culata	3	29	7.89%
cambio o mantenimiento de bomba de inyección	7	36	18.42%
revisión o cambio de gobernador	2	38	5.26%

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

El análisis de falla indica que los fallos con mayor frecuencias son los de alta temperatura en los cilindros con un 36.84%% del total de fallos presentados, donde se encontró que del 100% del tiempo de fallos por alta temperatura, un 78.5% de las fallas por alta temperatura se dio en el cilindro 3, el 42.85% el cilindro 7 presento alta temperatura, el 28.57% en los cilindros (4,5,6), 21.4%% en los cilindros 2 y 9, el 14.28% en los cilindros 1 y 8.

Analizando los datos anteriores se podrá mostrar la relación del comportamiento de cada uno de los motores que componen la batería 8 de la planta Che Guevara V.

### 11.3.3) Análisis de las principales averías presentes en los motores Hyundai Himsen 9H 21/32 de la empresa Alba Generación.

Es de vital importancia analizar y conocer las diferentes clasificaciones de fallas y cómo podemos catalogarlas al realizar un análisis de fallas en a cualquier equipo ya sea de carácter industrial o no.

**Fallas con causa común:** es este caso la falla secundaria induce fallas en más componentes por lo cual el mal funcionamiento de otros sistemas o componentes también pueden inducir fallas en varios componentes.

**Fallas propagadas:** en este caso la falla de un componente induce a la falla de otro, si la falla del primer componente induce fallas en otros componente puede ser considerada como falla de causa común.

**Fallas por error humano:** si las fallas son ocasionadas por error humano ya sea en la operación, manutención, inspección. Los errores humanos en la etapa de diseño, construcción, instalación de equipos son considerados como fallas por errores humanos y no como fallas primarias. Si el error humano puede llevar a fallas de varios equipos también se puede considerar como falla de causa común.

En **Alba Generación** la mayoría de fallas encontradas que generan un costo significativo para la empresa son de carácter de causa común ya que estas ocasiona de una u otra manera que otros equipos no funcionen eficientemente por la relación tan estrecha que existe entre la mayoría de componentes de los motores y como estos deben de funcionar en sincronía para asegurar la eficiencia de los motores al generar electricidad, se presentara una análisis de causa y efecto, el cual es una gran herramienta para identificar las causas de fallas que en este caso se podrían considerar como fallas de causa común por ser el punto inicial de la causa o falla mayor que genera el paro o la baja eficiencia del equipo.

En el análisis de frecuencia de fallas ya encontramos las principales fallas identificadas por los investigadores y que tan frecuente se presentan en un lapso de tiempo determinado en el cual se le realizaron mantenimiento previos o preventivos, por lo cual el análisis de causa y efecto estará dirigido solo a estas fallas sin tomar en cuenta la infinidad de posibles fallas que se pueden presentar en un mo-

tor de combustión interna de 4 tiempos como son los que estamos estudiando para el mejoramiento de los sistemas de mantenimiento ya establecidos por la empresa. Se consideró estas fallas como de prioridad 1 según la necesidad de intervención clasificación otorgada por la misma empresa y que estas son aquellas que más se presentaron en el periodo de tiempo analizado y representan mayor costo para la compañía.

Las principales fallas estudiadas son:

- Alta temperatura en los gases de escape de salida en cilindros.
- Cambio de culatas
- Alteración del índice del gobernador.
- Cambio o lavado mecánico de turbo compresor.
- Alteración del índice de las cremalleras.
- Cambio o mantenimiento de bombas de inyección.
- Cambio de los filtros de aceite en el MDU.

**a) Alta temperatura en los gases de escape de salida de los cilindros.**

Las diferencias de comportamiento de los gases de salida pueden manifestarse en dos formas:

- **Las altas temperaturas de los gases en uno o varios cilindros del MDU:** las causas generalmente ocurren por mal funcionamiento de componentes individuales, tales como válvulas de admisión y escape quemadas o con una deficiente hermeticidad, inyectores fuera de calibración, baja presión en entrada de motor, desgaste en la bomba de inyección de HFO, aros desgastados o dañados, ángulos de inyección de las bombas no sincronizados etc.
- **Alta temperaturas en los gases de todos los cilindros:** esto indica que hay un mal funcionamiento en los sistemas o agregados que afectan los parámetros termo-técnicos en toda la máquina entre los cuales tenemos: Turbo compresor, Enfriador de aire de carga, Enfriador de aceite, Radiador etc.

### **Consideraciones de aspectos preliminares que pueden influir.**

- Considerar las condiciones ambientales de la zona donde están instalados los motores que en este caso sería la temperatura en los contenedores de los MDU.
- Nivel de carga requerida a partir de cuándo ocurre la distorsión del parámetro evaluado.
- Comparaciones de los parámetros establecidos por las cartas régimen de los instructivos de los motores con los obtenidos en la investigación cuando ocurre la falla.

### **11.4) Esquema básico del bajo rendimiento de los motores Hyundai en alba Generación Nagarote por el método causa raíz.**

Mediante la utilización de un diagrama de Ishikawa se presentara cada una de las causas que originan el bajo rendimiento de los motores en el proceso de generación que se muestra en Figura X.10 y que se detallara a continuación:

#### **Alta temperaturas en escape de motores Hyundai.**

Alta temperatura en gases de escape de motor: las temperaturas de los gases de escape en cualquier motor es un indicador de las condiciones de funcionamiento interno de los motores tomando en cuenta los parámetros establecidos por los fabricantes en su funcionamiento, las causas de que los gases de escape aumenten o disminuyan significativamente son las siguientes.

**Problemas con el sistema de inyección de combustible:** el sistema de inyección está compuesto por diferentes elementos que si no funcionan adecuadamente en conjunto pueden ocasionar un sobre esfuerzo en el sistema ocasionando que el motor aumente la cantidad de combustible que consume por una deficiencia de cualquier elemento y entre estos tenemos: bomba de inyección, block de alta presión, block de baja presión, línea de combustible, inyectores. En este caso cada uno de estos componentes del sistema.

**Problemas con el sistema de enfriamiento del motor:** el sistema de enfriamiento es aquel que se encarga como su nombre lo dice de que cada elemento o componente del sistema no sufra un sobre calentamiento por la fricción y temperaturas que alcanza el motor al funcionar, las bombas inyectan a una presión determinada el agua al sistema de enfriamiento, que por compartimento de calor enfrían el sis-

tema al circular el agua por las tuberías del enfriador, si estas no funcionan adecuadamente el flujo de agua no acarreará la cantidad de energía o calor que se requiere para el sistema mantenga una temperatura adecuada.

**Problemas con el sistema de sobre alimentación de aire:** el sistema de alimentación de aire es vital en el funcionamiento correcto de las etapas que está compuesta la combustión dentro de los cilindros, que son los causantes principales que se dé la altas temperaturas, ya que si la alimentación de aire a los cilindros es deficiente la fuerza requerida por el motor aumenta al suministrar una cantidad mayor de combustible, aumentando la temperatura y ocasionando mayor desgaste y acumulación de residuos por la combustión dentro de los componentes como son boquillas, cilindros etc.

**Estado de la cámara de combustión en los motores:** en relación al sobre esfuerzo en la cámara de combustión el estado de esta es parte primordial del buen funcionamiento de los motores en las etapas de recorrido de los pistones, si hay fugas o bien una hermeticidad inadecuada dentro de la cámara la combustión no generara la presión suficiente para que el pistón realice su recorrido en los tiempos establecidos, produciendo un sobre esfuerzo al suministrar una cantidad de combustible mayor a la necesaria para realizar esta función.

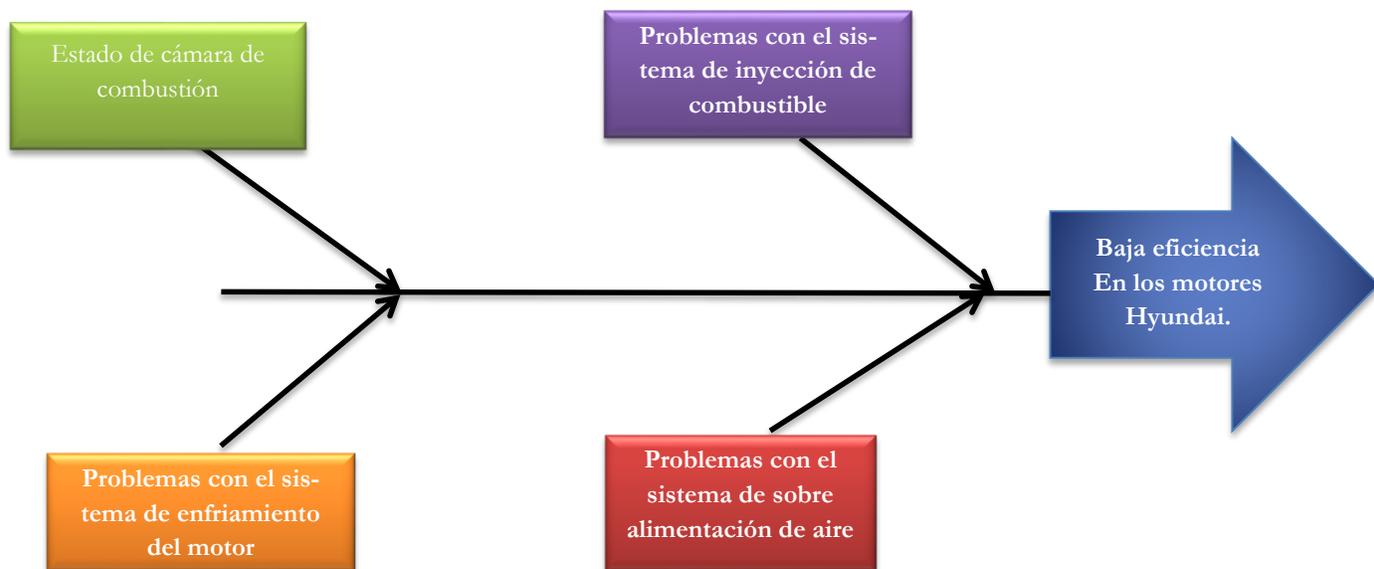


Figura X.10: Análisis causa raíz que origina el bajo rendimiento de los motores.

### Causas de alta o baja temperatura en escape de los cilindros:

La combustión en los cilindros de un motor se inicia cuando el combustible se inflama debido a la compresión existente dentro de la cámara de combustión, con el

pistón en su punto muerto superior, para que se produzca el encendido, el combustible pulverizado procedente de los inyectores tiene que mezclarse íntimamente con la densa y caliente masa de aire que lo rodea, iniciándose así la oxidación de las minúsculas gotas de combustible inyectadas. Así es como se realiza una combustión normal dentro de los cilindros.

Este funcionamiento se produce de igual manera en cualquier motor de combustión interna que utiliza como combustible diesel o bien fuel oíl dependiendo de los parámetros de funcionamiento y calidad que la compañía utilice, en caso que el funcionamiento no sea el adecuado produciendo efectos no negativos dentro de los parámetros de funcionamiento del aparato, se considera que sucede por el mal funcionamiento de una serie de componentes que varían dependiendo del análisis de partes de los motores, estos serán abordados en los siguientes sud títulos dependiendo de los fenómenos encontrados con los registros históricos de los motores a los cuales se le realizó el estudio de fallas.

**Deficiente estado de los inyectores:** se debe considerar antes de introducirnos en lo referente a causas de que los inyectores funcionen deficientemente ,que esto no es causa de que el motor deje de funcionar pero puede causar daños en otros componentes que están estrechamente relacionados con él, los inyectores son los que atomizan el combustible en la cámara de combustión, estos pueden sufrir un alto desgaste por la cantidad de veces que son intervenidos para su calibración o cambio de boquillas, entre el estado de los inyectores podemos mencionar los Oring que contiene que ayudan a sellar el orificio por el cual son introducidos a la cámara de inyección causantes de escape de presión, las boquillas que al estar obstruidas no generan la atomización adecuado en el área del pistón , los inyectores deben de ser regulados a 420 bar para que la presión de atomización dentro de la cámara de inyección sea la adecuada. Estos pueden sufrir una mala calibración al transcurso de los mantenimientos.

**Trabajo deficiente de las bombas de inyección:** las bomba de inyección en los motores de Alba-Generación son independientes de los inyectores como ocurre en otros modelos de motor utilizados para realizar la misma función, a diferencia de los componentes de una bomba común en un automóvil que tiene una serie de complementos electrónicos, estas son de funcionamiento plenamente mecánico sin sensores que las regulen, están compuesta por una serie de elementos que podrían disminuir la eficiencia de su trabajo al sufrir desgaste o roturas, las fallas con mayor frecuencia en las bombas de inyección son: los **Oring** rotos que causan fugas de combustible reduciendo la presión cuando el pistón se desplaza al punto muerto inferior disminuyendo la presión cuando este se mueve al punto muerto superior que es el momento en que el combustible es comprimido en la cámara de expulsión, el **plungger** que es el encargado del recorrido del combustible dentro

de la bomba con respecto a la fuerza ejercida por el árbol de leva, en este se contiene la lumbrera de salida de combustible que gira al realizarse la compresión del combustible hasta que encuentra la lumbrera de salida dirigiendo el combustible así los inyectores, si el plunger sufre un alto desgaste o bien se atasca por la acumulación de residuos de combustible por su alta viscosidad no realizara él envío adecuado de combustible o presentara fuga que invadirá el sistema. **Cabeza de bomba** puede presentar problemas tales como fugas por espárragos rotos o estar mal asentadas en la unión con el cuerpo de la bomba provocando fuga de combustible deficiencia de presión en la bomba.

Ya tomado en cuenta los problemas motores debemos mencionar los fallos humanos al armar la bomba, ya que las reparaciones correctivas de las bombas son ejecuciones de mantenimientos correctivos que se pueden realizar en tiempos relativamente cortos el personal de mantenimiento puede presentar errores de armado que no solucionaran el problema por falta de seguimiento de los procedimientos establecidos por los fabricantes o dirección de mantenimiento de la empresa.

**Falta de repuestos para los mantenimientos de las bombas:** la falta de repuestos vitales es error que se presentó en el sistema de mantenimiento de los equipos especialmente en las bombas de inyección ya que los plunger utilizados para reparación y mantenimiento de las bombas no son nuevos, el personal procede a rehabilitarlos para ser incorporados nuevamente en los motores ya sea para mantenimientos preventivos o correctivos.

**Regulación inadecuada de tiempos de inyección:** los problemas encontrados en los tiempos de inyección se pueden definir como la modificación en la cantidad de grados que hay que emplear para adelantar o retrasar los tiempos de inyección o bien de suministro del combustible:

**Retraso mecánico:** el combustible tarda unos cuantos mili segundos de salir del orificio de la tobera hasta llegar a la cámara de combustión en donde se dará la ignición. Estos tiempos son regulados de manera manuela en los mantenimientos si fuese requerido, el error común radica en que los mecánicos no están capacitados para realizar dicha regulación y al tratar de mejorar los tiempos.

**Alta viscosidad del combustible:** la alta viscosidad quizás sea la principal causa de baja eficiencia dentro del funcionamiento de las bombas de inyección ya que ocasiona que estas tengan un desempeño pobre al aumentar el desgaste entre sus componentes y bajar la calidad de la combustión dentro de los cilindros. El monitoreo de los indicadores de viscosidad y calidad por parte de laboratorio en la empresa y el poco interés de los ejecutivos por mejorar la calidad del combustible se considera como la principal causa del aumento de las temperatura en los cilindros y que se detalla en el siguiente diagrama de Ishikawa:



### **Cambio de culatas:**

El análisis de los problemas que causan el cambio de la culata en los motores Hyundai Himsen es descrito en la ilustración 12 y se presenta a continuación de forma detallada:

**Oring de camisa de culata dañada:** los errores humanos dentro de la ejecución del mantenimiento son causa de que los Oring de las diferentes partes de la culata se vean dañados al momento de su montaje.

**Deficiente apriete de culata:** las culatas van sostenidas al bloque del motor por una serie de espárragos que si no son ajustados de manera adecuada generan pérdidas de aceite, altas vibraciones etc. El desajuste en gatas hidráulicas puede ser una de las causas de este problema.

**Culatas con fisuras:** los problemas de fisuras en partes de la culata son causas de fugas o baja hermeticidad y la poca inspección en los mantenimientos o calidad inferior de las mismas, es de mencionar que las fisuras en las culatas se ven con mayor frecuencia en elementos que las componen como las válvulas, resortes etc.

**Mala hermeticidad de la cámara de combustión** la eficiencia en la generación de potencia de un motor de combustión interna depende en gran medida de la hermeticidad de la cámara de trabajo sobre el pistón. Si la unión entre el pistón y la camisa no es hermética, el trabajo con los gases tiene fugas y con ello todos los ciclos de trabajo del motor se ven afectados, especialmente la carrera de fuerza, que es aquella donde los valores de presión son más altos y donde se produce la potencia mecánica del motor

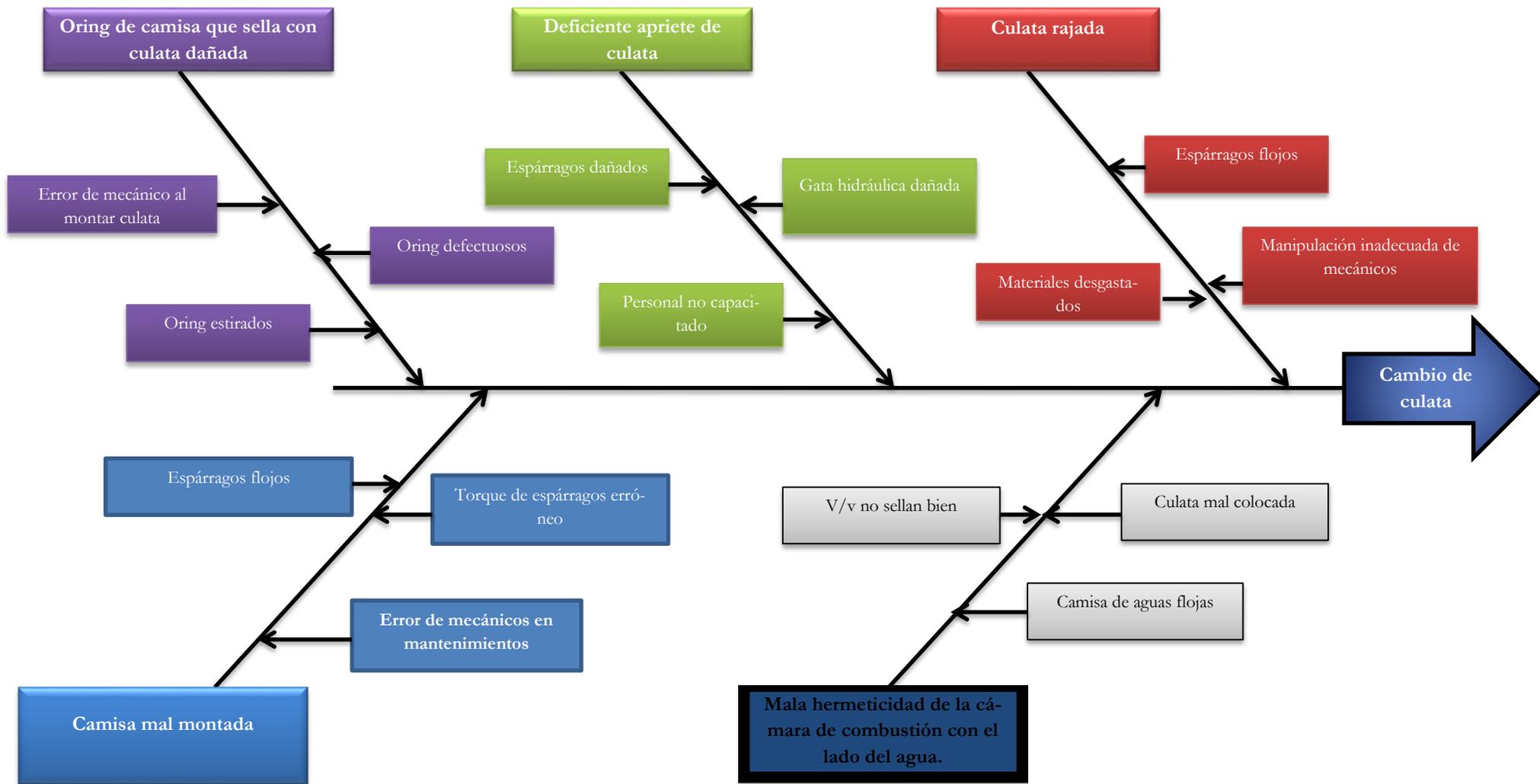


Figura X.12: diagrama de Ishikawa (causa y efecto). Cambio de culata

## b) del índice del Gobernador.

El gobernador es un sistema mecánico de velocidad utilizado en motores estacionarios, este es de gran importancia para el funcionamiento adecuado del motor por que permite la regulación del régimen de marcha del mismo y tiene como función principal fijar las revoluciones del motor independientemente del régimen de carga del mismo. Las inspecciones de las desviaciones o evaluación del funcionamiento del este se realizan de forma visual por medio del índice del gobernador.

Las principales causas que pueden causar que un gobernador tenga un funcionamiento inadecuado o necesite de un ajuste para que este funcione eficientemente las podemos encontrar en el siguiente diagrama de causa y efecto en la ilustración 13 y el cual se detallara específicamente a continuación:

- **Altas vibraciones:** los errores dentro de la ejecución de mantenimiento o trabajos correctivos son causas de que los soportes o espárragos de la boruta del turbo queden desajustadas ocasionando que los componentes del turbo con la carga de trabajo y las altas rpm que generan ocasionen altas vibraciones que pueden ocasionar daños graves al eje del turbo, los cuerpos extraños dentro de turbo son ocasionan de altas vibraciones al acumularse en las aspas sacando de equilibrio el giro del mismo.
- **Baja presión de carga y descarga:** la baja presión puede ser ocasionada por roturas en las flexibles que unen al escape con el turbo compresor con respecto a los aires de descarga o fisuras en la boruta la cual es la indica la dirección del aire de carga teniendo fugas ocasionando descompresión, las pocas programaciones de lavado de los turbos pueden ocasionar acumulación de residuos en los componentes del turbo ocasionando que disminuya la presión al reducir las rpm al turbo compresor.

- **Incremento o disminución de RPM:** son ocasionadas por alta concentración de residuos en las aspas de un turbo compresor que ejercen una inestabilidad en el giro del mismo, una sobre carga de parte del gobernador en el motor que al no llegar a la carga pedida para cumplir con la generación aumenta el esfuerzo de todos los componentes del mismo o por desajuste del gobernador que presenta un mal funcionamiento.

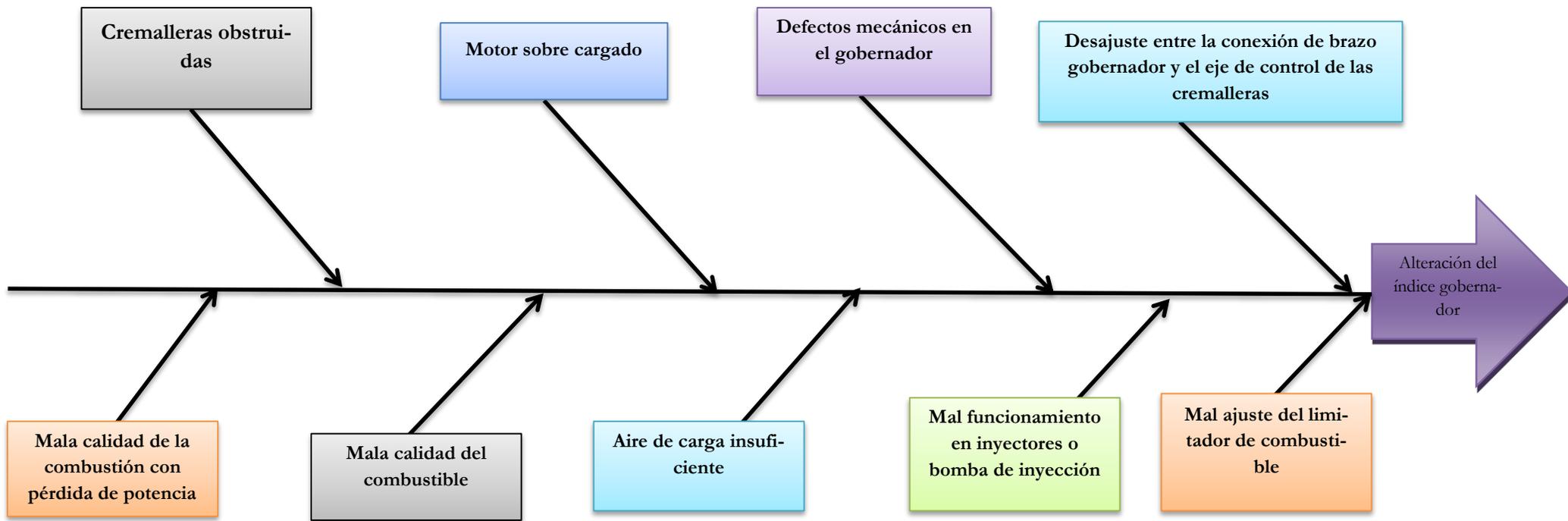


Figura X.13: diagrama de Ishikawa de alteración del índice del gobernador.

### c) Cambio o lavado mecánico del turbo compresor.

Básicamente un turbo compresor es un sistema de inducción forzada de aire, que está compuesto por dos partes principales: una turbina que es alimentada por los gases calientes de escape del motor, un compresor que comprime el aire antes que ingrese al motor, estos componentes están unidos mecánicamente por un eje en común, La turbina empuja a los gases de escape del motor y esta a su vez empuja al compresor que se encarga de comprimir el aire requerido del motor antes que este llegue a los cilindros permitiendo que haya una mayor mezcla de aire dentro de estos para que se realice una mejor combustión completada con el combustible inyectado.

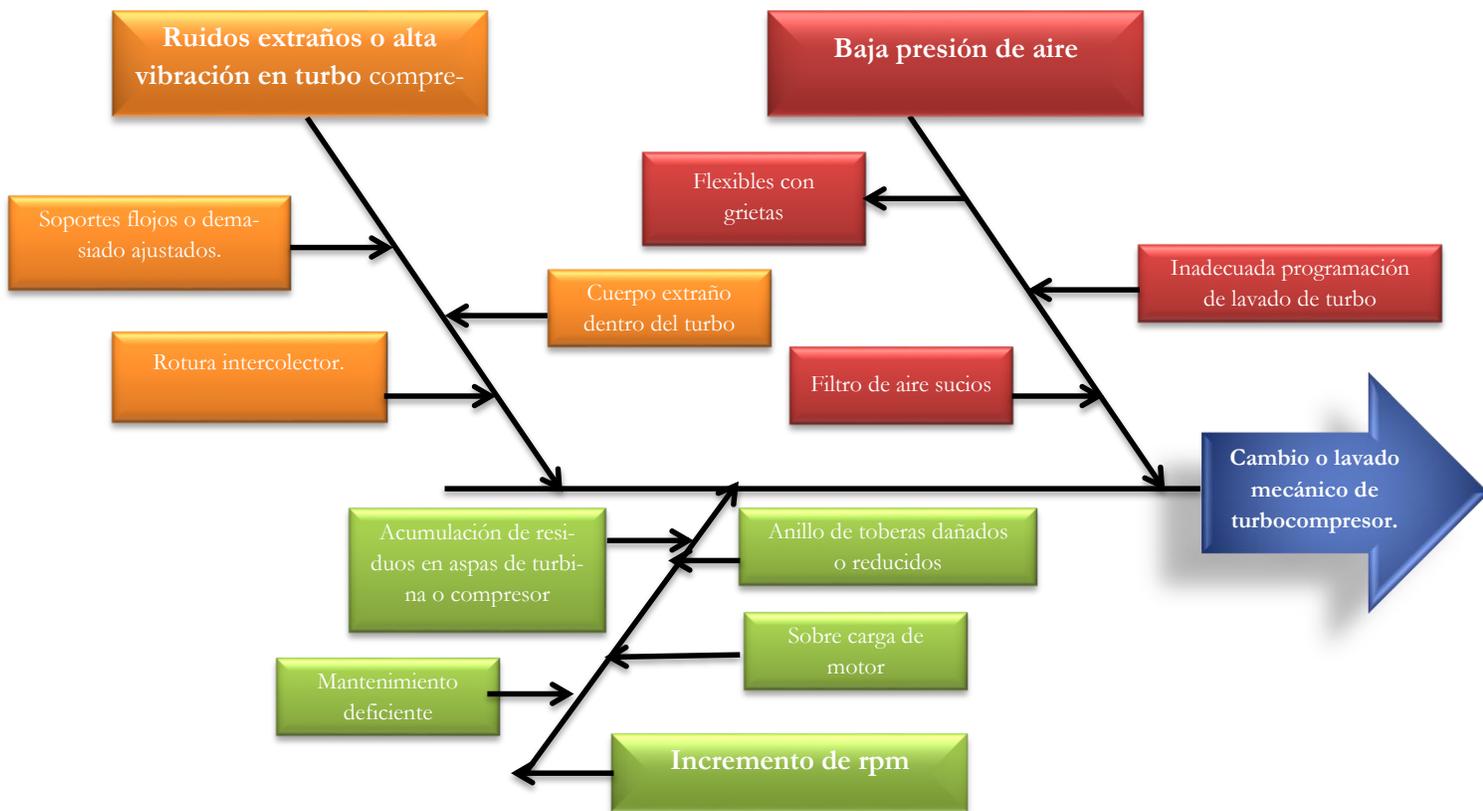


Figura X.14: diagrama de Ishikawa de Cambio o lavado mecánico turbo compresor.

## **Análisis de alteraciones en el índice de cremalleras en los motores HYUNDAI 9H 21/32.**

El índice de cremalleras esta estrecha mente relacionado a la entrega de potencia del motor, siendo este el factor determinante en la entrada de combustible del mismo o bien sea la cantidad que se le suministra a los cilindros por medio de las bombas de inyección de las cuales forman parte las cremalleras, por tales motivos se hace necesario conocer todos los factores que puedan actuar en la desviación que pueda surgir de este indicador, el cual es modificado por el personal de mantenimiento en la actividades de solución de altas temperaturas en los cilindros del motor.

La identificación por parte de los mecánicos en la ejecución de los ajustes de cremalleras es la inspección visual al momento de presentarse la alta temperatura en cilindros la cual es obtenida de los termómetros ubicados en las salidas de gases de los cilindros asía el múltiple de escape.

### **Consecuencia de alterar el índice de cremalleras:**

El ajuste de las cremalleras depende de la relación ya mencionada índice cremallera-potencia la cual es utilizada por los mecánicos con el fin de disminuir el suministro de combustible o ya sea aumentarlo y así aumentar o disminuir la temperatura de los cilindros modificando de esta manera la carga por cilindro y nivelando las temperaturas entre estos, cabe menciona que esta solución tiene efectos negativas como es las variaciones que pueden presentar el motor al momento del arranque o paro por cremalleras funciones en parámetros distintos.

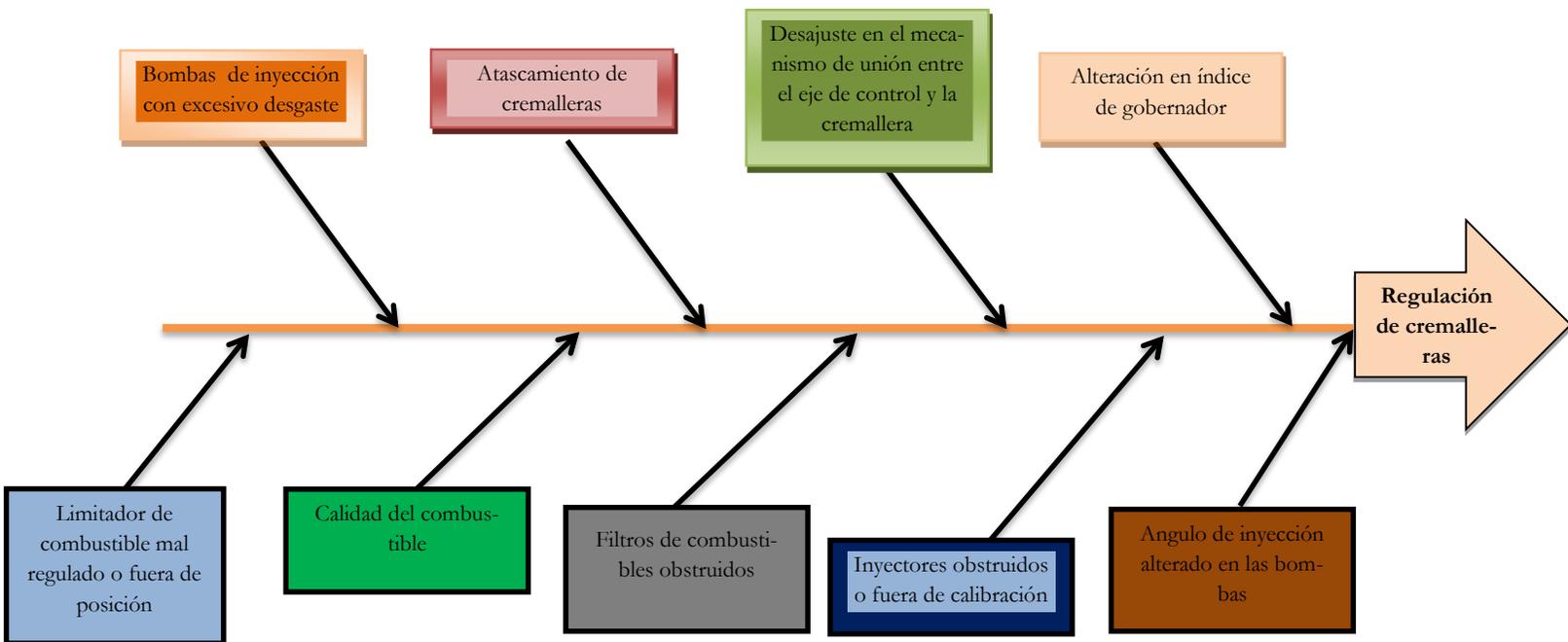


Figura X.15: Diagrama de Ishikawa de regulación de cremalleras.

#### d) Mantenimiento o cambio de bomba de inyección.

Las bombas de inyección son fundamentales en el funcionamiento de los motores de combustión interna ya que estas suministran a una determinada presión el combustible necesario para que este funcione. En muchos motores estas bombas están acopladas directamente a los inyectores encargados de atomizar el combustible dentro de los cilindros del motor, los motores Hyundai 9H 21/32 su sistema de suministro está creado con las bombas de combustibles independientes acopladas a árbol de levas quien rige los tiempos de recorrido del pistón. Estas bombas están compuestas por diferentes partes las cuales con el paso del tiempo y desgaste continuo pueden fallar ocasionando que el motor no funcione eficientemente lo que causa que tengan que intervenirla o ya sea por fugas de combustibles que ponen en riesgo al equipo con derrames de combustible lo que indica una intervención inmediata a estas. Por lo cual en el análisis causa y efecto tomaremos en cuenta las principales intervenciones y las posibles causas realizadas a las bom-

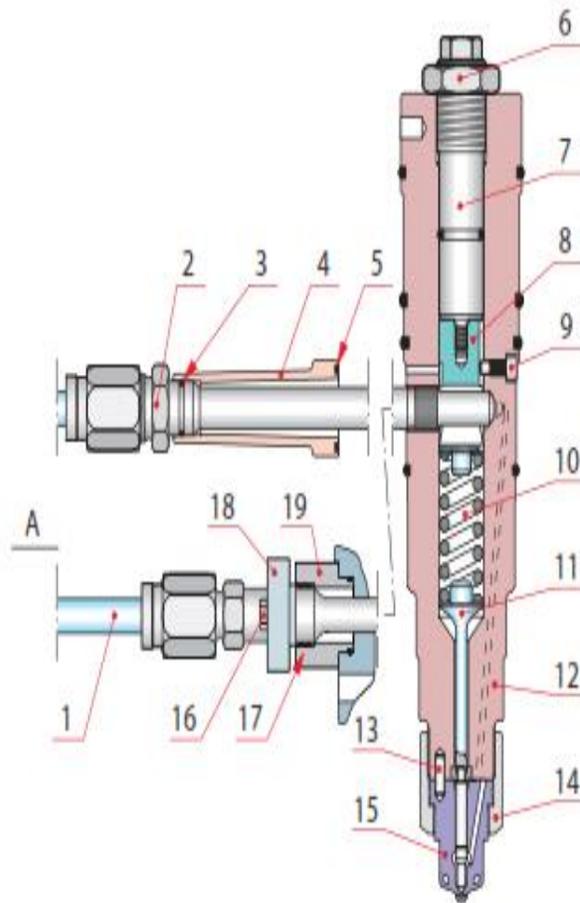
bas de inyección sin ser catalogadas dentro del término de alta temperatura en los cilindros que es una posible causa de la baja eficiencia de las bombas

Para entender cuál son el problema que se presenta en la bomba de inyección se debe conocer cada uno de sus componentes a como se muestra en la ilustración 17 en el cual se enumera cada pieza que intervienen en el proceso de inyección del combustible en la cámara de combustión.

Primeramente se describirá internamente la válvula de inyección con cada uno de sus componentes en la ilustración 16 para identificar en que área se presenta cada uno de los problemas que causan el cambio o mantenimiento de la bomba de inyección

## Válvula de inyección

---

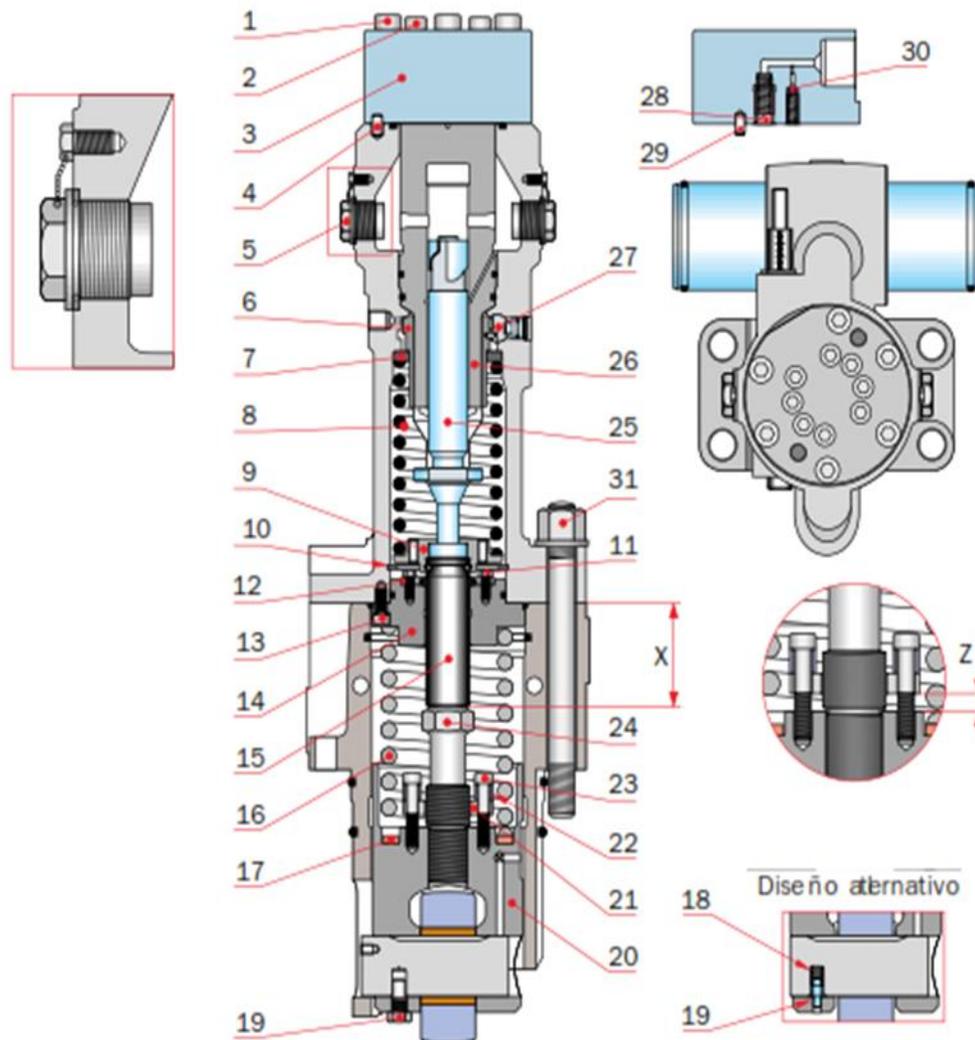


**A.** Anillo de fricción 1. Tubería de inyección 2. Pieza de conexión 3. Junta tórica 4. Manguito protector 5. Junta tórica 6. Contratuerca 7. Tornillo de ajuste 8. Retén de resorte 9. Tornillo de guía 10. Muelle 11. Varilla empujadora 12. Carcasa de la válvula de inyección 13. Pasador de fijación 14. Tuerca de tobera 15. Tobera 16. Tornillo 17. Anillos cónicos 18. Brida 19. Brida

---

Figura16: Válvula de inyección,

## Bomba de inyección



1. Tornillo 2. Tornillo 3. Cabezal 4. Bulón 5. Tapón de erosión 6. Manguito de control 7. Placa de muelle 8. Muelle 9. Soporte del muelle 10. Anillo de retención 11. Tornillo 12. Tapa 13. Tornillo 14. Brida 15. Vástago empujador 16. Muelle 17. Disco de resorte 18. Muelle 19. Tornillo/pasador 20. Taqué 21. Placa de fijación 22. Manguito 23. Tornillo 24. Tornillo de ajuste 25. Émbolo 26. Cilindro 27. Cremallera de combustible 28. Válvula de suministro + muelle 29. Bulón 30. Válvula de alivio de presión + muelle 31. Tuerca

Figura 17: bomba de inyección.

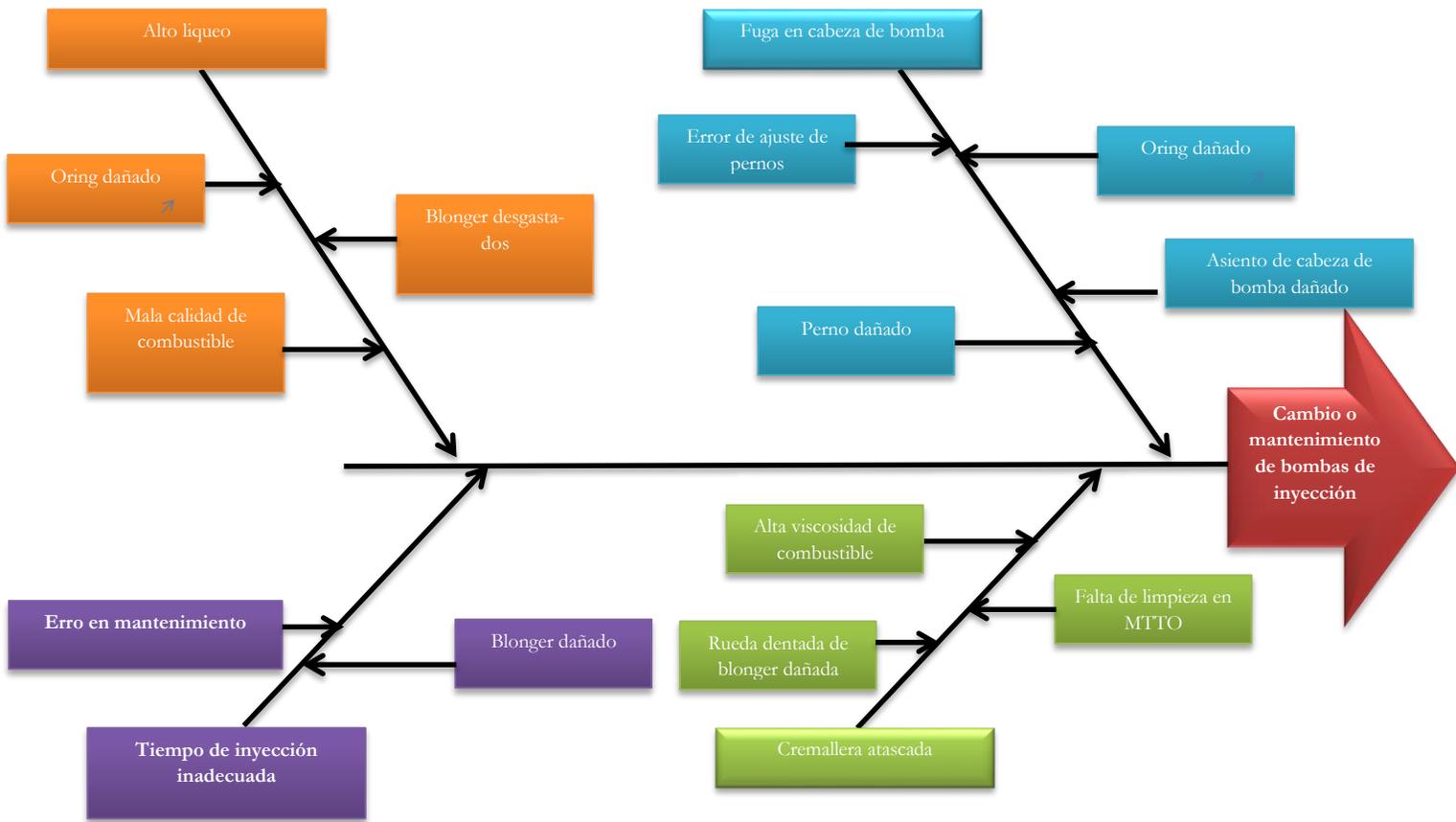


Figura X.18: Diagrama de Ishikawa mantenimiento de bombas de inyección.

### e) Cambio de filtros de aceite en MDU.

La adecuada lubricación en las partes mecánicas del motor donde existe fricción es de gran importancia para alargar su vida útil, los filtros de aceite son aquellos que regeneran o capturan las impurezas encontradas en el aceite ya sea por su mala calidad si fuese el caso o por la suciedad que acarrea con el desgaste al que es forzado el motor. La interpretación de este se considera como un mantenimiento preventivo ya que el motor puede seguir funcionando aunque los filtros estén sucios, pero es de vital importancia ya que los cambios excesivos de filtros pueden ser un factor importante de análisis para la interpretación de la ineficiente programación de mantenimiento o ya sea mala ejecución de estos.

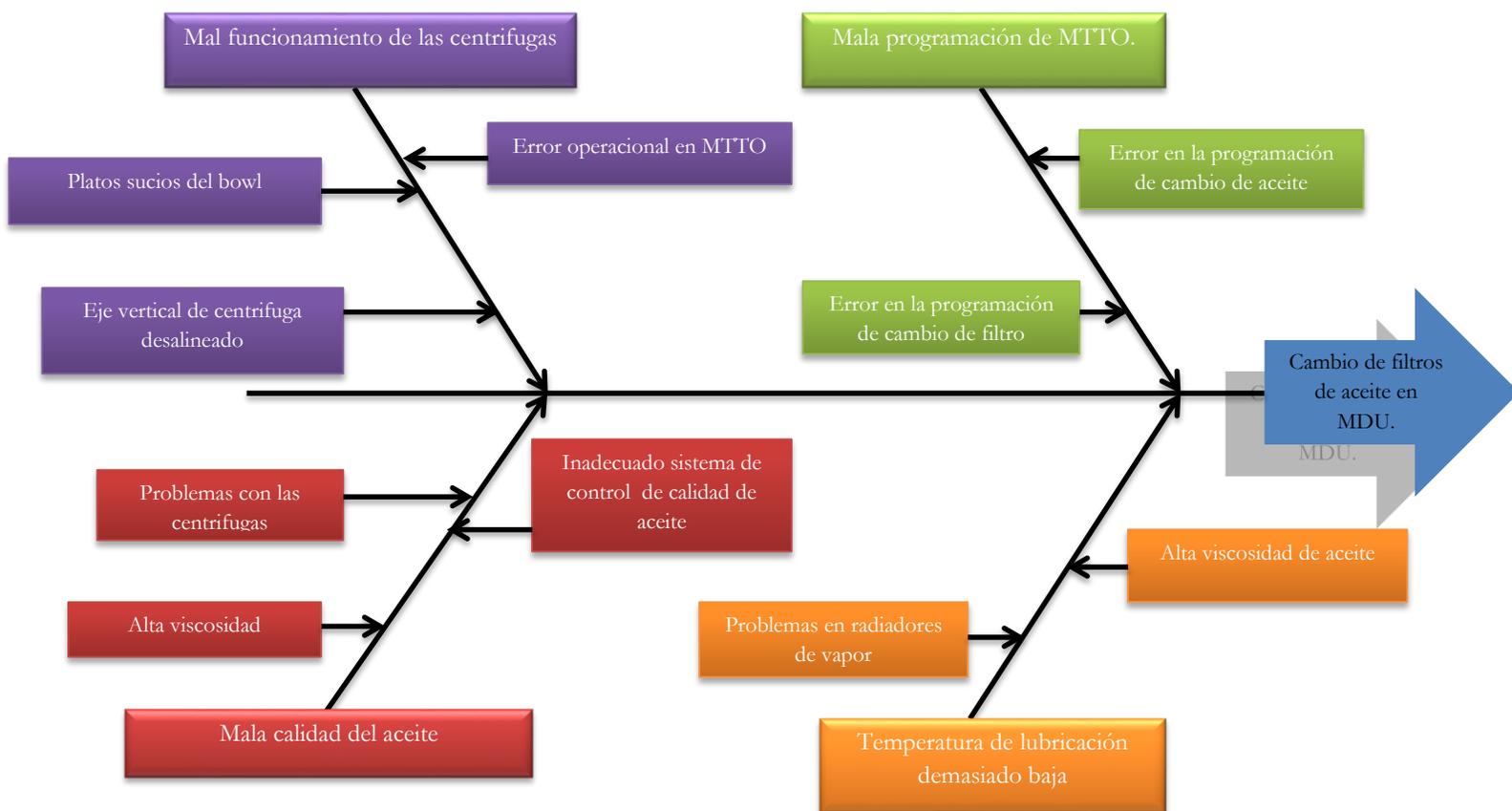


Figura X.19: diagrama de Ishikawa de cambio de filtro de aceite.

### **11.5) Análisis del costo de indisponibilidad de los equipos en la planta che Guevara VI:**

los costos de indisponibilidad son los costos que incurre la empresa cuando el equipo está fuera de servicio por causas atribuibles ya sea esto por deficiencia de los planes de mantenimiento preventivo y el aumento de los mantenimientos correctivos .

perjudicialmente se incurre en una pérdida económica a la empresa al no cumplir con las carga generada que debe aportar al sistema de interconectado nacional (SIN) y las obligaciones que todo ente generador debe cumplir con el centro nacional de despacho de carga (CNDC).

Mediante los siguientes datos se reflejara los causas principales que originaron el paro de los equipos de los motores que componen la batería 8 de la planta Che Guevara IV y las horas en que incurrió la avería de los equipos y el costo en dólares por Mega watt / hora .

En base a los datos suministrados por el departamento de estadísticas y reportes de la empresa se determinó los costos de indisponibilidad de los equipos en dependencia del tipo de falla o avería más frecuente por motor y que causa la interrupción del flujo de proceso dentro la planta y por tanto la reducción de la eficiencia de los equipos provocando que el nivel de carga sea insuficiente , generando multas por parte del centro nacional de despacho de carga y de la energía generada al sistema de interconectado nacional **(SIN)**.

Tabla 16: costos de indisponibilidad por averías del mes de enero.

Reporte del mes de enero					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio	precio en\$ Mw/Hora	costo de indisponibilidad en dólares
32	alta temperatura en los cilindros , cilindro #9 y 3 a 391°C y 301° C respectivamente	1.615	1.16	149.78	280.60
32	alta temperatura en los cilindros al 78%	1.615	0.5	149.78	120.94735
31	alta temperatura en los cilindros al 78%	1.615	22.03	149.78	5328.940241
29	n o indica voltaje	1.615	1.33	149.78	321.719951
		total de perdida por carga no generada			\$ 6,052.21

Fuente: estadísticas de Alba Generación Nagarote.

Tabla 17: costos de indisponibilidad por averías del mes de febrero

Reporte del mes de febrero					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio	precio en\$ Mw/hora	costo de indisponibilidad en dólares
32	disparo por bajo nivel de aceite	1.615	1.16	152.8	286.26
30	fuga de aceite en acople hembra de toma de presión de Carter	1.615	0.32	153.8	79.48384
		total de perdida por carga no generada			\$ 365.74

Fuente: estadísticas de Alba Generación Nagarote

Tabla 18: costo de indisponibilidad por averías del mes de marzo

Reporte del mes de marzo					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio (horas)	precio en \$Mw/hora	costo de indisponibilidad en dólares
29	fuga de agua por orificio revelador de culata	1.615	13.95	151.68	3,417.24
31	disparo por baja presión de aceite en el regulador de la bomba principal	1.615	8.3	151.68	2033.19456
32	alta temperatura en los cilindros al 78%	1.615	2	151.68	489.9264
31	cambio de filtro de aceite	1.615	0.84	151.68	205.769088
32	corto circuito en breaker CP-D10	1.615	2.99	151.68	732.439968
29	Problemas por mala combustión	1.615	11.02	151.68	2699.494464
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	4.63	151.68	1134.179616
		total de perdida por carga no generada			\$ 10,712.24

. Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote

Tabla 19: costos de indisponibilidad por averías del mes de abril.

Reporte del mes de abril					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio	precio en \$ Mw/hora	costo de indisponibilidad en dólares
30	alta temperatura en los cilindros al 77%	1.615	3.91	150.21	\$ 948.52
30	disparo por alta temperatura de aceite cilindro 9	1.615	3.53	150.21	856.3396995
30	alta temperatura en los cilindros al 77%	1.615	10.51	150.21	2549.611967
		total de perdida por carga no generada			\$ 4,354.48

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

Tabla 20: costo por indisponibilidad por averías del mes de mayo.

Reporte del mes de mayo					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio	precio en\$/Mw/hora	costo de indisponibilidad en dólares
32	alta temperatura en los cilindros	1.615	23.16	153.25	5,732.07
30	revisión del turbo compresor	1.615	1.99	153.25	492.5225125
32	alta temperatura en los cilindros al 78%	1.615	26.82	153.25	6637.916475
30	alta temperatura de cilindros	1.615	8.67	153.25	2145.814163
29	alta temperatura en los cilindros	1.615	8.67	153.25	2145.814163
29	baja temperatura en los cilindros	1.615	12.5	153.25	3093.734375
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	8.32	153.25	2059.1896
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	9.08	153.25	2247.28865
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	0.61	153.25	150.9742375
30	no baja carga	1.615	0.32	153.25	79.1996
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	30.4	153.25	7523.962
30	cambio de acople de medición de presión diferencial de turbo	1.615	0.76	153.25	188.09905
31	alta temperatura en los cilindros	1.615	2.7	153.25	668.246625
		total de perdida por carga no generada			\$ 24,554.35

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

**Tabla 21: costo de indisponibilidad por averías del mes de junio**

Reporte del mes de junio					
# MDU	Causa atribuible	potencia generada	tiempo fuera de servicio	precio en\$/Mw/hora	costo de indisponibilidad en dólares
31	alta temperatura en los cilindros	1.615	0.49	153.86	121.757111
32	cambio de manga de acople de salida del generador	1.615	0.68	153.86	168.969052
30	alta temperatura en los cilindros	1.615	2.05	153.86	509.391995
31	alta temperatura en los cilindros	1.615	13.13	153.86	3262.593607
total de perdida por carga no generada					\$ 4062.711765

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote.

**A Continuación se detalla** mediante las tablas los costos de indisponibilidad de los equipos por mes y monto y porcentaje de ocurrencia.

**Tabla 22: costo total por paro de los equipos.**

consolidado por mes	monto en dólares por energía no generada	monto en córdobas	falla más repetitiva
enero	\$ 6,052.2054	164,619.99	12.0798%
febrero	\$ 365.73936	9,948.11	0.7300%
marzo	10712.24074	291,372.95	21.3810%
abril	4354.475243	118,441.73	8.6913%
mayo	24554.35099	667,878.35	49.0090%
junio	4062.711765	110,505.76	8.1089%
monto total por energía no general	\$ 50,101.7235	C\$ 1362,766.88	100.0000%

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote

Como lo muestra los datos el mes de mayo se refleja un repunte en los costos por averías equivalente a 49 por ciento de los costos de indisponibilidad durante el periodo estimado equivalente a \$ 50,101.7235 .

Estos datos se determinaron en base a los reportes estadísticos por cada uno de las fallas o averías más representativas y se identificó que la principal causa que genera perdida a la empresa en más del 95% el cual se detalla a continuación por cada uno de los motores que componen la batería 8

**Tabla 23: porcentaje de ocupación de los costos a causa de altas temperaturas de los gases de escape en los cilindros**

perdida monetaria por alta temperatura en los gases de escape en los cilindros			
Mdu	costo en dólares	costo en córdobas	porcentaje de ocupación
32	13,261.46	362,037.83	26.469%
29	5,239.5485	143,039.68	10.458%
30	20,125.28	549,420.02	40.169%
31	9,259.7805	252,792.01	18.482%
<b>TOTAL DE PERDIDA</b>	<b>\$ 47,886.06</b>	<b>C\$1307,289.537</b>	<b>95.578%</b>

Fuente: Estadísticas de Alba Generación Nagarote

Y el restante 5% de los costos de indisponibilidad equivale \$ 2215.6635 a lo conforman las siguientes fallas:

- Revisión del turbo compresor.
- Cambio de acople de medición de presión diferencial de turbo
- Cambio de manga de acople de salida del generador
- Problemas por mala combustión.

Como se presenta en los datos anteriores el problema de las altas temperaturas en los cilindros es un problema que se presenta en todos los motores o MDU y por tanto en debe plantear a cabalidad las acciones que se deben tomar en la planificación de los programas de mantenimiento para reducir el nivel de incidencia de las pérdidas dentro del proceso de generación de energía eléctrica

### **11.6) Factores que afectan el funcionamiento de los motores Hyundai en la empresa Alba Generación**

Entre las aplicaciones importantes del motor diesel en nuestro medio, es la utilización como maquina motriz estacionaria acoplada a un generador para obtener energía eléctrica que puede ser destinada para el uso general o bien distribución energética. En este caso en particular consiste en un motor instalado un generador para cumplir con diversas actividades en una industria generadora de electricidad.

**a) Condiciones de trabajo:**

Para un análisis satisfactorio de las condiciones de trabajo de los motores es necesario considerar el control, características y cualidades de los factores internos propios del sistema como de las condiciones externas bajo las cuales se desarrolla el funcionamiento de los mismos, factores tales como altitud, fuentes de calor, calidad y cantidad de la circulación de aire para determinar los puntos específicos que deben ajustarse, calibrar o compensar los elementos integrales del sistema que definen el estado actual de funcionamiento de los motores y cuáles deberían ser los adecuados.

**b) Altitud:**

La altitud sobre el nivel del mar afecta en especial al valor de temperatura, la presión atmosférica y en consecuencia el punto de ebullición del agua, que es el medio utilizado en el sistema de enfriamiento, esto conlleva a establecer el valor de temperatura a la que hierve el agua en relación a la altura de trabajo en la que se encuentra o bien las recomendadas por los fabricantes para asegurar la eficiencia de los equipos y las afectaciones con el paso del tiempo de trabajo de los motores. A medida que aumenta la altitud se reduce la densidad del aire por lo tanto disminuye la velocidad de transferencia térmica produciendo un aumento en la temperatura del medio de refrigeración utilizado en el sistema.

**c) Fuentes de calor.**

Durante el funcionamiento del motor se presenta la generación del calor que es controlado a través del sistema de enfriamiento pero pueden existir otras áreas generadoras de calor aledañas al lugar de trabajo o muy cercanas al mismo que afectan el desenvolvimiento esperado, cuando aumenta la temperatura del ambiente el aire que se utiliza tiende a cambiar la densidad provocando una disminución del oxígeno elemento fundamental que interviene de forma directa en la mezcla del proceso de combustión del motor.

Por lo cual es indispensable que el área designada para la instalación del motor no sea afectada por fuentes de calor constante que produzcan temperaturas elevadas ya que causan inconvenientes con el sistema de enfriamiento debido a que no circula por el radiador y otras piezas el aire a temperatura normal sino un flujo caliente del mismo que impide la transferencia correcta de calor al agua elemento vital en el sistema de enfriamiento de los motores.

#### d) Tipo de combustible:

Para poder entender la influencia del tipo o calidad de combustible y su importancia para la eficiencia de los motores.

- **Selección del combustible:** al seleccionar el tipo de combustible debemos tomar en cuenta la potencia calorífica, costo, disponibilidad del combustible, niveles de aplicación de carga, revoluciones del motor, frecuencia de los cambios de carga y condiciones atmosféricas de operación. Ya que este debe proporcionar la energía para todo el trabajo que realizara el motor poseyendo buenas cualidades de lubricación para el sistema de alimentación de combustible para el inyector y bomba. Ya que si el combustible no cuenta con buenas cualidades de lubricación los componentes de las bombas resultaran dañados ya que se necesitan muchos ajustes de calibración que van deteriorando el componente.
- **Características del combustible:** son aquellas propiedades que definen o determinan la calidad del combustible en relación directa con el funcionamiento y rendimiento del motor.
- **Viscosidad:** en términos comunes, representa una medida de la resistencia que opone un líquido a fluir. El HFO es un combustible particular mente económico se compone principal mente de residuos de ebullición difícil de destilación del petróleo crudo y según su clasificación puede tener un alto grado de viscosidad que pueden exigir más al sistema de inyección de los motores.

El fuel Oil que utiliza Alba Generación en sus motores es de carácter pesado y se considera que para el fuel con clasificación pesada contienen entre 39 y 41 MJ/kg según su composición química a diferencia del fuel Oil clasificado como liviano que contiene mayor poder calorífico. La viscosidad depende tanto de la composición del petróleo residual como de la cantidad de diluyente final en la composición, el fuel Oil por su composición debe ser precalentado para su utilización y dependiendo de la viscosidad que esta medida por cst será más eficiente la combustión dentro del motor.

Las principales sustancia que acompañan al fuel Oil y son parcialmente indeseadas y que solo las podemos determinar y analizar por análisis químicos son: agua, sedimentos, asfalto, nitrógeno y azufre, así como algunos metales en porciones menores.

#### Porque sustancias indeseadas en el fuel Oil:

1. Agua: un alto contenido de agua en el fuel Oil produce perdidas de energía en la combustión y reduce el poder calorífico.

2. Sedimentos: son componentes sólidos de distinto tamaño granular que provienen del petróleo crudo. Estos obstruyen los filtros y en parte una abrasión negativa de las bombas V/v y pastillas de atomización.
3. Asfalto: este representa el componente más pesado del fuel Oil consta de compuesto de hidrocarburos de cadenas muy largas que tienden a integrarse a altas temperaturas producen residuos de coque en las pastillas o toberas de atomización.
4. Nitrógeno: en el fuel Oil pesado contiene entre 0.2-4% y este es el gran responsable de las emisiones de óxidos de nitrógeno del sistema de combustión.

➤ **Suministro de materiales:** el suministro de materiales en alba-Generación está regido por la utilización de órdenes de trabajo ejecutadas por el programador de mantenimiento en la realización de mantenimientos correctivos, para los mantenimientos preventivos estos deben de ser solicitados por el jefe de mantenimiento con un tiempo previo de un mes. Los suministros de repuestos o equipos son ejecutados por empresas de origen coreano. El encargado de suministro está regido por las políticas de compra de la compañía, los registros de entrada y salida de materiales tienen un registro histórico de la cantidad y costos de ejecución, los materiales según la experiencia de los encargados de los mantenimiento de las empresa consideran que estos son de baja calidad por la vida útil de los equipos y el análisis histórico de estos.

Alba a obtenidos repuestos de empresas de origen alemán para la batería 5, la cual ha generado mejores resultados según los mecanismos de la compañía, esta información debe ser un aspecto de gran importancia para el análisis del estado de mantenimiento de la compañía y las mejoras que se les pueden ejecutar al mantenimiento.

En equipos de carácter especial como turbos compresores, radiadores de vapor, plunger la compañía no tiene en existencia para emergencias en bodega, al presentar problemas estos equipos la compañía tiene que enviar la solicitud a taller central ubicada en Managua lo que aumenta el tiempo de repuesta a los problemas disminuyendo la eficiencia de los mantenimientos.

**Distribución de la planta:** la distribución de planta está regida por diversos principios como son la distribución de materiales, espacio de trabajo, flexibilidad etc. Los cuales son de gran importancia en cualquier estudio de distribución y en todos estos casos Alba cumple con estos requerimientos, pero es de mencionar que para la distribución de esta clase de equipos que generan una determinada cantidad de calor, el flujo de las corrientes de aire debe ser de prioridad ya que puede ser factor que influye en la eficiencia de la planta con el paso del tiempo. Los motores en Alba Generación tienen una distribución en la cual no se aprovecha el flujo de aire que circula de este a oeste, que ayudaría en el enfriamiento o disminución de calor en las áreas entre motores.

## XII.CONCLUSIONES:

En conclusión la tecnología de los motores HIUNDAY HINSEM 9H21/32 están caracterizados por ser equipos de alta eficiencia energética muy útil en caso de emergencia por su facilidad de instalación, operación y adaptación en los sitios donde se amerite suplir las necesidades de energía eléctrica, consta de un motor de combustión interna compuesto de pistones, biela, culata, Carter, árbol de levas, bomba de inyección de combustible, bombas de agua de alta y baja temperatura, cigüeñal, gobernador, inyectores acoplado a un turbo compresor que suministra el aire al sistema de combustión e enfriamiento del motor, a un generador que por medio de transmisión de energía mecánica se da la generación de energía eléctrica, a un panel de control que por medio de contactores componen el sistema de arranque o parao de emergencia.

La eficiencia de los motores tiene una estrecha relación con la eficiencia del cumplimiento de los mantenimientos programados dentro de la compañía por lo cual de los mantenimientos programados para el periodo de enero a junio del 2015, de 368 órdenes de trabajo programadas para mantenimiento se ejecutaron 272 ordenes, representando un 71.9% de los mantenimientos quedando pendiente aproximadamente el 28.1% por diversos motivos. La eficiencia energética establecida bajo los contratos con el CNDC es de 90% para cualquier requerimiento a ALBA-GENERATION Nagarote en cualquiera de sus motores, siendo la eficiencia real en la planta de un 80% en la batería 8 de la planta Che Guevara 6, lo cual genera incumplimiento en la carga contratada al CNDC. Al verificar la información de los mantenimientos con la eficiencia real es fácil constatar que una de las causas es la falta de cumplimiento de dichos mantenimiento en tiempo y forma por el aumento de mantenimiento correctivo.

Entre las causas principales que generan el aumento de los mantenimientos correctivos se encuentran, alta temperatura en los gases de escape en los cilindros debido a trabajo deficiente en las bombas de inyección, mala calidad del fuel Oil, poca hermeticidad en los aros de los cilindros y pistones, problemas de sistema de enfriamiento. Cambio de culata debido a fisura que generan fugas de agua, válvulas de culata dañadas, mala hermeticidad de la cámara de combustión, ORING de culata y camisa de culata dañada. Alteración del índice del gobernador debido a altas vibraciones, errores en ejecución de mantenimientos, falta de capacitación de mecánicos en el referente a gobernadores. Cambio de turbo compresor debido a mantenimiento inadecuados en los mantenimientos por falta de capacitación, mala calidad de combustible que genera exceso de residuos acarreados por el humo, mala calidad de los repuestos. Alteración en índice de cremalleras debido a falta de capacitación a mecánicos ya que no se realiza de forma adecuada, mala

calidad de los combustible, mala calidad de materiales al realizar los mantenimientos como plunger 0 componentes de las bomba de inyección.

El análisis de costo por indisponibilidad de los equipos por las fallas antes mencionadas, refleja que en el mes de enero fue de \$ 6052.21, febrero fue de \$ 365.74, Marzo que registra la pérdida equivalente a \$ 10712.24, abril se registra una pérdida de \$ 4354.48, mayo con la pérdida más alta equivalente a \$ 24554.35 en concepto de energía no generada o aportada al sistema interconectado nación SIN. Junio \$ 4062.71 lo cual nos indica que situación técnica de los motores no es eficiente ya que siempre se registran pérdidas no programadas en los equipos.

El mes de mayo representa el 49% de los costos por fallas de los equipos con respecto al total de fallas en donde de los cuatro motores de la batería 8 el mdu 30 adsorbió un costo de \$ 20125.28 representando el 40.16% de los costos totales de la batería 8 en concepto por alta temperatura en los gases de escape de los cilindros siendo el principal problema encontrado en el análisis de falla, seguido del mdu 32 con un 26.46% y el mdu 31 con un 18.48 %. Siendo la pérdida total en la batería 8 de \$ 47886.

### **XIII.RECOMENDACIONES:**

#### **Recomendaciones para aumentar la eficiencia del mantenimiento en Alba-Generación.**

En base a las conclusiones obtenidas recomienda la implementación de mejora en los procedimientos de mantenimiento establecidos por la empresa con un programa de análisis y seguimiento de los puntos críticos encontrados para ello se considerar los siguientes aspectos:

1. Elaboración de planillas de inspección para el supervisor de mantenimiento y jefe de mantenimiento.
2. Estandarizar los trabajos de mantenimiento en los motores HINSEM 9H 21/32.
3. Utilizar materiales de mejor calidad considerando un análisis de vida útil de cada uno de ellos para los mantenimientos.
4. Adquirir Fuel Oil de mejor calidad.
5. Capacitación a personal en mantenimiento de turbo compresores, gobernador de motores Himsen 9H 21/32.
6. Mejorar la programación de pruebas de eficiencia en MDU las cuales no sean realizadas solo para pre mantenimientos.
7. Realizar evaluación del sistema de inventario de la empresa para su mejor funcionamiento.

#### XIV.BIBLIOGRAFIA:

- Norma Covenin.* (1997). Obtenido de cilindros para gases licuados de petroleo:  
<http://www.sencamer.gob.ve/sencamer/normas/649-97.pdf>
- alonso, j. m. (2007). *sistemas auxiliares de motores.* mexico.
- ASTM international.* ( agosto de 2015). Obtenido de  
[http://www.astm.org/ABOUT/full\\_overview.html](http://www.astm.org/ABOUT/full_overview.html)
- enrique donunge villanueva, c. l. (s.f.). mantenimiento del servicio. En e. dounge villanueva, c. lopez de leon, & J. F. dounge perez, *la productividad en el manteneimto industrial* (págs. 18-21). mexico : comapñia editorial continental.
- GRUPO SAACKE INTENACIONAL. (2015). *SAACKE SOLUCIONES.* Obtenido de  
<http://www.saacke.com/es/combustibles/combustibles-estandar/fuel-oil-pesado/>
- Gutierrez Quispe, D. (2015). *motores de tipo Otto.* Obtenido de  
<http://www.monografias.com/trabajos95/motor-tipo-otto/motor-tipo-otto2.shtml>
- [http://es.slideshare.net/kbeman/manual-mantenimiento-plantas-electricas-diesel?related=2.](http://es.slideshare.net/kbeman/manual-mantenimiento-plantas-electricas-diesel?related=2)  
(2013). *manual de mantenimiento de plantas electricas disel .*
- ideas afines.* (2004). Recuperado el 27 de julio de 2005, de ideas afines:  
[http://www.ideasafines.com.ar/palabras-relacionadas-fueloil.php?palabra=fuel+oil.](http://www.ideasafines.com.ar/palabras-relacionadas-fueloil.php?palabra=fuel+oil)
- inciclopedia Wikipedia.* (s.f.). Recuperado el 23 de 06 de 2005, de  
<https://es.wikipedia.org/wiki/Coque>
- Instituto de Energia y Minas de Nicaragua(MEM). (2013). *CAPACIDAD INSTALADA POR TIPO DE PLANTA. MANAGUA ,NICARAGUA.*
- leon jaime, J. F., hernandez veloz, J., & cumbrera Aviles, E. (2011). *manual d diagnostico alba generacion Nagarote.* leon, Nicaragua: ALBA Generacion.
- Martinez, v. a. (2007). *Motores de combustion interna.* mexico: san celoni.
- WIDMAN INTERNATIONAL SRL.* (2005). Obtenido de  
<http://www.widman.biz/Seleccion/viscosidad.html>

## XV: ANEXOS

### ESTRUCTURA DEL MERCADO ELECTRICO

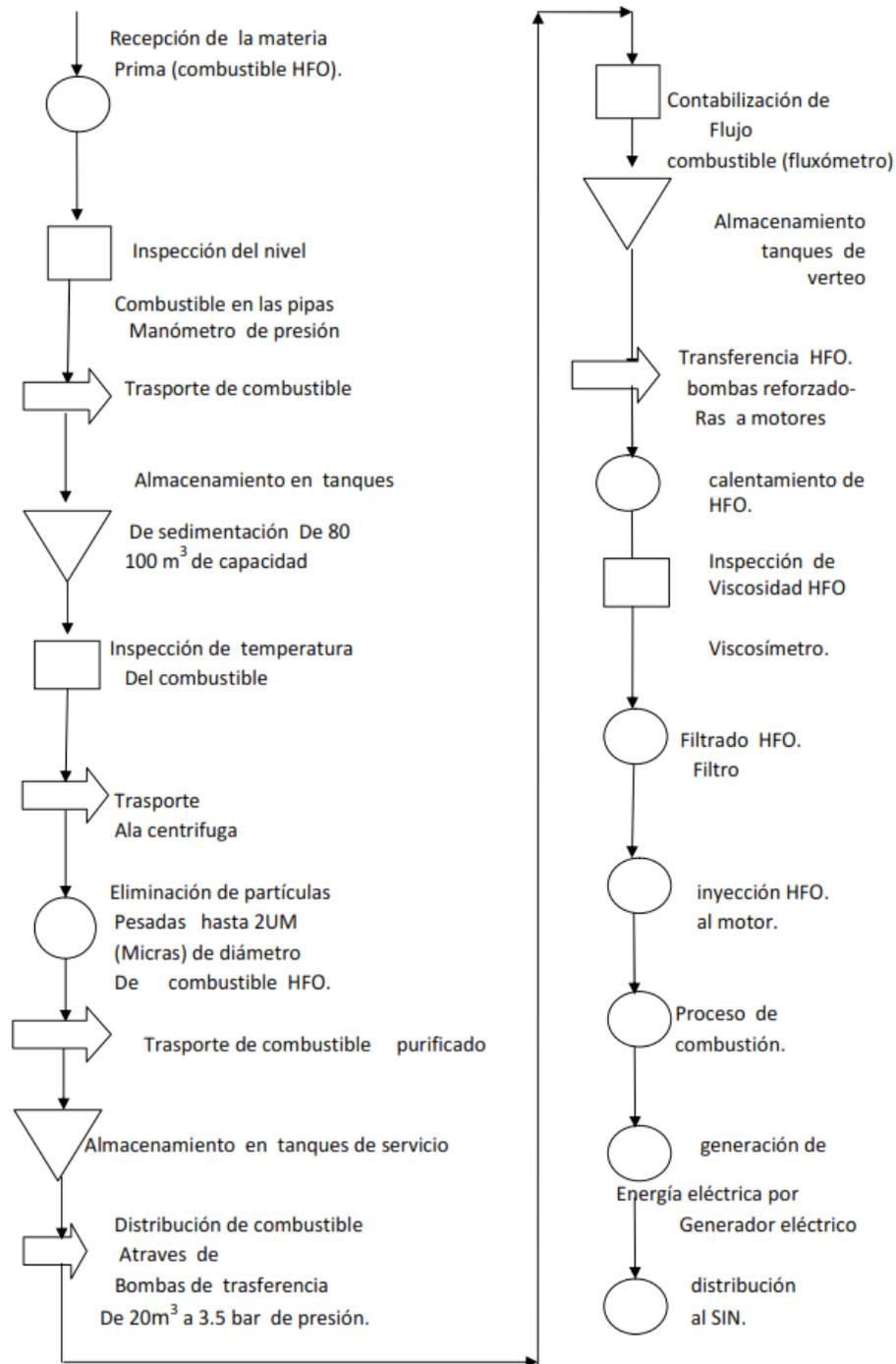
**Mercado Eléctrico  
Mayorista de Nicaragua**



Fuente: Empresa Nacional de Trasmisión Eléctrica (ENATREL).

Anexos1: Estructura jerarquía del mercado eléctrico

## Flujo grama de procesos de la empresa Alba Generación para la generación de energía eléctrica a base de Fuel oíl:



Anexos 2: flujo grama de procesos de ALBA Generación

## Carta régimen de la empresa Alba Generación:

	<b>Descripciones</b>	<b>Rango de operación normal a potencia fija</b>	<b>Alarma</b>	<b>Disparo del motor</b>	<b>Co-ment.</b>	
<b>Control de velocidad</b>	Velocidad del Motor.	891 – 909 rpm	$\geq 1017$	113%(1ro) 115%(2do) de la velocidad fija	$\geq 1035$ parada	
<b>Sistema de combustible</b>	Nivel de goteo del combustible.	-	Alto nivel			
	Viscosidad del DO	4 - 6 cSt				
	Viscosidad del FO	12 - 18 cSt	$\leq 12$	$\leq 18$		
	Presión de entrada del combustible al motor (para operación continua con combustible pesado HFO)	7- 8 bar (MDO)	$P_{MDO} \leq 6$ bar			
		7 - 10 bar (HFO)	$P_{HFO} \leq 6$ bar			
	Índice de cremallera	16 -28 mm				
	Índice de gobernador	3,5 – 6 %				
Temperatura del combustible a la entrada del motor	30–45°C (MDO)  110-140°C(HFO)		$\geq 150^{\circ}\text{C}$			

<b>Sistema de aceite lubricante</b>	Caída de presión de aceite lubricante en el filtro	0.2 - 1.0 bar	≥ 1.5 bar	≥ 2.0 bar	
	Presión antes del filtro	5.0 - 6.0 bar			
	Presión del aceite lubricante en el motor después del filtro	4.0 - 5.0 bar	< 3.5 bar	<3.0 bar	
	Temperatura del aceite lubricante a la entrada del motor	60 -70°C	> 80° C	>85°C	
	Presión del aceite lubricante en la entrada del TC	2.0 - 4.0 bar	1.5 bar		
	Nivel de aceite lubricante en el cárter	50 - 75 %			

<b>Sistemas</b>	<b>Descripciones</b>	<b>Rango de operación normal a potencia fija</b>	<b>Alarma</b>	<b>Disparo del motor</b>	<b>Obs.</b>
<b>Sistema de enfriamiento</b>	Presión de aceite de pre - lubricación	0.2 -1.5 bar			
	Temperatura salida del agua del sistema enfriamiento de alta temperatura (a la unidad refrescadora)	75 - 85° C	> 90° C	>95° C	
	Temperatura del agua de enfriamiento de baja temperatura a la entrada al motor (desde la unidad refrescadora)	30 - 40° C	> 45° C		
	Presión de entrada al motor del agua de enfriamiento de baja temperatura	1.5 - 4.5 bar	< p estática+ 0,4 bar (1)		

	Presión de salida del motor del agua de enfriamiento de alta temperatura	1,5 – 4,5 bar			
	Temperatura del agua a la entrada de refrigerador de aire de carga	35 -40 °C			
	Temperatura del agua a la salida de refrigerador de aire de carga	50			
<b>Sistema de inyección y gases de escape</b>	Máxima presión de encendido del cilindro	200 bar	-	-	
	Presión de encendido del cilindro	115 - 190			
	Desviación promedio de presión en los cilindros	Max. ± 5bar			
	Presión del aire de carga después del enfriador	2,60 -2,75 bar			
	Presión del aire de carga antes del enfriador	1,0 - 3,2 bar			

<b>Sistemas</b>	<b>Descripciones</b>	<b>Rango de operación normal a potencia fija</b>	<b>Alarma</b>	<b>Disparo del motor</b>	<b>Obs.</b>
<b>Sistema de inyección y gases de escape (cont.)</b>	Contrapresión de los gases después del turbo	0,03 bar			
	Temperatura de aire dentro del contenedor	30 - 45 °C			
	Temperatura del aire de carga después del enfriamiento	35 - 55°C			
	Temp. de gases de escape a la salida del cilindro	250 –390°C(3)	≥ 450°C		
	Desviación del promedio de los cilindros.	<50°C	≥70°C		
	Temperatura de los gases de escape a la entrada del TC.	450 –520°C	>580°C		
	Temperatura de los gases de escape a la salida del TC.	250 –380°C	>450°C		
	Velocidad del turbo compresor	27 600 - 40 680			
<b>Sist. de aire comprimido</b>	Presión aire de arranque	25 -30 bar	≤ 20 bar		
	Presión aire válvula motor (MDU)	7 - 8 bar			
	Presión aire válvula disparo emergencia	7 – 8 bar			

Anexos 3: Carta Régimen de la empresa Alba Generación.

## Área de recepción de combustible



Anexos 4: Recepción de combustible Fuel Oil (HFO).

## Tanques de almacenamiento de Fuel oil. (HFO)



Anexos 5: Tanques de Sedimentación Fuel oil y Tanques de diesel.

## Área de motores (MDU).



Anexos 6: área Motores Hyundai HIMSEN 9H21/32 (MDU).

## Panel de control de los motores



Anexos7: Panel Eléctrico de los Motores Hyundai Himsen.

## Reparación de panel de control:



Anexos 8: Reparación de los Paneles de Control.

## Mantenimiento de turbo compresor:

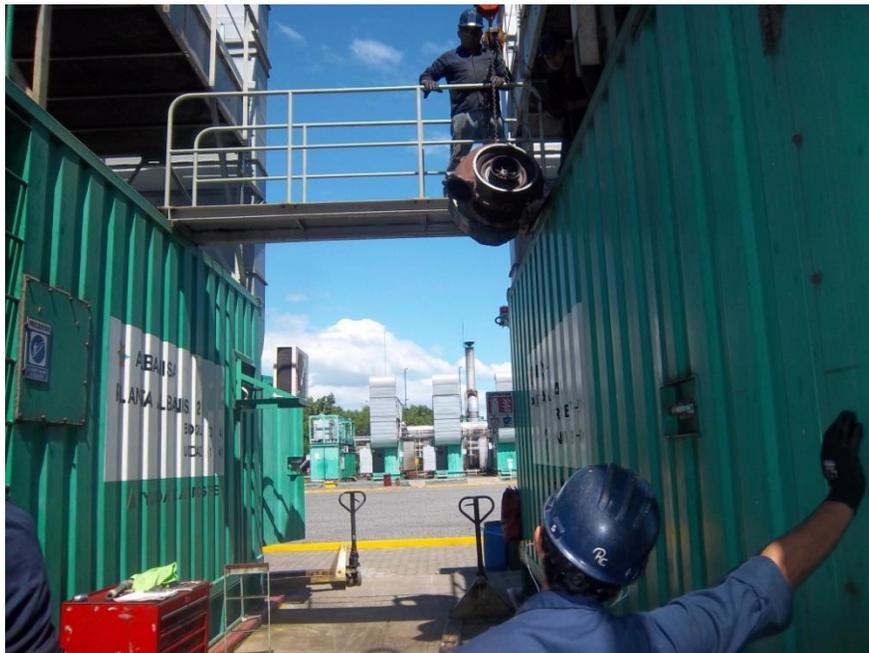


Anexos 9: Mantenimiento de Turbocompresor por los Mecánicos.

## Desmontaje de turbo compresor.



Anexos 10: Desmontaje de un Turbocompresor.



Anexos 11: Extracción de Turbocompresor del MDU.

## Lavado de un radiador



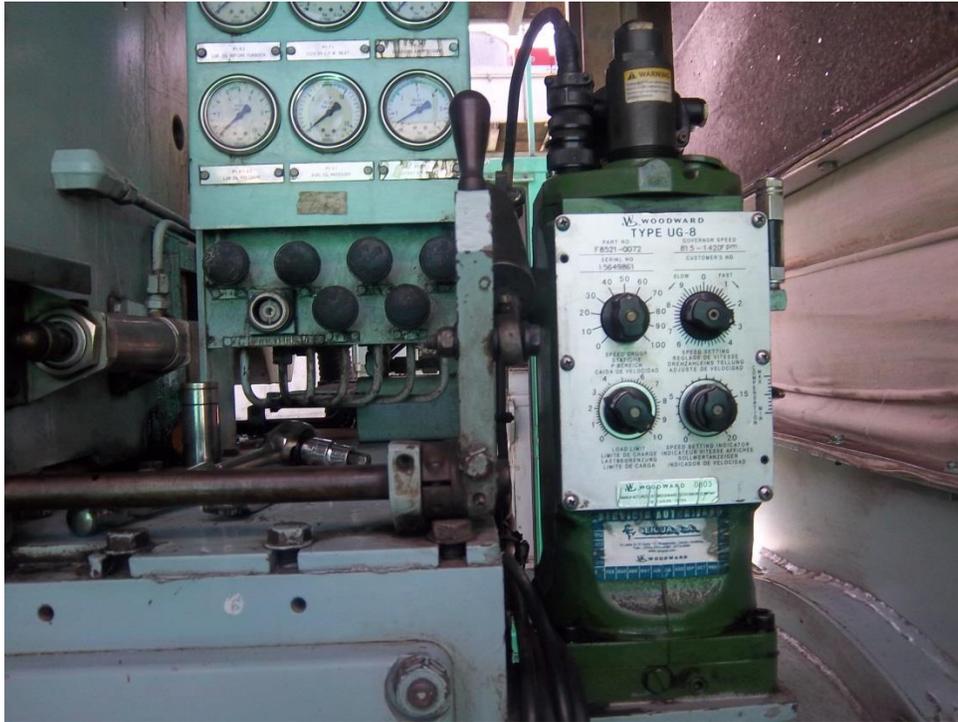
Anexo 12: Lavado de Radiador.

## Regulación de cremalleras en bombas de inyección:



Anexos 13: Regulación de Cremalleras

## Medición de índice de inyección



Anexo 14: Medición de índice de inyección de Combustible en las cremalleras



Anexos 15: Sistema de Regulación de Inyección de Combustible a los Cilindros.

## Depósito de aceite en el Carter



Anexos 16: Depósito de Aceite Usado para la Lubricación de los Componentes en el Motor.