

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO



CENTRO DE POSGRADOS

MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL (TP) EN ENERGÍAS RENOVABLES COHORTE 2021

Tema: PROCEDIMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES
EN GRUPOS ELECTRÓGENOS DEL CAMPO AUCA EP
PETROECUADOR

Trabajo de Titulación, previo a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Energía Renovables

Modalidad del Trabajo de Titulación: Proyecto de Titulación con Componentes de
Investigación Aplicada

Autor: Ingeniero Patricio Giovanni Álvarez Naranjo

Directora: Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego Magister

Ambato – Ecuador

2022

A La Unidad Académica De Titulación Del Centro De Posgrados

El Tribunal receptor del Trabajo de Titulación, presidido por el Ingeniero Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD, e integrado por los señores: Ingeniero Edwin Raúl Grijalva Campana PhD, e Ingeniero Danny Javier Trujillo Sandoval Magister, designados por la Unidad Académica de Titulación del Centro de Posgrados de la Universidad Técnica de Ambato, para receptor el Trabajo de Titulación con el tema: *“Procedimientos para la reducción de emisiones de gases en Grupos Electrónicos del Campo Auca EP PETROECUADOR”*, elaborado y presentado por el Ingeniero Patricio Giovanni Álvarez Naranjo, para optar por el Grado Académico de Magíster en Energía Renovable; una vez escuchada la defensa oral del Trabajo de Titulación, el Tribunal aprueba y remite el trabajo para uso y custodia en las bibliotecas de la UTA.

Ing. Héctor Fernando Gómez Alvarado. PhD.
Presidente y Miembro del Tribunal

Ing. Carlos Diego Gordón Gallegos. PhD.
Miembro del Tribunal

Ing. Danny Javier Trujillo Sandoval Mg.
Miembro del Tribunal

AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

La responsabilidad de las opiniones, comentarios y críticas emitidas en el Trabajo de Titulación presentado con el tema: Procedimientos para la reducción de emisiones de gases en Grupos Electrónicos del Campo Auca EP PETROECUADOR, le corresponde exclusivamente al: Ingeniero Patricio Giovanni Alvarez Naranjo, Autor bajo la Dirección de la Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego Magister, Directora del Trabajo de Titulación, y el patrimonio intelectual a la Universidad Técnica de Ambato.

Ingeniero Patricio Giovanni Álvarez Naranjo
c.c.:1803935152
AUTOR

Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego, Magister
c.c.:0604098194

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que el Trabajo de Titulación, sirva como un documento disponible para su lectura, consulta y procesos de investigación, según las normas de la Institución.

Cedo los Derechos de mi trabajo, con fines de difusión pública, además apruebo la reproducción de este, dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ingeniero Patricio Giovanni Álvarez Naranjo
c.c.:1803935152

ÍNDICE GENERAL

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO	i
A La Unidad Académica De Titulación Del Centro De Posgrados	ii
AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iii
DERECHOS DE AUTOR	iv
ÍNDICE GENERAL.....	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
AGRADECIMIENTO	xi
DEDICATORIA	xii
SIGLAS.....	xiii
RESUMEN EJECUTIVO	xv
EXECUTIVE SUMMARY.....	xvii
CAPÍTULO I.....	1
GENERALIDADES.....	1
1.1. Introducción.....	1
1.2. Justificación.....	1
1.3. Objetivos	3
1.3.1. General	3
1.3.2. Específicos.....	3
CAPITULO II	4
ANTECEDENTES INVESTIGATIVO	4
CAPITULO III.....	17
MARCO METODOLÓGICO	17
3.1. Ubicación.....	17
3.2. Equipos y materiales	19
3.3. Tipo de investigación	24

3.4.	Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender	24
3.5.	Población o muestra:	25
3.6.	Recolección de información:	31
3.7.	Procesamiento de la información y análisis estadístico:	45
3.8.	Variables respuesta o resultados alcanzados	55
CAPITULO IV		63
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		63
CAPÍTULO V		78
CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS (OPCIONAL)		78
5.1.	Conclusiones	78
5.2.	Recomendaciones	81
5.3.	BIBLIOGRAFÍA	82
5.4.	ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resultados de GMS	11
Tabla 2 Cifras técnicas de Lubricante SAE 15W-40.....	23
Tabla 3 Resumen de las propiedades más importantes de lubricantes.	23
Tabla 4 Grupos electrógenos del año 2019 en el Campo Auca – Bloque 61.....	25
Tabla 5 Grupos electrógenos del año 2020 en el campo auca – bloque 61	27
Tabla 6 Grupos electrógenos del año 2021 en el Campo Auca – Bloque 61.....	28
Tabla 7 Grupos electrógenos analizados con equipo de vibraciones TRIO CX7. 29	
Tabla 8 Metodología de referencia, rango acreditado y equipos utilizados – emisiones a la atmósfera en fuentes fijas de combustión.....	32
Tabla 9 Límites máximos permitidos para emisiones de motores de combustión interna en generadores, bombas o compresores. a) expresado al 15% de O ₂ , en condiciones normales y en base seca.	33
Tabla 10 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2019... 34	
Tabla 11 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2020... 35	
Tabla 12 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2021... 36	
Tabla 13 Tabla de Charlotte.....	37
Tabla 14 Tabla de diagnóstico de vibraciones Charlotte	39
Tabla 15 Muestra de análisis de aceites de grupos electrógenos en el Campo Auca.....	42
Tabla 16 Diagnóstico de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca..	50
Tabla 17 Análisis TBN por generador eléctrico.	54
Tabla 18 Análisis de emisiones de gases en grupos electrógenos en Bloque 61 Campo Auca de EP PETROECUADOR.....	56
Tabla 19 Evaluación técnica del análisis de vibraciones según su condición.	57
Tabla 20 Análisis de Condición de Generadores en base al aceite analizado.	61
Tabla 21 Características Técnicas Unidades Hyundai Campo Auca.....	65
Tabla 22 Demanda energética actual Campo Auca Bloque 61 EPETROECUADOR.....	67
Tabla 23 Límites permisibles de Grupos Electrógenos más contaminantes.....	70

Tabla 24 Valores contaminantes de equipos que funcionan a diésel.....	70
Tabla 25 Plan de mantenimiento – monitoreo de vibraciones.....	72
Tabla 26 Plan de mantenimiento – toma de muestras para análisis de aceites.	73
Tabla 27 Costo de un plan de mantenimiento de grupos electrógenos – Bloque 61	75
Tabla 28 Costo de materiales de un mantenimiento de grupos electrógenos.	77
Tabla 29 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 500 horas.	85
Tabla 30 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 1000 horas....	86
Tabla 31 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 2000 horas....	88
Tabla 32 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 2500 horas....	90
Tabla 33 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 4000 horas....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Esquema de un impactador de cascada.....	3
Figura 2 Consumo de Combustible de Empresas Autogeneradoras (TEP)	5
Figura 3 Emisiones de CO ₂ (Millones de toneladas de dióxido de carbono)	6
Figura 4 Consumo de Combustible de Empresas Autogeneradoras (TEP) año.....	9
Figura 5 Distribución porcentual de las emisiones de los principales contaminantes en el año 2014	10
Figura 6 Gráfica de Diésel Puro / Modificado consumido en el tiempo.....	12
Figura 7 Trilema de las tres “E” en política energética.....	13
Figura 8 Objetivos específicos e indicadores del eje industrial.	15
Figura 9 Proyección de eficiencia energética en el sector industrial	16
Figura 10 Ubicación – Zona Norte.....	17
Figura 11 Ubicación – Zona Central.	18
Figura 12 Ubicación – Zona Sur.	18
Figura 13 Analizador de combustión marca Testo 350.....	19
Figura 14 Sonda isocinética y caja porta filtros.	20
Figura 15 Consola de control isocinético marca Clean Air.	21
Figura 16 Componentes de la consola de control isocinético.	21
Figura 17 TRIO Controlador.....	22
Figura 18 Procesador de Datos DP-1.	22
Figura 19 Acelerómetro triaxial con cable enrollado de 6 in.	22
Figura 20 Metodología del análisis de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca.	37
Figura 21 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2019.....	45
Figura 22 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO _x) 2019.....	46
Figura 23 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO ₂) 2019.	46
Figura 24 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2020.....	47
Figura 25 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO _x) 2020.....	47
Figura 26 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO ₂) 2020.	48
Figura 27 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2021.....	49
Figura 28 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO _x) 2021.....	49
Figura 29 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO ₂) 2021.	50

Figura 30 Vibraciones mecánicas ISO 101816.....	60
Figura 31 Análisis de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca.	61
Figura 32 Análisis estadístico de aceites de grupos electrógenos del Campo Auca	62
Figura 33 Esquema Unidades Hyundai.....	66
Figura 34 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2022 de grupos electrógenos a crudo.	67
Figura 35 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (<i>NOx</i>) 2022 de grupos electrógenos a crudo.	68
Figura 36 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (<i>SO2</i>) 2022 de grupos electrógenos a crudo.	69
Figura 37 Contaminación que genera diésel tomando como muestra un grupo electrógeno.	71
Figura 38 Planes de mantenimiento grupos electrógenos Campo Auca Bloque 61 – EP PETROECUADOR.	74
Figura 39 Análisis de costos de mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.	76
Figura 40 Análisis estadístico del costo horas hombre del mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.	76
Figura 41 Análisis estadístico del costo de materiales en mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.	77

AGRADECIMIENTO

Agradezco a todos los docentes del Máster en Energías Renovables de la Universidad Técnica de Ambato quienes brindaron todos los conocimientos, experiencias y técnicas para desenvolverse en el ámbito profesional con un enfoque investigativo que permitan impulsar a nuevas tecnologías en nuestro país.

A mi familia que me han inculcado que la educación y la preparación continua es el mejor respaldo que tiene el ser humano para poder adaptarse de la mejor manera a un mundo que cambia constantemente con la tecnología.

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a todas las personas, empresas e instituciones que hicieron posible desarrollar esta investigación para obtener un logro más en mi ámbito personal y profesional, en especial a la empresa pública de exploración, explotación, transporte, almacenamiento, industrialización y comercialización nacional e Internacional del petróleo y sus derivados EP PETROECUADOR, por brindarme todas las facilidades e información necesaria.

A la Universidad Técnica de Ambato y a la docente Ing. Mayra Alejandra Paucar Samaniego, M.Eng., quienes me brindaron la oportunidad, la guía para acceder a esta programa de máster y poder conseguir la obtención del título de cuarto nivel.

A mi padres, hermano, hija y familia por brindarme ese apoyo incondicional que me han permitido seguirme formando, priorizando siempre los valores, principios y ese énfasis de poner en práctica todo lo aprendido a las sociedades.

SIGLAS

ARCERNNR	Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables
COV	Compuestos orgánicos volátiles
COVDM	Compuestos orgánicos volátiles distintos del metano
EKC	Curva de Kuznets Ambiental (Environmental Kuznets Curve)
GEI	Gases de Efecto Invernadero
GMS	Sistema de Gestión de Mantenimiento
MHD	Generador Magneto hidrodinámico
Mton	Megatoneladas
PDF	Combustible diésel puro (Pure diésel consumed)
PM	Material particulado
RAOHE	Reglamento Sustitutivo del Reglamento Ambiental para las Operaciones Hidrocarburíferas en el Ecuador
RDF	Combustible diésel adaptado (Retroffited diésel consumed)
TBN	Cantidad de alcalinidad que tiene un aceite

TEP	Tonelada equivalente de petróleo
VAR	Técnica de relación entre Emisiones de dióxido de carbono y consumo de energía (Vectores autorregresivos)
VEC	Técnicas de cointegración y modelos
XFT	Tratamiento riguroso de combustible (Xtreme fuel treatment)

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL
(TP) EN ENERGÍAS RENOVABLES
COHORTE 2021

TEMA:

PROCEDIMIENTOS PARA LA REDUCCIÓN DE EMISIONES DE GASES EN GRUPOS ELECTRÓGENOS DEL CAMPO AUCA EP PETROECUADOR

MODALIDAD DE TITULACIÓN: *Proyecto de Titulación con Componentes de Investigación Aplicada*

AUTOR: *Ingeniero Patricio Giovanni Álvarez Naranjo*

DIRECTOR: *Ingeniera Mayra Alejandra Paucar Samaniego Magister*

FECHA: *Veinte de octubre de dos mil veinte y dos*

RESUMEN EJECUTIVO

El objetivo de esta investigación es proponer procedimientos para la disminución de emisiones de gases en Grupos Electrónicos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR, con el fin de alcanzar dicho objetivo, se cuantificó la cantidad de gases que emiten los equipos mediante un ensayo cuantitativo con alcance descriptivo no experimental, con datos tomados desde el año 2019, lo cual permitió analizar el impacto al medio ambiente.

Las fases del proyecto involucran equipos de medición como el analizador de gases de combustión el cual permitió tomar datos de los gases que emiten los grupos electrónicos, analizador de vibraciones TRIO CX7 que mediante un análisis predictivo permite determinar la condición de los equipos y un análisis del aceite utilizado que evalúa la condición de los elementos mecánicos frente a los procesos de combustión interna. Luego de la recolección de datos se realiza el procesamiento de información y el análisis estadístico que a través de tendencias permiten establecer criterios de aceptación o rechazo de la condición de los equipos y su desenvolvimiento

frente a las normativas ambientales y requerimientos mecánicos para tener una operación segura y confiable.

Se estableció varios aspectos tecnológicos desde la perspectiva mecánica y de mantenimiento para analizar los procesos de combustión interna de los equipos analizando el tipo de combustible y calidad del aceite utilizado. Los resultados obtenidos mediante una investigación de tipo cuantitativo permitieron obtener las tendencias de desgaste del aceite, las horas de trabajo de los equipos, para luego establecer acciones preventivas y/o correctivas a realizarse para mitigar las emisiones de gases y alargar la vida útil de los equipos.

Los procedimientos de eficiencia energética planteados para la reducción de emisiones de gases en grupos electrógenos están conceptualizados en base a planes de mantenimiento programados, de acuerdo a las horas de operación de cada equipo, en donde se involucra horas hombre, materiales, herramientas y consumibles para mejorar la confiabilidad del sistema eléctrico, procurando que el recurso energético que generan los grupos electrógenos esté siempre disponible para la operación de una manera responsable con el medio ambiente.

DESCRPTORES: *GRUPOS ELECTRÓGENOS, EMISIÓN, EFICIENCIA ENERGÉTICA, COMBUSTIBLE, HIDROCARBURÍFERAS, MANTENIMIENTO, VIBRACIONES, ANÁLISIS DE ACEITES, MONÓXIDO DE CARBONO, ÓXIDO DE NITRÓGENO, DIÓXIDO DE AZUFRE, LÍMITE PERMISIBLE.*

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
CENTRO DE POSGRADOS
MAESTRÍA ACADÉMICA (MA) CON TRAYECTORIA PROFESIONAL
(TP) EN ENERGÍAS RENOVABLES
COHORTE 2021

THEME:

PROCEDURES FOR THE REDUCTION OF GAS EMISSIONS IN GENERATOR SETS OF THE AUCA EP PETROECUADOR FIELD

DEGREE MODALITY: *Graduation Project with Applied Research Components*

AUTHOR: *Engineer Patricio Giovanni Álvarez Naranjo*

DIRECTED BY: *Engineer Mayra Alejandra Paucar Samaniego Master.*

DATE: *October twenty two thousand and twenty two*

EXECUTIVE SUMMARY

The objective of this research is to propose procedures for the reduction of gas emissions in Generator Sets of the Auca Field - Block 61 EP PETROECUADOR, in order to achieve this objective, the amount of gases emitted by the equipment was quantified through a quantitative test with non-experimental descriptive scope, with data taken from the year 2019, which allowed analyzing the impact on the environment.

The phases of the project involve measuring equipment such as the combustion gas analyzer, which allows taking data on the gases emitted by the generator sets, the TRIO CX7 vibration analyzer that through a predictive analysis allows determining the condition of the equipment and an analysis of the oil used that evaluates the condition of the mechanical elements in relation to the internal combustion processes. After data collection, information processing and statistical analysis are performed, which through trends allow establishing criteria for acceptance or rejection of the condition of the equipment and its performance against environmental regulations and mechanical requirements for a safe and reliable operation.

Several technological aspects were established from the mechanical and maintenance perspective to analyze the internal combustion processes of the equipment by analyzing the type of fuel and quality of the oil used. The results obtained through a quantitative research allowed us to obtain the oil wear tendencies, the working hours of the equipment, in order to establish preventive and/or corrective actions to be carried out to mitigate gas emissions and extend the useful life of the equipment.

The energy efficiency procedures proposed for the reduction of gas emissions in generator sets are conceptualized based on scheduled maintenance plans, according to the operating hours of each piece of equipment, involving man hours, materials, tools and consumables to improve the reliability of the electrical system, thus allowing the energy resource generated by the generator sets to be always available for operation in an environmentally responsible manner.

KEYWORDS: *ELECTROGEN GROUP, EMISSION, ENERGY EFFICIENCY, FUEL, HYDROCARBON, MAINTENANCE, VIBRATIONS, OIL ANALYSIS, CARBON MONOXIDE, NITROGEN OXIDE, SULFUR DIOXIDE, PERMISSIBLE LIMIT.*

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1. Introducción

En países como Ecuador, la industria Petroquímica requiere de generación eléctrica aislada con el fin de suplir altas demandas energéticas de los equipos utilizados para el procesamiento de hidrocarburos y combustibles, este tipo de generación se consigue a través de grupos electrógenos que suplen esta demanda y se conectan a la red de energía convencional para estabilizar cargas, mantener disponibilidad de equipos y una industria confiable.

Los grupos electrógenos tienen una gran incidencia en el medio ambiente porque desprenden sustancias tóxicas tales como: óxidos de nitrógeno, hollín, monóxido de carbono, hidrocarburos, compuestos de azufre y plomo, que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente.

La generación eléctrica por medio de grupos electrógenos en actividades hidrocarburíferas necesita establecer metodologías para la reducción de emisiones de gases, permitiéndoles funcionar dentro de parámetros permisibles y amigables con el medio ambiente.

Por esta razón se realiza esta investigación con el propósito de plantear una serie de procedimientos y metodologías basadas en investigación del tipo Cuantitativo que permitan establecer parámetros de mitigación frente a los gases que derivan de los grupos electrógenos ubicados en el Campo Auca EP PETROECUADOR.

1.2. Justificación

Las actividades desarrolladas en la Industria han incrementado la emisión de gases de efecto invernadero en la atmósfera, las consecuencias de estos fenómenos han provocado aumentos de temperatura y alteraciones del ciclo hidrógeno (lluvias). Los grupos electrógenos encargados de producir energía eléctrica mediante combustibles fósiles influyen en las condiciones climáticas en donde se encuentran ubicados, para lo cual es necesario calcular la cantidad de emisiones a través de mediciones cada cierto tiempo y compararlas con las normas y leyes que rigen los límites permisibles.

El siguiente trabajo de titulación está enfocado a implementar procedimientos para la reducción de las emisiones de gases de los grupos electrógenos del Campo Auca de EP PETROECUADOR utilizando metodologías guías, normas y leyes gubernamentales que implementen prácticas conservadoras con el medio ambiente y prioricen la eficiencia en el consumo energético.

Como cumplimiento de la legislación ambiental vigente, se considera la reciente publicación del 01 de abril del 2020 RAOHE, Acuerdo Ministerial No. 100-A, Registro Oficial No. 174 y Acuerdo Ministerial No. 91, Registro Oficial 430, 04 de enero del 2007, en el que establece los límites máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades hidrocarburíferas, donde se realiza trimestralmente la cuantificación de la emisión de gases de sus fuentes fijas de combustión con el fin de conocer el aporte de sus operaciones al ambiente.

Dentro del proceso de extracción de Petróleo Crudo y Minerales en Ecuador, se emiten cierto tipo de gases cuyo material particulado (PM) es lanzado hacia la atmósfera, para el proceso de combustión de dichas emisiones contaminantes el gas de la chimenea ingresa al tren isocinético a través de la sonda de muestreo, se dirige al horno donde se encuentra el filtro para la recolección de PM; la temperatura en el horno debe ser igual a la temperatura de la sonda de muestreo.

El gas filtrado pasa a la caja de impactadores que se utiliza para fraccionar las muestras de partículas y poder obtener la descripción de ellas en función a su tamaño pasando por varias etapas hasta llegar a un filtro (Figura 1), que contiene hielo y así permitiendo la condensación del vapor de agua presente en el flujo de gas. Son 4 impactadores colocados en serie; los dos primeros contienen agua, el tercero está vacío, y el cuarto contiene sílica gel, este último permite la salida de gas seco y su flujo es medido mediante el uso del flujómetro de la consola.

La velocidad, presión estática y dinámica del gas es determinada mediante el tubo pitot de la sonda y el manómetro líquido de la consola; se debe regular manualmente el flujo de gas muestreado con la finalidad de tener las mismas condiciones de velocidad y presión al gas emitido, esta condición se llama isocinetismo y se la expresa en porcentaje el cual debe estar comprendido entre el 90% - 110%. La cantidad de PM es determinada en función del peso del PM recolectado, cuantificado por análisis gravimétrico dividido para el flujo de gas muestreado a condiciones isocinéticas. [2]

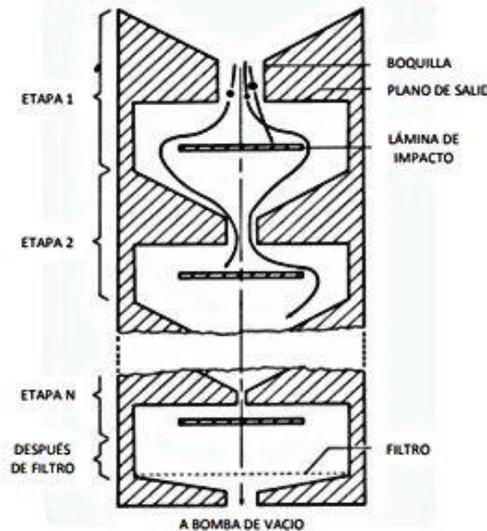


Figura 1 Esquema de un impactador de cascada

Fuente: [1]

El control de las emisiones atmosféricas es importante para reducir dichas sustancias contaminantes o minimizar en la medida de lo posible su efecto en la salud y en el medio ambiente; pues si no se realiza dichas mediciones periódicamente y no se tiene un control de las emisiones, las leyes sobre la calidad del aire y protección de la atmósfera sancionarán a las empresas que no cumplan.

1.3.Objetivos

1.3.1. General

Establecer procedimientos para reducir las emisiones de gases en Grupos Electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR.

1.3.2. Específicos

- Analizar las emisiones de gases de los Grupos Electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR.
- Establecer aspectos tecnológicos y análisis en tipos de combustible / aceite de grupos electrógenos.
- Desarrollar procedimientos de eficiencia energética para la reducción de emisiones de gases en grupos electrógenos.

CAPITULO II

ANTECEDENTES INVESTIGATIVO

Las emisiones de gases que emanan las industrias producto de la transformación y distribución de energía tienden a mezclarse en la atmósfera por la densidad baja de los gases de combustión. Como medida de prevención del efecto invernadero, estas fuentes deben seguir un procedimiento buscando la disminución de material contaminante contenido en los gases; es por ello por lo que cada país tiene en su legislación límites permisibles que permiten cuantificar la concentración de estos.

Organismos Gubernamentales y gases de la combustión

En el artículo sobre la Actualización del inventario de emisiones atmosféricas provenientes de fuentes fijas de combustión y del relleno sanitario [2] dan a conocer que las sustancias tienen un rango permisible de concentración en el medio ambiente y en la Norma Ecuatoriana de Calidad de Aire, se ha establecido el criterio bajo el cual que deben ser controlados y monitoreados. En el Ecuador la agencia de regulación y control ARCERNNR realiza un seguimiento a las Industrias de los siguientes gases, que emanan los equipos producto de la combustión interna:

- Monóxido de carbono (CO): Es un gas incoloro e inodoro más abundante en la tropósfera, en donde se origina de una combustión incompleta en procesos donde se involucre algún tipo de combustible (gas, derivados del petróleo, etc.). Cuando está en la atmósfera y se oxida se transforma en dióxido de carbono (CO_2). La inhalación de más de 50 ppm en un tiempo de 8 horas puede provocar afectaciones al sistema nervioso, problemas respiratorios e incluso la muerte.
- Ozono (O_3): Es un gas sumamente oxidante, se encuentra en el nivel estratosférico, se forman por reacciones secundarias como óxidos de nitrógeno (NO_x) y compuestos orgánicos volátiles (COV). Pueden causar problemas respiratorios y cardiovasculares.

- Dióxido de nitrógeno (NO_2): Es un gas irritante y oxidante, se produce por reacción del óxido nitroso (NO) con el oxígeno. Su exposición máxima produce alergias, enfermedades respiratorias y daño pulmonar.
- Dióxido de azufre (SO_2): Es un gas irritante, no inflamable se produce en el proceso de combustión del carbón e hidrocarburos (como el diésel, búnker y gasolina en el Ecuador). Los efectos al ser inhalados producen irritación pulmonar, reacciones asmáticas, complicaciones en el sistema respiratorio y espasmos.
- Material particulado (MP): Es la suma de todas las partículas líquidas y sólidas que se encuentran en el aire, pueden contener humo, hollín, polvo, polen, entre otras. Para los inventarios de emisiones y en base al tamaño, se dividen en:
 - ✓ PM_{10} – partículas gruesas.
 - ✓ $PM_{2.5}$ – partículas finas.
 - ✓ $PM_{0.1}$ – partículas ultrafinas.

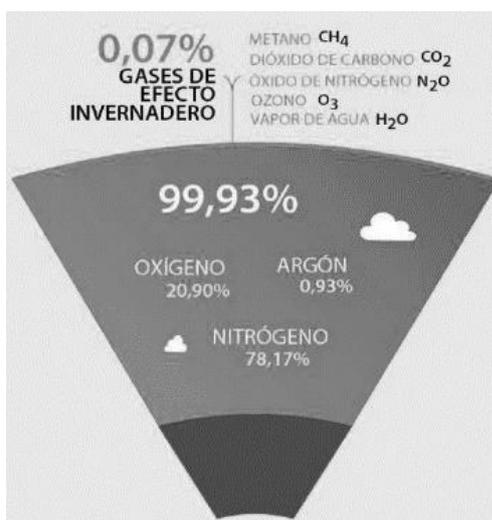


Figura 2 Consumo de Combustible de Empresas Autogeneradoras (TEP)

Fuente: [3]

En el artículo sobre el análisis de la variación de las emisiones de CO_2 y posibles escenarios al 2030 en Ecuador [4] manifiesta que varios investigadores evidencian que las emisiones de CO_2 han contribuido más al cambio climático entre los años 1750 y 2005, lo cual ha desencadenado en disminución de agua, alimentos, la salud de la población ha sufrido cambios que causan elevados índices de mortalidad y cambios

climáticos repentinos; por lo tanto, es importante minimizar las emisiones de CO_2 mediante la reducción del consumo de combustibles fósiles.

Estadísticas mundiales y su desarrollo

Según informe de la empresa de consultoría e inteligencia energética a nivel mundial ENERDATA en el año 2020, las emisiones de CO_2 totales del mundo fueron de 31,067.29 (MTon). En América Latina presenta un total de emisiones en el 2020 de 1,399.48 (MTon) y con una disminución del (-11%) en comparación al año 2019; y esto se debe a las medidas de confinamiento, las restricciones de transporte y la recesión económica ocasionada por COVID-19. La tendencia actual se puede observar en la Figura 3, que muestra los países con más elevadas emisiones de CO_2 .

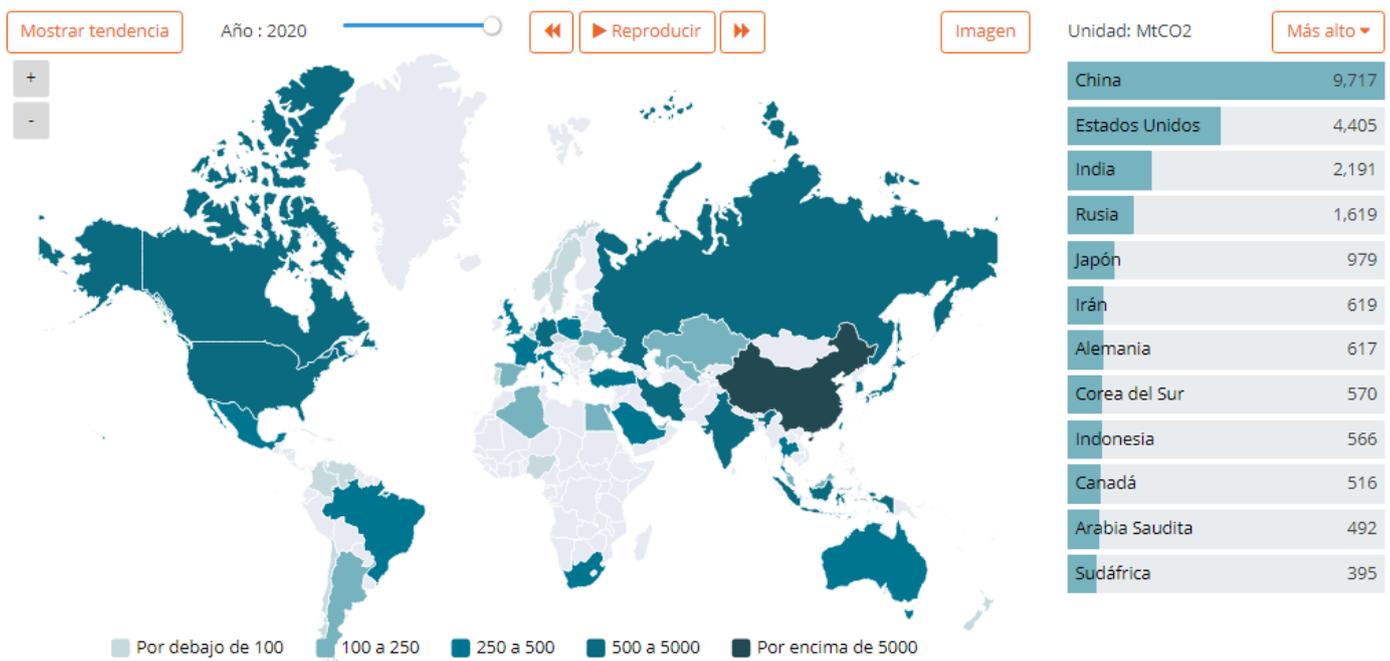


Figura 3 Emisiones de CO_2 (Millones de toneladas de dióxido de carbono)

Fuente: [5]

En el artículo sobre el análisis de la relación entre el consumo de energía y las emisiones de carbono en Ecuador [6] se concluye que la investigación examinó la relación de equilibrio a corto y largo plazo del consumo de energía sobre las emisiones de dióxido de carbono en Ecuador durante el periodo de años comprendido entre 1971-

2014, bajo el enfoque de la hipótesis de EKC, utilizando modelos de series de tiempo y las técnicas VAR, VEC.

La técnica VAR encontró una relación de equilibrio a largo plazo entre Emisiones de CO_2 y consumo de energía, adicional a ello, agregó una variable dummy que captura el efecto de la degradación ambiental para que exista relación de largo plazo; en general los resultados muestran que el consumo de energía influye positivamente a las emisiones de CO_2 en el corto y en el largo plazo.

Las regulaciones de cada país en la actualidad se rigen por políticas públicas realizadas por los presidentes donde en este mundo globalizado hacen énfasis en el medio ambiente y la eficiencia energética, donde las normativas gubernamentales deben establecer límites de consumo de energía y cuál sería un impuesto adicional en caso de excederse, con esto inculcando a las personas buenos hábitos de consumo, incentivos en adquirir equipos con bajas emisiones de carbono, de esta manera tener una incidencia directa con la reducción de emisiones de CO_2 provocado por el consumo de energía.

El sector petrolero del oriente ecuatoriano requiere reducir el presupuesto operacional y de mantenimiento, considerando que los generadores eléctricos funcionen de manera eficiente y que a su vez cumplan con normas ambientales y de seguridad. Haciendo un análisis comparativo entre equipos eléctricos y los que funcionan mediante combustión interna, los que menos contaminan son los eléctricos, sin embargo, un mal uso o mala planificación de tareas de mantenimiento generan características similares de contaminación con efectos irreversibles.

Normativas estatales y su aplicación

En la normativa RAOHE que rige las actividades hidrocarburíferas en especial de actividades de mitigación frente a impactos ambientales, en el artículo 50 se manifiesta los requerimientos de bombeo eléctrico sumergible, o en el artículo 71 se habla sobre la forma de generación, transmisión y aprovechamiento de la energía eléctrica [7].

Las fuentes fijas de generación eléctrica o también llamados grupos electrógenos utilizan para el proceso de combustión diferentes tipos de combustible entre ellos diésel, gasolina, bunker, crudo queroseno, etc. La descomposición química de las

cadena molecular de estos combustibles da como resultado emisiones de gases que por su baja densidad tienden a mezclarse con la atmósfera. La RAOHE en su Reglamento [8] dispone como medida de prevención de contaminación de estas fuentes implementar programas de mantenimiento y/o calibración buscando la disminución de material contaminante que está contenido en los gases que emanan.

Los indicadores de contaminación medidos son indispensables para determinar las concentraciones que emanan las fuentes de combustión, es por ello importantes la evaluación de monitoreos efectuados, la RAOHE en su Reglamento Ambiental de Actividades Hidrocarburíferas [8] realiza una comparación de los valores obtenidos en las diferentes fuentes fijas de combustión evaluadas con valores de calidad o límites máximos permisibles, reglamentados o sugeridos por la legislación nacional vigentes.

Emisiones a la atmósfera: Normativa ambiental vigente, considerando la reciente publicación del 01 de abril del 2020 RAOHE, Acuerdo Ministerial No. 100-A, Registro Oficial No. 174 y Acuerdo Ministerial No. 091, Registro Oficial 430, 04 de Enero del 2007. Límites máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades hidrocarburíferas. En Ecuador, se registraron 8.226,42 MW de potencia nominal y 7.606,88 MW de potencia efectiva, lo que equivale el 60% de fuentes renovables y un 40% de fuentes fósiles.

Se generó en ese año 27.313,86 GWh, lo que dió como resultado que el combustible más utilizado para la generación de energía fue el crudo con 333.222,37 TEP (toneladas equivalentes de petróleo), que representa el 27.70% del total de combustible consumido por empresas autogeneradoras [9].



Figura 4 Consumo de Combustible de Empresas Autogeneradoras (TEP) año

Fuente: [9]

Los grupos electrógenos de las petroleras del Ecuador consumen distintos combustibles como son el fuelóleo, gas natural, diésel y crudo, siendo los dos últimos de mayor consumo en el 2017, dándose un consumo de diésel y crudo del 52,2 y 50,9 millón de galones, respectivamente, que representa el 172,4 y 173,2 mil TEP [9].

Para la producción de energía eléctrica en la industria petrolera es utilizado como combustible el diésel y el fuelóleo, en donde esta energía es necesaria para los procesos de bombeo y traslado de los fluidos; otras fuentes comunes de emisiones de GEI es la quema del gas asociado que es normalmente desechado comúnmente en las petroleras.

Normativa legal ambiental ecuatoriana vigente

En el libro VI, del Marco Legal Ambiental Ecuatoriano, Anexo 4, establece como objetivo principal preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiental, el bienestar de los ecosistemas y del medio ambiente en general. Este documento establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire: partículas sedimentables, material particulado de diámetro aerodinámico menor a 10 micrones (PM_{10}), material particulado de diámetro aerodinámico menor a 2,5 micrones ($PM_{2,5}$), dióxido de azufre (SO_2), dióxido de Nitrógeno (NO_2), ozono (O_3) y monóxido de carbono (CO) [9].

En el artículo sobre evaluación de las emisiones atmosféricas [10] los grupos electrógenos evaluados emiten principalmente CO (176,386 g/s), SO_2 (867,196 g/s) y NO_x (780,057 g/s) y en menor medida material particulado $PM_{2,5}$ (15,762 g/s) y PM_{10} (31,369 g/s), donde se demostró que algunos contaminantes se sobrepasan en los valores establecidos.

En el inventario nacional de emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas [11] las mediciones de las emisiones de gases a la atmósfera por grupos electrógenos tuvieron un resultado de 273 mil toneladas de SO_2 y mientras que el NO_2 emiten alrededor de 98 mil toneladas, el material particulado PM_{10} que es dañino para la salud emite más de 55 mil toneladas al año. Como se puede observar (Figura 5), se tiene una distribución porcentual de las emisiones contaminantes de las fuentes fijas.

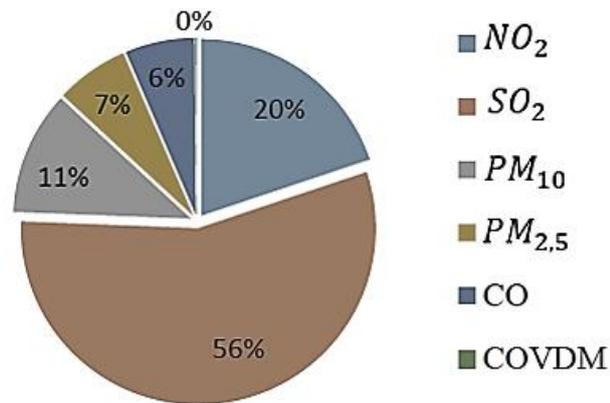


Figura 5 Distribución porcentual de las emisiones de los principales contaminantes en el año 2014

Fuente: [11]

El mantenimiento y su importancia en el funcionamiento de los equipos

Es de vital importancia disponer de planes de mantenimiento predictivos y preventivos para los grupos electrógenos, estos planes garantizarán el óptimo funcionamiento de los equipos para la generación de energía, al tratarse de máquinas sencillas, eficientes y seguras, que puede ponerse en marcha, detenerse con rapidez y que son capaces de generar grandes cantidades de electricidad, como cualquier equipo se va desgastando a medida que es usado y por tratarse de una maquinaria de tipo industrial, los generadores empiezan a presentar deterioros y desgastes en sus diferentes componentes.

Las discontinuidades en el funcionamiento concluyen en fallas de mayor o menor gravedad, en este sentido, se pudo establecer que las fallas más comunes en los generadores eléctricos son las vibraciones, la contaminación por emisiones de gases, la falta de lubricante o el uso de combustibles inadecuados, causando principalmente desgastes en sus componentes internos, aunque también se pueden originar fallas en el generador como pérdida de excitación y potencia.

La gestión de activos en la industria empieza con los mantenimientos predictivos, donde a través de equipos especializados permiten un mejor rendimiento de los equipos. Este busca a través de la inspección y el seguimiento la prevención de fallas, evitar correcciones innecesarias a los generadores, daños graves que implique parar las actividades hidrocarburíferas y reducción de tiempos muertos de producción; con

el monitorizado de los parámetros relacionados con el estado de las máquinas, se puede permitir planificar acciones correctivas de forma que se minimicen tiempos muertos [12].

En la actualidad hay metodologías que permiten planificar mantenimientos en grupos electrógenos, como nos habla en el artículo de un programa de planificación de mantenimiento de un generador eléctrico (GMS) [13] que establece la viabilidad económica, ambiental, confiabilidad y la tasa de reserva de suministros, este programa establece el método Fuzzy tiene como objeto tomar decisiones a partir de evaluaciones realizadas a los equipos.

Este estudio demostró la búsqueda de resultados de satisfacción mecánico, costos de generación, y las cantidades de emisión de CO₂. Como se puede apreciar en la Tabla 1. Se muestran los resultados obtenidos de la planificación de mantenimiento del generador por días, en particular, el método propuesto es útil para resolver problemas que puedan considerar de manera flexible la viabilidad económica y la confiabilidad, junto con una tasa de reserva de suministro adecuada.

Tabla 1 Resultados de GMS

	Name	GMS at SRR	GMS at Fuzzy	Duration of Maint. [day]
1	WLSN	09 January	09 January	340
2	WLSN	05 November	08 April	29
3	WLSN	01 January	01 January	19
4	WLSN	01 January	01 January	26
5	ULJN	17 October	05 April	32
6	ULJN	15 September	24 April	32
8	ULJN	21 August	18 October	25
9	ULJN	29 July	01 March	23
10	ULJN	24 June	07 September	35

11	YNGN	03 October	20 April	29
12	YNGN	04 September	25 May	29
13	YNGN	01 November	26 March	33
15	YNGN	18 July	07 November	17
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
218	PNGY	26 November	22 March	22
219	PAJU	19 December	19 December	5
220	PAJU	27 December	06 September	5
221	GWGY	10 November	11 October	22
222	GWGY	01 January	22 March	22
223	ANSN	27 December	27 December	5
224	OSAN	27 December	27 December	5
225	HALM	18 November	11 November	22
226	DEJN	19 November	11 November	22

Fuente: [13]

En el artículo sobre los controles de las emisiones/consumo de generadores con motor diésel [14], utilizan un combustible diésel adaptado (RDF) y combustible diésel puro (PDF), al dar con los resultados existe una reducción del 71% en las emisiones de material particulado, una reducción del 4% en las emisiones de NO_x y una reducción del 28.9% en el consumo de combustible cuando se utilizó RDF. Existió un ahorro económico debido al consumo de combustible y una reducción a las emisiones del medio ambiente, por lo que existe una posible mejora en el cambio climático.

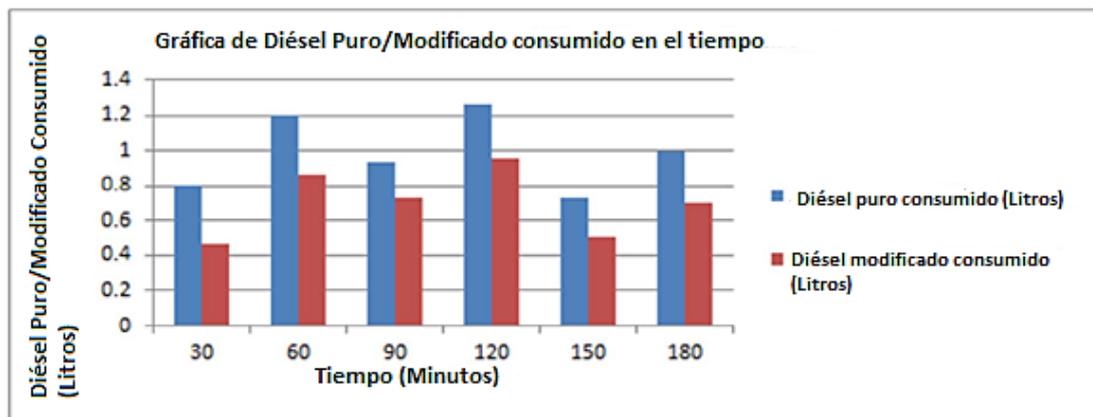


Figura 6 Gráfica de Diésel Puro / Modificado consumido en el tiempo

Fuente: [14]

Como se puede apreciar en la Figura 6, existe una reducción en el consumo de combustible diésel cuando se utiliza un combustible diésel modificado en comparación con el grupo electrógeno que funciona con diésel puro. En el estudio se utilizó Xtreme

Fuel Treatment (XFT) lo que indica un ahorro de costos y la reducción de consumo de combustible.

Una de las estrategias que se propone para ayudar a la reducción de emisiones de gases generadas por grupos electrógenos, nos habla en el artículo sobre la generación de energía eléctrica con cero emisiones de CO_2 mediante generador magneto hidrodinámico (MHD) de alta eficiencia [15].

En la actualidad, la política energética debería ser una solución del trilema de Energía, Economía y Medio Ambiente, como se muestra en la Figura 7. Se debe lograr un crecimiento económico especialmente mayor con un suministro de energía segura y los esfuerzos de protección al medio ambiente deben ser más pronunciados.

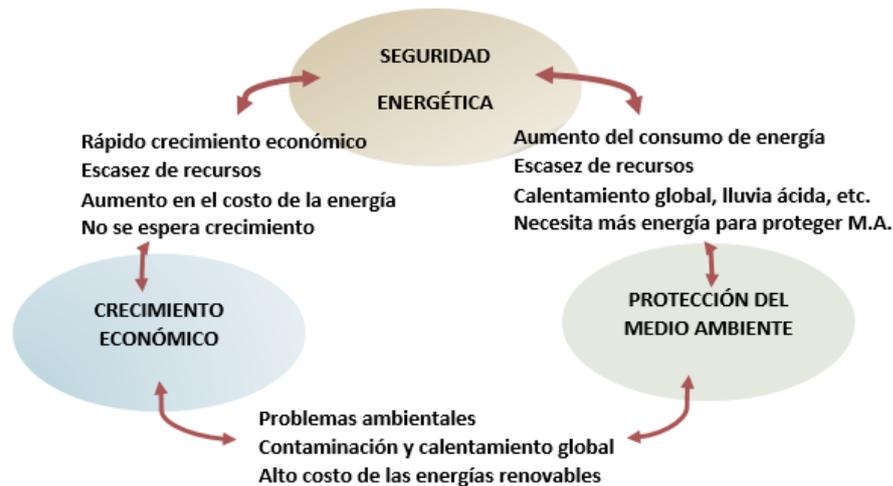


Figura 7 Trilema de las tres "E" en política energética

Fuente: [15]

El sistema propuesto, fue impulsado por el producto de combustión de combustibles fósiles quemados con oxígeno puro, tiene ciertas ventajas como: a) gas de combustión de alta temperatura, logrando así una alta eficiencia térmica y b) componentes simples de gas de combustión, provocando un sistema sencillo para la separación del CO_2 del producto de combustión.

Con este sistema como resultado se podría lograr una alta eficiencia por encima del 55% con gas de combustión a alta temperatura de oxígeno puro quemado si se introdujera el generador magneto hidrodinámico, adicionalmente las penalizaciones de energía y costos de separación de aire que producía oxígeno puro fueron compensadas

con éxito y finalmente el CO_2 producido podría utilizarse de forma eficaz para la recuperación mejorada de petróleo (EOR).

Por todo lo expuesto, los gases emitidos por grupos electrógenos son perjudiciales para el medio ambiente y para la salud de los seres humanos, por lo tanto, el presente trabajo tratará sobre los procedimientos para la reducción de dichos gases contaminantes y así mitigar el daño que producen.

El plan nacional de eficiencia energética (PLANEE)

El PLANEE elaborado en el año 2016 y con una perspectiva hasta el 2035, dentro de la meta enfocada al eje industrial se base en implementar Sistemas de Gestión Energética a través de planes de mantenimiento y sustitución de equipos que están fuera de parámetros de operación y políticas conservadoras con el medio ambiente, por ello se hace énfasis en dar seguimiento, monitorear y establecer buenas prácticas de Ingeniería y Ambientales en Grupos Electrógenos [16].

EJE INDUSTRIAL		
Objetivo sectorial:	Reducir el consumo de energía por unidad de producción física en los subsectores de la industria.	
Indicador:	Consumo energético en cada subsector industrial indexado a las unidades de producción física para las industrias que implementan medidas de eficiencia energética.	
Meta:	Al 2035, se registra un ahorro de por lo menos 29,9 Mbep, gracias a las acciones de eficiencia energética implementadas en el sector.	
Objetivo específico	Línea de acción	Estimación de la reducción de consumo energético
Reemplazar equipos ineficientes, aplicar sistemas de cogeneración y adoptar la norma ISO 50001 en las industrias energo-intensivas	Programa para la implementación de la norma ISO 50001 en las industrias energo-intensivas	Reducción de 7,4 Mbep , de 2007 a 2035. Reducción de intensidad energética considerando 100 industrias energo-intensivas.
	Programa de cogeneración en la industria.	Reducción de 7,75 Mbep , de 2007 a 2035. Mejora de la eficiencia energética en 10%.
	Programa de recambio de motores, bombas, calderas y calentadores en las industrias.	Reducción de 14,7 Mbep , de 2007 a 2035. Reducción estimada de 10% de la intensidad energética, al 2035.
Impulsar el desarrollo de un mercado de Empresas de Servicios Energéticos (ESCOs) en el país	Programa para el desarrollo y promoción de un mercado de ESCOs en Ecuador.	No cuantificable.

Figura 8 Objetivos específicos e indicadores del eje industrial.

Fuente: [16]

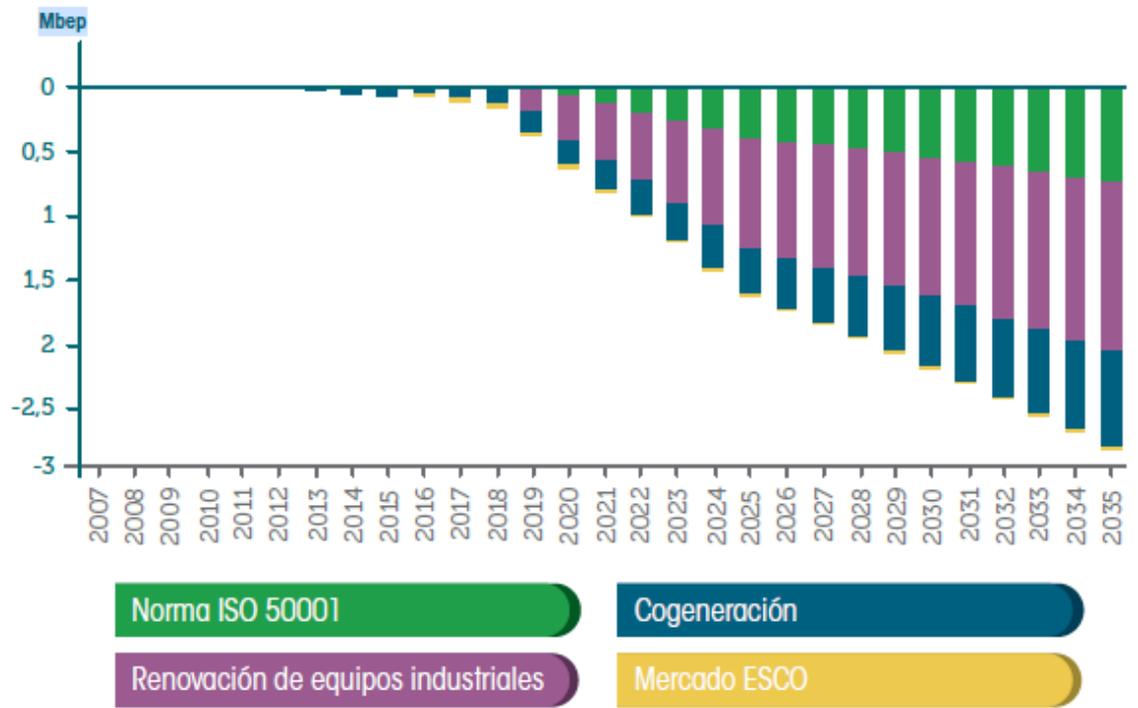


Figura 9 Proyección de eficiencia energética en el sector industrial

Fuente: [16]

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1.Ubicación

EP PETROECUADOR se encuentra operando en la Región Amazónica Ecuatoriana, en el campo Auca – Bloque 61, ubicada en la provincia Francisco de Orellana y el Cantón que lleva su mismo nombre, Parroquia Dayuma. Comienza en el kilómetro 5 en Pitalala y termina en el kilómetro 92 en la Plataforma Cononaco 27, con un total de 228,104 hectáreas, como se puede apreciar en las Figuras 10, 11 y 12. La producción diaria de petróleo es de 76,202.90 barriles.

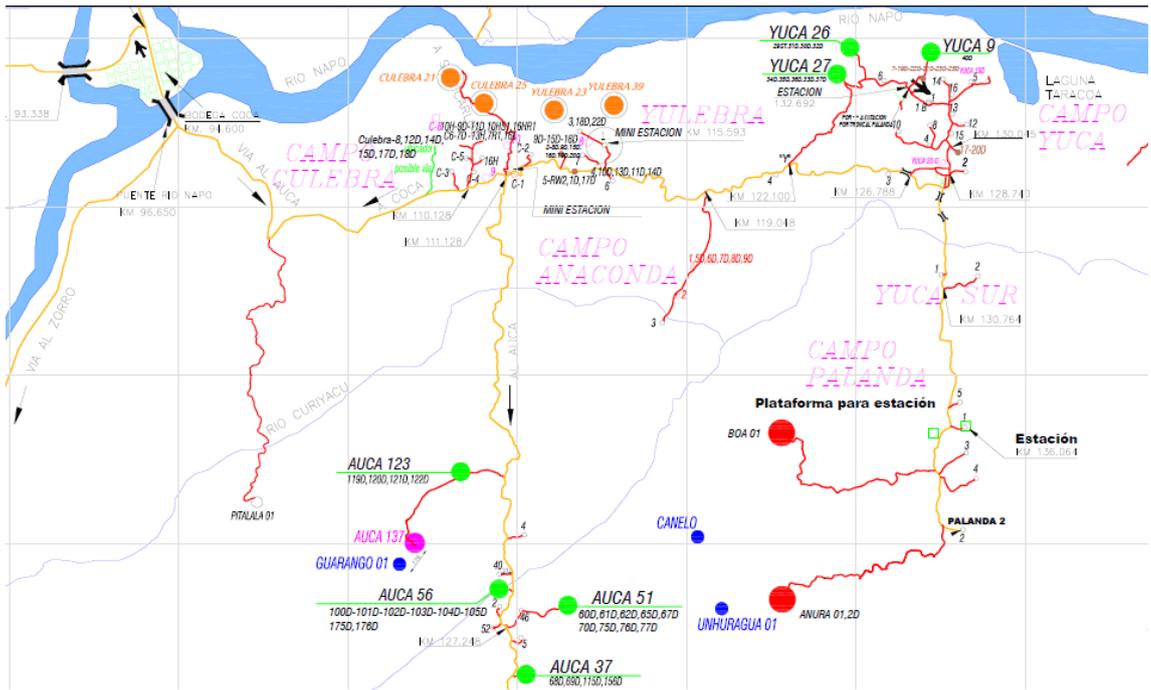


Figura 10 Ubicación – Zona Norte.

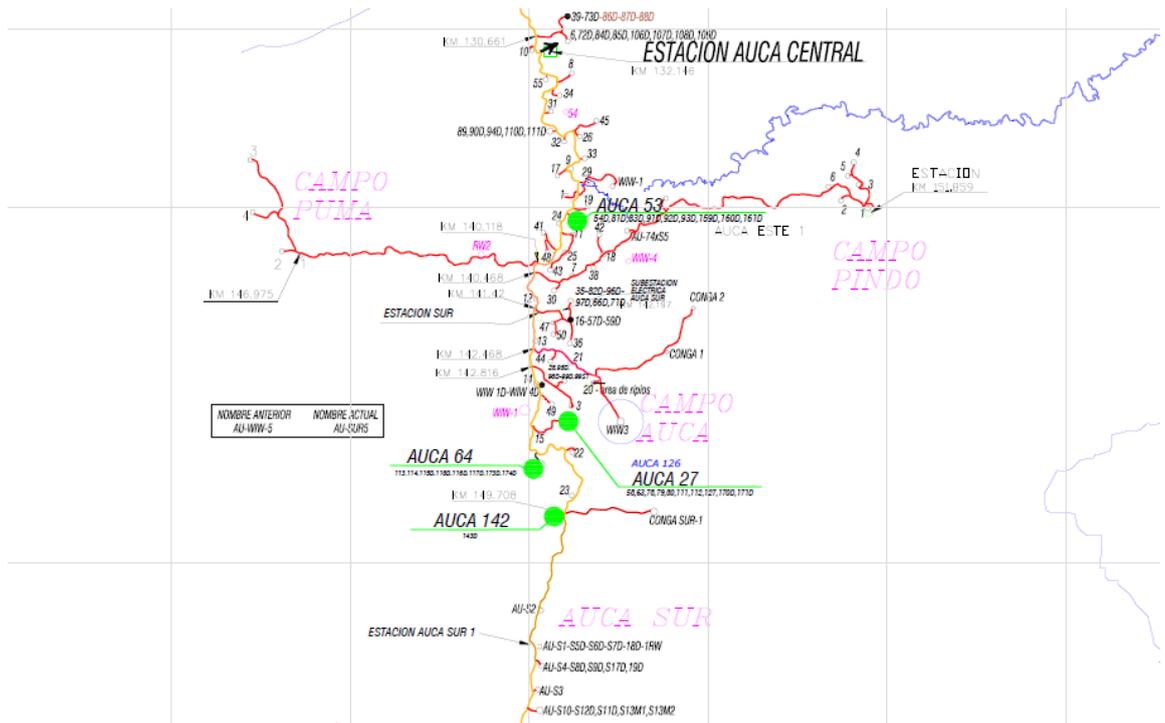


Figura 11 Ubicación – Zona Central.

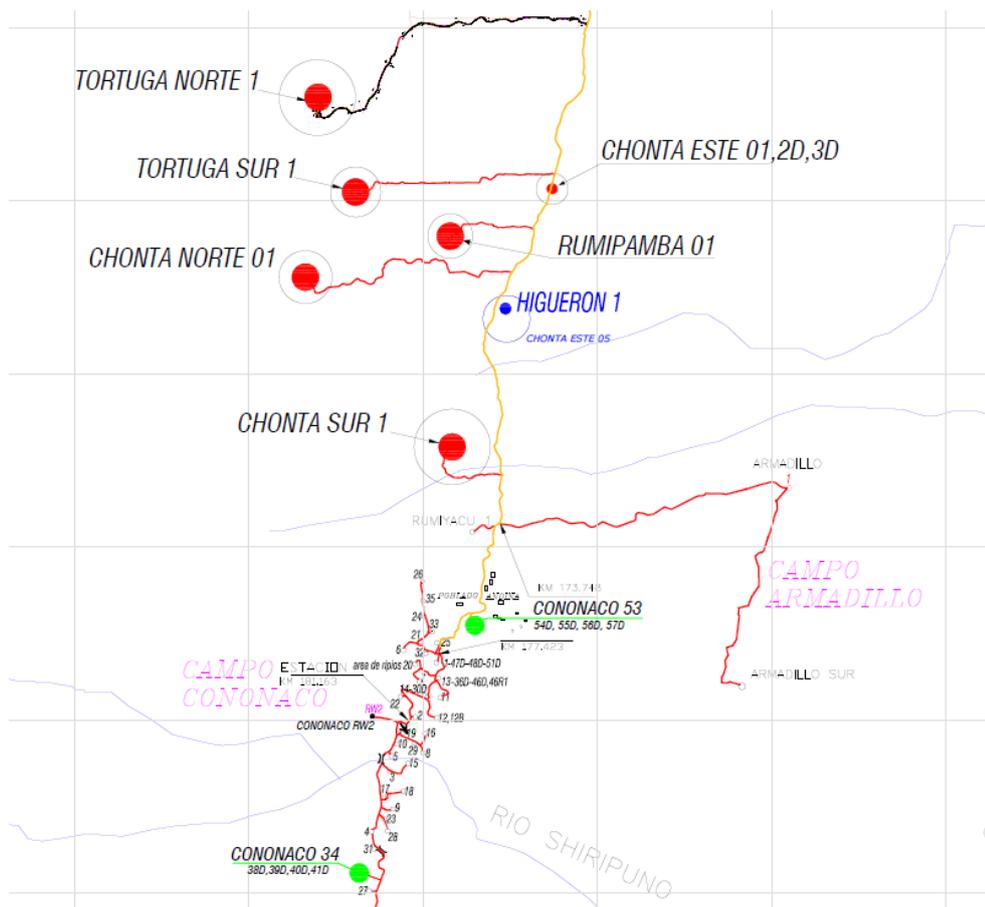


Figura 12 Ubicación – Zona Sur.

3.2. Equipos y materiales

Para la medición de las emisiones de gases contaminantes de grupos electrógenos, se utilizó los siguientes equipos y materiales:

Equipos:

❖ Analizador de combustión marca Testo 350.

Es un instrumento altamente confiable que se utiliza para el análisis óptimo de combustión y la medición profesional de la emisión de gases de grupos electrógenos en el Campo Auca EP PETROECUADOR. El analizador cumple con tareas de medición y análisis, realizando una recopilación compleja de datos y realizando un registro de cada grupo electrógeno.

El analizador se compone de:

Unidad de control Testo 350.- Como se muestra en la Figura 13, cuenta con una pantalla gráfica de lectura, este elemento nos sirve para controlar el analizador. Esta unidad permite controlar a distancia la caja catalizadora en instalaciones grandes como es en empresas hidrocarburíferas.

Caja analizadora Testo 350.- Como se muestra en la Figura 13, la caja analizadora contiene todos los sensores y la electrónica para la determinación de la combustión que producen los grupos electrógenos. Este instrumento posee diferentes sensores para los distintos tipos de gases como son: O_2 , CO_2 , NO , NO_2 , SO_2 , H_2S , $C_x H_y$:



Figura 13 Analizador de combustión marca Testo 350.

- **Sonda isocinética y caja porta filtros.** - La sonda de muestreo sirve para la determinación de partículas y químicos en fase gaseosa de los grupos electrógenos, como se puede observar en la Figura 14.



Figura 14 Sonda isocinética y caja porta filtros.

❖ **Consola de control isocinético marca Clean Air.**

La consola de control isocinético permite el control y la supervisión de presión, temperaturas, velocidad y cantidad de flujo de gas de las emisiones de los grupos electrógenos, como se muestra en la Figura 15.



Figura 15 Consola de control isocinético marca Clean Air.

La consola se encuentra conformada por algunos componentes como se puede observar en la Figura 16:

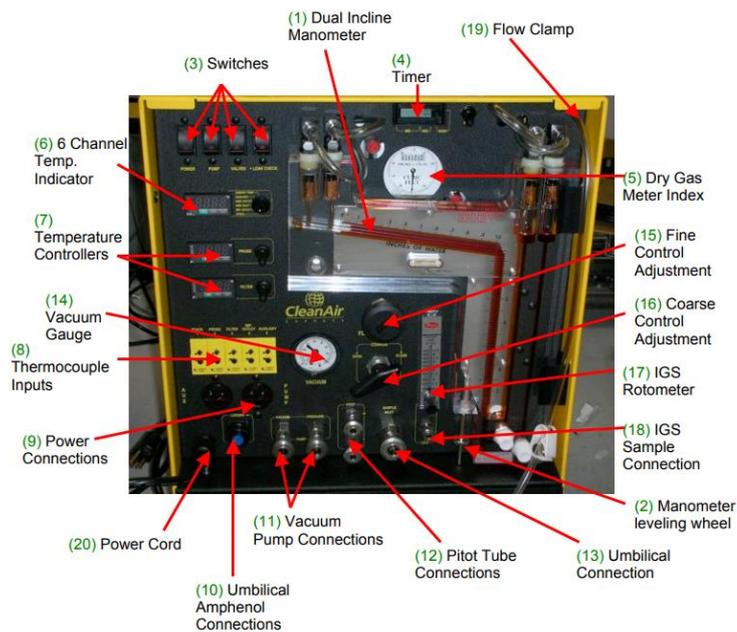


Figura 16 Componentes de la consola de control isocinético.

❖ **Equipo analizador de vibraciones TRIO CX7.**

Es un equipo analizador / colector de vibraciones triaxiales, el cual permite evaluar las vibraciones que emiten los equipos rotativos.

TRIO CX7 consta de 3 componentes:

- TRIO Controlador. (Figura 17)



Figura 17 TRIO Controlador.

- Procesador de Datos DP-1. (Figura 18)



Figura 18 Procesador de Datos DP-1.

- Acelerómetro triaxial con cable enrollado de 6 in. (Figura 19)



Figura 19 Acelerómetro triaxial con cable enrollado de 6 in.

Materiales:

- ❖ Filtro de 10 micras.

Recoge las muestras para realizar los cálculos de las emisiones de las partículas, mediante el pesaje en una balanza para medir la constante de peso y por último pasar al método gravimétrico.

- ❖ Aceites lubricantes.

En la Tabla 2 se tiene las propiedades técnicas de Lubricante SAE 15W-40, que es el aceite utilizado en los grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61:

Tabla 2 Cifras técnicas de Lubricante SAE 15W-40.

Cifras típicas	
Grado SAE	15W-40
Viscosidad, ASTM D 445	
cSt a 40 °C	110
cSt @ 100°C	14.4
Índice de viscosidad, ASTM D 2270	130
Cenizas sulfatadas, % peso, ASTM D 874	0.5
TBN, mg KOH/g, ASTM D 2896	5.0
Punto de fluidez, °C, ASTM D 97	-27
Punto de inflamación, °C, ASTM D 92	210
Densidad @ 15 °C, kg/l, ASTM D4052 4052	0.88

Fuente: [17]

TBN mide la cantidad de productos ácidos presentes en el lubricante. Generalmente, un incremento en el TAN sobre el valor del lubricante nuevo indica oxidación del lubricante o contaminación con ácidos. En la Tabla 3 se muestran las propiedades más importantes de los lubricantes, los impactos que tienen en la función del motor, el límite condensorio y el nivel recomendado para un rendimiento óptimo:

Tabla 3 Resumen de las propiedades más importantes de lubricantes.

Property	Impacts on engine function	Condemning limit	Recommended level for optimum performance
Base Number (BN) (mg KOH / g) ASTM D2896	Prevents corrosion.	Min. 20 (HFO operation). Max. 50% depletion from fresh oil level (LFO operation).	Min. 25 (HFO operation). Max. 40% depletion from fresh oil level (LFO operation).
Viscosity (cSt, at 100 °C) ASTM D445	Provides hydrodynamic lubrication for bearings, etc. Reduces friction and thus fuel oil consumption.	Max. -20% or +25% from fresh oil levels, at 100 °C. Max. -25% or +45% from fresh oil levels, at 40 °C.	Max. ±15% from fresh oil levels, at 100 °C. Max. ± 25% from fresh oil levels, at 40 °C.
Water (vol-%) or (w-%) ASTM D95	Introduces corrosion. Deteriorates the hydrodynamic properties of the oil. Affects additive function.	Max 0,3 vol-% / w-%.	Max 0,3 vol-% / w-%.
Insolubles (w-%) ASTM D893b	Deteriorates the hydrodynamic properties of the oil. Affects additive function.	Max. 2,0 w-%, as n-pentane insolubles.	Max. 1,0 w-%, as n-pentane insolubles.
Flash point (°C) ASTM D92 or D 93	Risk of crankcase explosion.	Min. 170 °C (PMCC) Min. 190 °C (COC)	Min. 170 °C (PMCC) Min. 190 °C (COC)

Fuente: [17]

3.3. Tipo de investigación

Como cumplimiento de la legislación ambiental vigente, considerando el Acuerdo Ministerial No. 091. Sobre los límites máximos permisibles en las actividades hidrocarburíferas para disminuir los efectos que producen los diferentes tipos de emisiones a la atmósfera, por lo cual, está facultado a dictar los reglamentos y disposiciones que se requieran. [18]

Por lo tanto, en base a dicho acuerdo ministerial el tipo de investigación que se realizó fue Cuantitativo, con un alcance descriptivo y no experimental, donde se estableció procedimientos y metodologías para reducir las emisiones de gases en grupos electrógenos.

3.4. Prueba de Hipótesis - pregunta científica – idea a defender

La investigación realizada se basa en fundamentos técnicos y análisis cuantitativo de los datos recolectados en campo, donde la idea a defender es establecer metodologías para minimizar la contaminación ocasionada por los gases de la combustión que emanan los grupos electrógenos que operan en el campo Auca EP PETROECUADOR, considerando tres puntos de vista:

- Los monitoreos permiten analizar las cantidades de gases que emanan los grupos electrógenos del Campo Auca Bloque 61.
- Los procedimientos y metodologías basadas en eficiencia energética y conservadoras con el medio ambiente se relacionaron para reducir las emisiones de gases en grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR.
- Los planes de mantenimiento se relacionaron directamente para minimizar las emisiones de gases en grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR.

3.5.Población o muestra:

En este tipo de investigación no se aplicó el criterio de población y muestra, puesto que a partir de datos estadísticos disponibles se analizó las emisiones de gases en grupos electrógenos.

En el monitoreo ambiental de grupos electrógenos del año 2019 se tienen datos de la ubicación, marca, código, tipo de fuente, el estatus y el tipo de combustible que utiliza para el funcionamiento 41 grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR, como se muestra en la Tabla 4:

Tabla 4 Grupos electrógenos del año 2019 en el Campo Auca – Bloque 61

LOCACIÓN	MARCA	CÓDIGO	TIPO DE FUENTE	ESTATUS	COMBUSTIBLE
CONONACO 40	Caterpillar	MCO-0066	Generador	Operativo	Diésel
CONONACO 09	Caterpillar	MCO-0705	Generador	Operativo	Diésel
ESTACIÓN CONONACO	Caterpillar	MCO-0654	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0657	Motor	Stand By	Diésel
CONONACO 19	Caterpillar	MCO-0624	Generador	Stand By	Diésel
	Caterpillar	MCO-040	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-041	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0634	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0643	Generador	No Operativo	Diésel

RUMIYACU 01	Caterpillar	MCO-0106	Motor	Operativo	Diésel
CONONACO 06	Caterpillar	MCO-0730	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0287	Generador	Operativo	Diésel
CHONTA SUR 01	Caterpillar	M – 060	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-W08	Generador	No Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-W29	Generador	Operativo	Diésel
CHONTA ESTE	Caterpillar	MCO-645	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA SUR 08	Caterpillar	MCO-0825	Generador	Operativo	Diésel
AUCA 47	Hyundai	MCO-804	Motor	Operativo	Crudo
	Hyundai	MCO-805	Motor	No Operativo	Crudo
	Hyundai	MCO-806	Motor	No Operativo	Crudo
	Hyundai	MCO-807	Motor	No Operativo	Crudo
AUCA 06	Caterpillar	MCO-0819	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0822	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0834	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0833	Generador	Operativo	Diésel
AUCA 123	Caterpillar	MCO-0648	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-14004	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 37	Caterpillar	MCO-0637	Generador	Operativo	Diésel
AUCA 137	Caterpillar	MCO-0063	Motor	Operativo	Diésel
AUCA 56	Caterpillar	MG-602-1	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-301-4D	Generador	Operativo	Diésel
TORTUGA 01	Caterpillar	MCO-0091	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0497	Motor	No Operativo	Diésel
AUCA CENTRAL	Caterpillar	MCO-0659	Motor	No Operativo	Diésel
AUCA 64	Caterpillar	MCO-0824	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 38	Caterpillar	MCO-0685	Motor	No Operativo	Diésel
AUCA 51	Caterpillar	MCO-0627	Motor	No Operativo	Diésel
YUCA CENTRAL	Caterpillar	MCO-042	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA SUR 08	Caterpillar	MCO-0826	Motor	No Operativo	Diésel
ANACONDA 01	Caterpillar	MCO-046	Generador	Operativo	Diésel
CULEBRA 01	Caterpillar	MCO-0835	Generador	Operativo	Diésel

En el monitoreo ambiental de grupos electrógenos del año 2020 se tienen datos de la ubicación, marca, código, tipo de fuente, el estatus y el tipo de combustible que

utiliza para el funcionamiento 34 grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR, como se muestra en la Tabla 5:

Tabla 5 Grupos electrógenos del año 2020 en el campo auca – bloque 61

LOCACIÓN	MARCA	CÓDIGO	TIPO DE FUENTE	ESTATUS	COMBUSTIBLE
CONONACO 34	Caterpillar	MCO-0066	Motor	Operativo	Diésel
CONONACO 09	Caterpillar	MCO-0705	Motor	Operativo	Diésel
ESTACIÓN CONONACO	Caterpillar	MCO-0657	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0654	Motor	No Operativo	Diésel
CONONACO 19	Caterpillar	MCO-0645	Generador	Stand By	Diésel
	Caterpillar	MCO-0624	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0643	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-040	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0634	Generador	No Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-041	Generador	No Operativo	Diésel
CHONTA SUR 01	Caterpillar	M-060	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-W08	Generador	No Operativo	Diésel
CONONACO 06	Caterpillar	MCO-0730	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0287	Motor	Operativo	Diésel
RUMIYACU 01	Caterpillar	MCO-0106	Generador	Operativo	Diésel
CHONTA ESTE	Caterpillar	MCO-0627	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 06	Caterpillar	MCO-0822	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0833	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0819	Generador	No Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0834	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 123	Caterpillar	MCO-0648	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA SUR 08	Hyundai	MCO-0825	Generador	Operativo	Crudo
	Hyundai	MCO-0826	Generador	No Operativo	Crudo
AUCA 137	Caterpillar	MCO-0063	Motor	Operativo	Diésel
AUCA 56	Caterpillar	MG-602-1	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-301-4D	Generador	Operativo	Diésel
CULEBRA 01	Caterpillar	MCO-0835	Generador	Operativo	Diésel
ANACONDA 06	Caterpillar	MCO-046	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-14004	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 37	Caterpillar	MCO-0497	Motor	Operativo	Diésel
AUCA 64	Caterpillar	MCO-0824	Generador	Operativo	Diésel

AUCA	Caterpillar	M-042	Generador	Operativo	Diésel
CENTRAL	Caterpillar	MCO-0659	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 51	Caterpillar	MCO-0091	Generador	No Operativo	Diésel

En el monitoreo ambiental de grupos electrógenos del año 2021 se tienen datos de la ubicación, marca, código, tipo de fuente, el estatus y el tipo de combustible que utiliza para el funcionamiento 25 grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR, como se muestra en la Tabla 6:

Tabla 6 Grupos electrógenos del año 2021 en el Campo Auca – Bloque 61

LOCACIÓN	MARCA	CÓDIGO	TIPO DE FUENTE	ESTATUS	COMBUSTIBLE
CONONACO 34	Caterpillar	MCO-0066	Motor	Operativo	Diésel
CONONACO 09	Caterpillar	MCO-0705	Motor	Operativo	Diésel
ESTACIÓN CONONACO	Caterpillar	MCO-0654	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0657	Motor	Operativo	Diésel
CONONACO 19	Caterpillar	MCO-0645	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0624	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-040	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-041	Generador	No Operativo	Diésel
CHONTA SUR 01	Caterpillar	MCO-0634	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	M-060	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-W08	Generador	No Operativo	Diésel
	Caterpillar	MG-W29	Generador	No Operativo	Diésel
CONONACO 06	Caterpillar	MCO-0730	Motor	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0287	Motor	Operativo	Diésel
RUMIYACU 01	Caterpillar	MCO-0106	Generador	Operativo	Diésel
CHONTA ESTE	Caterpillar	MCO-0627	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0833	Generador	Operativo	Diésel
	Caterpillar	MCO-0834	Generador	Operativo	Diésel

AUCA 06	Caterpillar	MCO-0819	Generador	Operativo	Diésel
AUCA SUR 08	Hyundai	MCO-0825	Generador	No Operativo	Crudo
	Hyundai	MCO-0826	Generador	No Operativo	Crudo
CULEBRA 01	Caterpillar	MCO-0835	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 64	Caterpillar	MCO-0643	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 38	Caterpillar	MCO-0685	Generador	No Operativo	Diésel
AUCA 123	Caterpillar	MCO-0648	Generador	No Operativo	Diésel

- ❖ En la Tabla 7 se muestra los distintos grupos electrógenos analizados para el análisis de vibraciones en el Campo Auca – Bloque 61, en cada locación se muestra la descripción de cada motor y generador con el TAG correspondiente para su identificación.

Tabla 7 Grupos electrógenos analizados con equipo de vibraciones TRIO CX7.

LOCACIÓN	DESCRIPCIÓN	TAG
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0824
	GENERADOR 1828 KW	GG-0360
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0835
	GENERADOR 1828 KW	GG-0367
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0834
	GENERADOR 1828 KW	GG-0366
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (1180HP)	MCO-0455
	GENERADOR CAT (7255 KW)	GG-0207
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (715 HP)	MCO-0497
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0242
AUCA 51 GEN 02	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1001-3
	GENERADOR 850 KW	GG1001-3
AUCA 51 GEN 01	MOTOR COMB.(D) 890 HP	MCO-0091
	GENERATOR 545 KW	GG-0020
AUCA 51 GEN 03	MOTOR COMB.(D) 1211 HP	MG-W29
	GENERATOR	GG-W29
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(CAT-3508)	MG-W08
	GENERADOR 910 KW	GG-W08
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) HP	MG301-4D
	GENERADOR 1100 KW	GG301-4D
AUCA 123	MOTOR DE COMBUS(D), 1784 HP	MG1001-2
	GENERADOR 960 KW	GG521-4
AUCA 123	MOTOR COMB.(D) 1220 HP	MCO-0107
	GENERADOR 800 KW	GG-0018

ACA-047-GEL-SGGN-01	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0804
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0338
ACA-047-GEL-SGGN-02	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0805
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0339
ACA-047-GEL-SGGN-03	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0806
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0340
ACA-047-GEL-SGGN-04	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0807
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0341
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0831
	GENERADOR 1828 KW	GG-0357
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0826
	GENERADOR 1828 KW	GG-0362
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2425 HP	MCO-0830
	GENERADOR 1828 KW	GG-0356
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0822
	GENERADOR 1828 KW	GG-0363
MOVIL MTU MVL-5865	MOTOR COMB.(D) 1086 HP	MCO-0739
	GENERADOR 844 KW	GG-0291
CHONTA ESTE	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0636
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0251
CHONTA SUR GEN 01	MOTOR DE COMB(DIESEL) 1785 HP	MCO-0105
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0016
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 551 HP	MCO-0163
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0091
ARMADILLO	MOTOR DE COMB (DIESEL), 1877 HP	MG-W03
	GENERADOR 1640 KW	GG-W04
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0643
	GENERADOR 1230 KW	GG-0258
CONONACO 19 GEN 02 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1002-2
	GENERADOR 850 KW	GG1002-2
CONONACO 19 GEN 03 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	M-040
	GENERADOR 1050 KW	GG-040
CONONACO 19 GEN 06 CAT	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(CAT-3508)	MCO-0641
	GENERADOR 910 KW	GG-0255
CONONACO 19 GEN 07 CAT	MOTOR COMB.(D) 1971 HP	MCO-0624
	GENERADOR 1230 KW	GG-0240
CONONACO 19 GEN 08 CAT	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0645
	GENERADOR 1230 KW	GG-0260
RUMIYACU	MOTOR COMB.(D)	M-041
	GENERADOR 1050 KW	GG-041
ANACONDA	MOTOR COMB.(D) 1200 HP	MCO-0106
	GENERADOR 832 KW	GG-0017
CULEBRA	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0833
	GENERADOR 1828 KW	GG-0359
PITALALA	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0629
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0246

3.6.Recolección de información:

El instrumento para recolección y validación de información que se utilizó fue la información disponible de las mediciones realizadas en grupos electrógenos para cuantificar las emisiones de gases.

Por lo que la metodología que se utilizó para la recolección de información de las emisiones de gases generadas por grupos electrógenos en el campo auca fue la siguiente:

Antes de realizar la recolección de información, se realiza las siguientes verificaciones:

- Disponibilidad de equipos, materiales, reactivos, insumos.
- Condiciones ambientales.
- Verificar que el grupo electrógeno se encuentre en funcionamiento.
- Verificar que el tanque de almacenamiento de condensado se encuentre vacío o por debajo del nivel máximo.
- Verificar visualmente la cantidad de vapor de agua contenida en la emisión de gases.

Para la medición se introdujo la sonda en la chimenea por el puerto de muestreo y se procede a la medición de los gases contaminantes con los siguientes criterios:

- Se tomaron muestras en cada punto que se encuentra marcado en la sonda con la configuración del equipo o en algunos casos mediante una corrida cronometrada en forma manual, tomándose así las muestras de todos los gases de interés a medir.
- También se eligió una muestra desde un solo punto en el centro del conducto, en el caso donde se disponen datos históricos y los datos de pruebas anteriores demostraron que la concentración de gas de la chimenea no varía significativamente a través del diámetro del conducto.

En la Tabla 8 se pueden observar los parámetros de gases analizados, la unidad, la metodología de referencia, el método interno ALS que se aplicó para su medición, el

rango acreditado que cumpla con los parámetros y el equipo utilizado que es el analizador de gases ECO-239 de la marca Testo 350:

Tabla 8 Metodología de referencia, rango acreditado y equipos utilizados – emisiones a la atmósfera en fuentes fijas de combustión

PARÁMETRO	UNIDAD	METODOLOGÍA DE REFERENCIA	MÉTODO INTERNO ALS	RANGO ACREDITADO	EQUIPO UTILIZADO
OXÍGENO, O ₂	%	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	3,0 a 18,0	Analizador de Gases ECO-239 Marca: Testo Modelo: 350 Serie: 61989749
MONÓXIDO DE CARBONO, CO	ppm	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	15 a 1600	
DIÓXIDO DE AZUFRE, SO ₂	ppm	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	15 a 1600	
MONÓXIDO DE NITRÓGENO, NO	ppm	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	15 a 1600	
DIÓXIDO DE NITRÓGENO, NO ₂	ppm	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	10 a 1600	
ÓXIDOS DE NITRÓGENO, NO _x	ppm	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999 Sumatoria de NO y NO ₂	POS-21.00	10 a 1600	
DIÓXIDO DE CARBONO, CO ₂ (*)	%	EPA CTM 030:1997 EPA CTM 034:1999	POS-21.00	Valor arrojado por el analizador de gases	

Fuente: [19]

Para establecer los parámetros de medición se recurrió al Acuerdo Ministerial del Ecuador No. 097 suscrito el 4 de enero del 2007, donde se fija los límites máximos

permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades hidrocarburíferas, como se muestra en la Tabla 9. [18]

Tabla 9 Límites máximos permitidos para emisiones de motores de combustión interna en generadores, bombas o compresores. a) expresado al 15% de O_2 , en condiciones normales y en base seca.

Contaminante (mg/Nm ³) ^(a)	Tipo de Combustible		
	GLP o GAS	DIESEL	BUNKER O CRUDO
Material Particulado (MP)	NO APLICA	100	150
Óxidos de Carbono (CO)	NO APLICA	1500	150
Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	1400	2000	2000
Dióxidos de Azufre (SO ₂)	30	700	1500
HAP's	0,1	0,1	0,1
VOC's	5	10	10

Fuente: [18]

Se recogió la información de la emisión de los gases en grupos electrógenos ubicados en el Bloque 61 comprendida en los años 2019, 2020, y 2021 los cuales se pueden observar en las Tablas 10,11 y 12 respectivamente. En las Tablas se indica la ubicación, identificación, fecha, protocolo, y los resultados obtenidos que arroja el equipo analizador de gases.

La comparación y análisis con la norma ambiental vigente es fundamental para determinar si los límites máximos permisibles se encuentran dentro de parámetros aceptables y las acciones realizadas al monitoreo, seguimiento, mantenimiento son los adecuados para mantener o implementar acciones que aporten al cuidado del medio ambiente.

Tabla 10 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2019.

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
AUCA37	MCO-0637	17/12/2019	728940/2019-1.0	49	1033	110	ND
TORTUGA 01	MCO-0091	18/12/2019	734092/2019-1.0	132	844	233	ND
CULEBRA 01	MCO-0835	19/12/2019	734169/2019-1.0	157	1565	2	ND
ANACONDA 01	MCO-046	19/12/2019	734186/2019-1.0	284	492	33	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
CONONACO 40	MCO-0066	13/12/2019	720070/2019-1.0	405	549	316	ND
CONONACO 09	MCO-0705	13/12/2019	720079/2019-1.0	44	1279	216	ND
EST. CONONACO	MCO-0654	13/12/2019	720085/2019-1.0	337	538	108	ND
CONONACO 19	MCO-040	13/12/2019	720088/2019-1.0	139	599	27	ND
	MCO-041	13/12/2019	720089/2019-1.0	203	556	90	ND
	MCO-0634	13/12/2019	720090/2019-1.0	198	621	64	ND
CONONACO 06	MCO-0730	14/12/2019	722074/2019-1.0	439	850	104	ND
	MCO-0287	14/12/2019	722077/2019-1.0	499	724	331	ND
RUMIYACU 01	MCO-0106	14/12/2019	722096/2019-1.0	191	1795	111	ND
CHONTA SUR	M-060	15/12/2019	723672/2019-1.0	244	507	27	ND
	MG-W29	15/12/2019	723675/2019-1.0	243	497	37	ND
AUCA 06	MCO-0819	16/12/2019	726802/2019-1.0	202	1286	76	ND
	MCO-0822	16/12/2019	726803/2019-1.0	202	1291	90	ND
	MCO-0834	16/12/2019	726804/2019-1.0	208	1286	71	ND
	MCO-0833	16/12/2019	726805/2019-1.0	281	1289	77	ND
AUCA SUR 08	MCO-0825	16/12/2019	726827/2019-1.0	119	1536	117	ND
AUCA 56	MG-602-1	17/12/2019	728926/2019-1.0	160	1875	185	ND
	MG-301-4D	17/12/2019	728927/2019-1.0	120	1624	155	ND
AUCA 123	MCO-0648	17/12/2019	728936/2019-1.0	68	1649	184	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

Fuente: [20]

Tabla 11 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2020

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
CONONACO 34	MCO-0066	19/10/2020	453942/2020-1.0	454	624	32	ND
CONONACO 09	MCO-0705	19/10/2020	453941/2020-1.0	66	1872	297	ND
EST. CONONACO	MCO-0657	19/10/2020	453929/2020-1.0	58	1851	277	ND
CONONACO 19	MCO-0645	19/10/2020	453935/2020-1.0	70	1707	221	ND
	MCO-0624	19/10/2020	453936/2020-1.0	60	1872	283	ND
	MCO-0643	19/10/2020	453937/2020-1.0	55	1826	249	ND
	MCO-040	19/10/2020	453938/2020-1.0	250	662	195	ND
CHONTA SUR 01	M-060	18/10/2020	453915/2020-1.0	155	1576	198	ND
CONONACO 06	MCO-0730	19/10/2020	453932/2020-1.0	539	987	84	ND
	MCO-0287	19/10/2020	453933/2020-1.0	501	1054	211	ND
RUMIYACU 01	MCO-0106	18/10/2020	453928/2020-1.0	167	1743	229	ND
CHONTA ESTE	MCO-0627	18/10/2020	453910/2020-1.0	222	931	195	ND
AUCA 06	MCO-0822	20/10/2020	453986/2020-1.0	472	1220	270	ND
	MCO-0833	20/10/2020	453987/2020-1.0	877	1303	335	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
AUCA SUR 08	MCO-0825	18/10/2020	453908/2020-1.0	146	1677	259	ND
	MCO-0826	18/10/2020	453909/2020-1.0	251	1524	241	ND
AUCA 137	MCO-0063	20/10/2020	453950/2020-1.0	541	1062	40	ND
AUCA 56	MG-602-1	17/10/2020	453897/2020-1.0	148	1816	214	ND
	MG-301-4D	17/10/2020	453898/2020-1.0	116	1700	247	ND
CULEBRA 01	MCO-0835	21/10/2020	454007/2020-1.0	223	1524	268	ND
ANACONDA 06	MCO-046	21/10/2020	453997/2020-1.0	406	484	176	ND
AUCA 37	MCO-0497	17/10/2020	453904/2020-1.0	114	1046	180	ND
AUCA 64	MCO-0824	20/10/2020	453886/2020-1.0	136	1573	109	ND
YUCA CENTRAL	M-042	21/10/2020	453990/2020-1.0	54	661	189	ND
AUCA 51	MCO-0091	17/10/2020	453903/2020-1.0	418	939	140	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

Fuente: [21]

Tabla 12 Cuadro comparativo de parámetros analizados en muestras de emisiones a la atmósfera (motores de combustión interna, combustible: diésel) año 2021

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
CONONACO 34	MCO-0066	16/04/2021	205888/2021-1.0	544	469	196	ND
CONONACO 09	MCO-0705	16/04/2021	205860/2021-1.0	42	1837	253	ND
ESTACIÓN CONONACO	MCO-0654	16/04/2021	205901/2021-1.0	725	598	163	ND
	MCO-0657	16/04/2021	205902/2021-1.0	117	1089	224	ND
CONONACO 19	MCO-0645	16/04/2021	205912/2021-1.0	57	1756	252	ND
	MCO-0624	16/04/2021	205913/2021-1.0	50	1994	317	ND
	MCO-040	16/04/2021	205914/2021-1.0	172	607	201	ND
CHONTA SUR 01	MCO-0634	17/04/2021	205973/2021-1.0	21	1908	374	ND
	M-060	17/04/2021	205976/2021-1.0	244	575	235	ND
CONONACO 06	MCO-0730	17/04/2021	205928/2021-1.0	443	946	209	ND
	MCO-0287	17/04/2021	205931/2021-1.0	251	846	201	ND
RUMIYACU 01	MCO-0106	17/04/2021	205939/2021-1.0	122	1575	208	ND
CHONTA ESTE	MCO-0627	17/04/2021	205954/2021-1.0	162	987	238	ND
AUCA 06	MCO-0833	19/04/2021	206035/2021-1.0	165	1692	295	ND
	MCO-0834	19/04/2021	206037/2021-1.0	234	1617	204	ND
	MCO-0819	19/04/2021	206039/2021-1.0	197	1402	267	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

PARÁMETROS				Monóxido de Carbono (CO)	Óxidos de Nitrógeno (NO _x)	Dióxido de Azufre (SO ₂)	Material Particulado (MP)
LOCACIÓN	CÓDIGO MUESTREO	FECHA MUESTREO	PROTOCOLO	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³	mg/Nm ³
AUCA SUR 08	MCO-0822	18/04/2021	206007/2021-1.0	265	1358	269	ND
AUCA 137	MCO-0063	19/04/2021	206030/2021-1.0	737	1879	127	ND
AUCA 56	MG-602-1	19/04/2021	206032/2021-1.0	55	1538	286	ND
	MG-301-4D	19/04/2021	206033/2021-1.0	50	1543	298	ND
CULEBRA 01	MCO-0824	18/04/2021	206022/2021-1.0	197	1597	229	ND
ANACONDA 06	MCO-046	20/04/2021	206040/2021-1.0	298	462	202	ND
	MG-14004	20/04/2021	206041/2021-1.0	294	464	210	ND
AUCA 37	MCO-0497	18/04/2021	206027/2021-1.0	406	942	215	ND
	MCO-0637	18/04/2021	206028/2021-1.0	100	1167	250	ND
AUCA 51	MCO-0091	19/04/2021	206031/2021-1.0	321	1020	228	ND
AUCA CENTRAL	MCO-0659	16/04/2021	205900/2021-1.0	512	604	221	ND
YUCA CENTRAL	M-042	20/04/2021	206053/2021-1.0	40	572	203	ND
⁽¹⁾ LÍMITE MÁXIMO PERMISIBLE				1500	2000	700	100

Fuente: [22]

Para la recolección de la información sobre las vibraciones que producen los grupos electrógenos, la Figura 20 muestra el esquema de análisis de vibraciones en el Campo Auca.

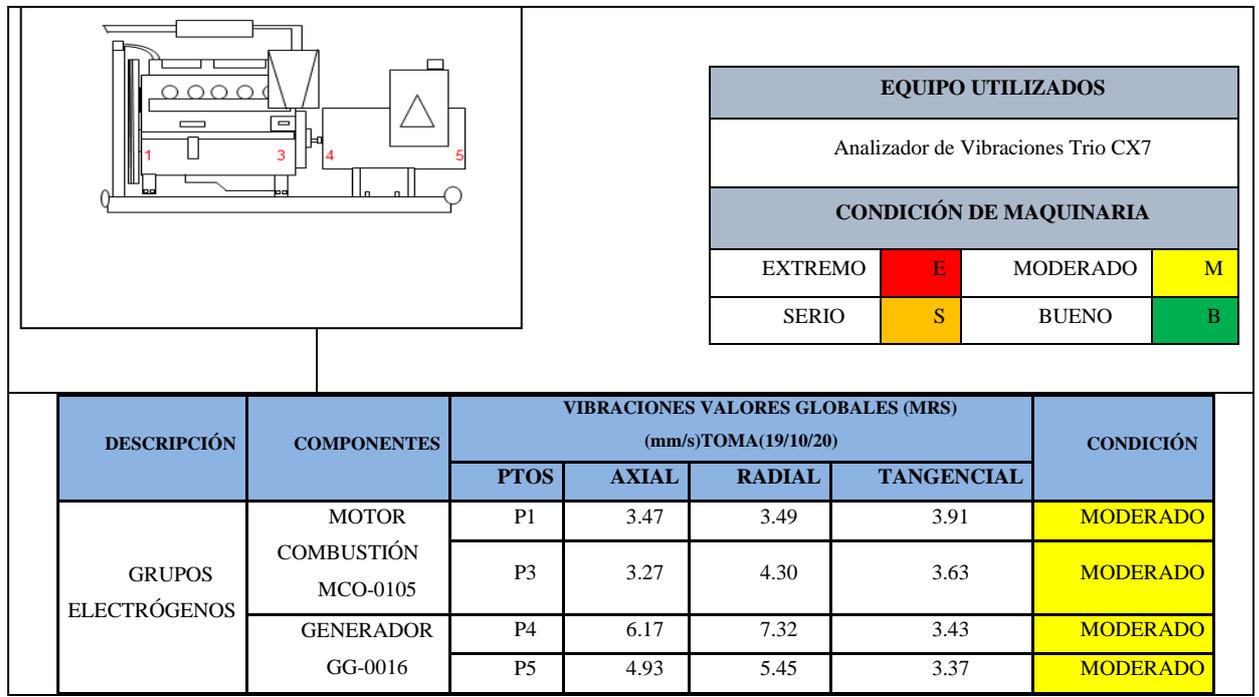


Figura 20 Metodología del análisis de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca.

El diagnóstico de vibraciones se cataloga como un mantenimiento predictivo, basado en condición que involucra el uso de algún tipo de tecnologías avanzadas y equipos para detectar fallas potenciales, buscando identificar de manera temprana la condición del elemento para prevenir su falla o su degradación. Para los grupos electrógenos se utiliza el equipo analizador de vibraciones TRIO CX7, en donde las oscilaciones demuestran el comportamiento del equipo, basados en Tablas de Charlotte desarrollados por la Asociación Técnica de Charlotte (TA) como se muestra en la Tabla 13.

Tabla 13 Tabla de Charlotte

Tipo de maquina especifica	Bueno	Regular	Alarma 1	Alarma 2
TRANSMISIONES DE TORRE DE ENFRIAMIENTO				
Flecha larga y hueca	0-6.75	6.75-10.8	10.8	16.20
Acoplamiento de bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Acopladas directamente	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
COMPRESORES				
Reciprocantes	0-5.85	5.85-9	9	13.5
Tipo tomillo	0-5.40	5.40-8.10	8.10	11.70
Centrifuga con o sin caja de engranaje externa	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifuga engranaje integral axial	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifuga engranaje integral radial	0-2.70	2.70-4.50	4.50	6.75
SOPLADORES (VENTILADORES)				
Giratorio	0-5.40	5.40-8.10	8.10	12.15
Accionado por bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Ventiladores generales de transmisión directa	0-4.50	4.50-6.75	6.75	9.90
Ventiladores de aire primario	0-4.50	4.50-6.75	6.75	9.90
Ventiladores de tiro forzad grandes	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Ventiladores de tiro inducido, grandes	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Ventilador integral montado en el eje	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Ventilador axial con aletas guías	0-2.70	2.70-4.50	4.50	6.75
GRUPO MOTOR GENERADOR				
Impulsados por bandas	0-4.95	4.95-7.65	7.65	12.15
De acoplamiento directo	0-4.95	3.60-5.40	5.40	8.10
ENFRIADORES (CHILLERS)				
Reciprocantes (movimiento alternativo)	0-4.50	4.50-7.20	7.20	10.80
Centrifugo abierto (al aire libre)	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Centrifugo cerrado (hermético)	0-2.70	2.70-4.05	4.05	6.30
TURBOGENERADORES GRANDES				
Turbogenerador de 3600 rpm	0-3.15	3.15-4.95	4.95	7.20
Turbogenerador de 1800 rpm	0-2.70	2.70-4.05	4.05	6.30
BOMBAS CENTRIFUGAS				
Bombas verticales (300 mm-500mm de altura)	0-5.85	5.85-9	9.00	13.50
Bombas verticales (200 mm-300mm de altura)	0-4.95	4.95-7.65	7.65	11.70
Bombas verticales (130 mm-200mm de altura)	0-4.05	4.05-6.30	6.30	9.45
Bombas verticales (0 mm-130mm de altura)	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bomba Horizontal de uso General de acop. Directo	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bomba de alimentación para calderas	0-3.60	3.60-5.40	5.40	8.10
Bombas hidráulicas	0-2.25	2.25-3.60	3.60	5.40
MAQUINAS HERRAMIENTAS				
Motor	0-1.17	1.17-1.80	1.80	2.70
Entrada de la caja de engranaje	0-1.80	1.80-2.70	2.70	4.05
Salida de la caja de engranaje	0-1.17	1.17-1.80	1.80	2.70
Husillos- operaciones de desbastamiento	0-0.72	0.72-1.17	1.17	1.80
Husillos- acabado	0-0.45	0.45-0.72	0.72	1.17
Husillos- maquinado critico	0-0.27	0.27-0.45	0.45	0.72

Fuente: [23]

Las fallas comunes en grupos electrógenos son comunes y repetitivas, la forma de guiarse es según el espectro u oscilación que determina el equipo TRIO CX7, a continuación, Tabla 14 de diagnóstico de vibraciones.

Tabla 14 Tabla de diagnóstico de vibraciones Charlotte

FUENTE DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
DESEQUILIBRIO DE MASA A. DESEQUILIBRIO ESTÁTICO	1X RADIAL 		El Desequilibrio Estático estará en fase y fijo. La amplitud debida al desequilibrio se elevará al cuadrado de la velocidad de giro debajo de la primer frecuencia crítica del rotor (un incremento de velocidad de 3X = vibración más alta en 9X). 1X RPM siempre está presente y por lo general domina al espectro. Se puede corregir al colocar únicamente un peso de corrección de equilibrio en un plano en el centro de gravedad (CG) del Rotor. Debe existir una diferencia de fase de 0° aprox. entre los horizontales OB e IB, así como entre los verticales OB e IB. Además, por lo general existe una diferencia de fase de 90° aprox. entre las lecturas horizontales y verticales en cada apoyo de rotor desequilibrado ($\pm 30^\circ$).
B. DESEQUILIBRIO TIPO PAR	1X RADIAL 		El Desequilibrio Tipo Par origina un movimiento fuera de fase de 180° en el mismo eje. 1X RPM siempre se presenta y por lo general domina al espectro. La amplitud varía con el cuadrado de la velocidad en incremento debajo de la primera velocidad crítica del rotor. Puede causar una alta vibración axial así como radial. Para su corrección se requiere colocar pesos de equilibrio en por lo menos 2 planos. Observe que debe existir una diferencia de fase de 180° aprox. entre los horizontales OB e IB, así como entre los verticales OB e IB. Además, por lo general existe una diferencia de fase de 90° aprox. entre las lecturas horizontales y verticales en cada apoyo ($\pm 30^\circ$).
C. DESEQUILIBRIO DINÁMICO	1X RADIAL 		El Desequilibrio Dinámico es el más común y es una combinación de desequilibrio de estático y de par. 1X RPM domina el espectro, y realmente requiere una corrección de 2 planos. Aquí, la diferencia de fase radial entre los apoyos internos y externos puede abarcar un rango de 0° a 180°. Sin embargo, la diferencia en fase de los apoyos horizontales será similar a la diferencia entre las fases verticales ($\pm 30^\circ$). Así mismo, en caso de que predomine el desequilibrio, una diferencia de fase de 90° aprox. resultará entre las lecturas horizontal y vertical de cada apoyo ($\pm 40^\circ$).
D. DESEQUILIBRIO DE ROTORES EN CANTILIBRE	1X AXIAL & RADIAL 		El Desequilibrio del Rotor En Cantilibre causa 1X RPM alto en ambas direcciones axial y radial. Las lecturas axiales tienden a estar en fase mientras que las lecturas radiales pueden ser inestables. Sin embargo, las diferencias de la fase horizontal coincidirán por lo general con las diferencias de fase vertical en el rotor desequilibrado ($\pm 30^\circ$). Estos rotores presentan desequilibrios estático y par. Por lo tanto, los pesos de corrección siempre tendrán que colocarse en 2 planos para contrarrestarlos.
ROTOR EXCÉNTRICO	1X ABANICO 1X MOTOR RADIAL 		La excentricidad ocurre cuando el centro de rotación está fuera de la línea central geométrica de una polea, un engrane, un rodamiento, una armadura del motor, etc. La vibración mayor ocurre en 1X RPM del componente excéntrico en una dirección a través de las líneas centrales de los dos rotores. Las lecturas comparativas de fase horizontal y vertical por lo general difieren en 0° o en 180° (cada una de las cuales indica un movimiento rectilíneo). Con frecuencia, el intentar equilibrar los rotores excéntricos dará como resultado una reducción en la vibración en una dirección radial, pero incrementa la vibración en la otra dirección radial (dependiendo de la cantidad de excentricidad).

ROTOR EXCÉNTRICO		<p>La excentricidad ocurre cuando el centro de rotación está fuera de la línea central geométrica de una polea, un engrane, un rodamiento, una armadura del motor, etc. La vibración mayor ocurre en 1X RPM del componente excéntrico en una dirección a través de las líneas centrales de los dos rotores. Las lecturas comparativas de fase horizontal y vertical por lo general difieren en 0° o en 180° (cada una de las cuales indica un movimiento rectilíneo). Con frecuencia, el intentar equilibrar los rotores excéntricos dará como resultado una reducción en la vibración en una dirección radial, pero incrementa la vibración en la otra dirección radial (dependiendo de la cantidad de excentricidad).</p>	
EJES FLEXIONADOS		<p>Los problemas relacionados ejes flexionados causan una vibración axial alta con diferencias de fase axial con tendencia hacia los 180° en el mismo componente de la máquina. La vibración dominante por lo general ocurre en 1X si la flexión está cerca del centro del eje, pero en 2X en caso de que la flexión esté cerca del acoplamiento. (Asegúrese de compensar las fases axiales en caso de que se haya invertido la dirección del sensor). Utilice indicadores de carátula para confirmar la flexión del eje.</p>	
DESALINEACIÓN	A. DESALINEACIÓN ANGULAR		<p>La Desalineación Angular se caracteriza por una vibración axial alta, 180° fuera de fase a través del acoplamiento. Tendrá una vibración axial alta tanto en 1X como en 2X RPM. Sin embargo, no es inusual que 1X, 2X ó 3X dominen. Estos síntomas también pueden indicar problemas de acoplamiento. Una desalineación angular severa puede presentar muchas armónicas de 1X RPM. A diferencia de la Holgura Mecánica del Tipo 3, estas armónicas múltiples no cuentan con un piso de ruido elevado en los espectros.</p>
B. DESALINEACIÓN PARALELA		<p>La Desalineación Paralela tiene características de vibración similares a la Desalineación Angular pero presenta una vibración radial alta que se aproxima a 180° fuera de fase a través del acoplamiento. Frecuentemente 2X es mayor que 1X, pero su altura relativa a 1X la impone el tipo de acoplamiento. Cuando la Desalineación Angular o Radial es severa, pueden generar picos de amplitud altos en armónicas mucho más altas (4X - 8X), o incluso toda una serie de armónicas de alta frecuencia similares en apariencia a la holgura mecánica. El tipo de acoplamiento y el material con frecuencia influyen enormemente en el espectro total cuando la desalineación es severa. Generalmente no presenta piso de ruido elevado.</p>	
C. RODAMIENTO DESALINEADO INCLINADO EN EL EJE		<p>El Rodamiento Inclinado generará una vibración axial considerable. Causará un Movimiento Torcido con un cambio de fase de aprox. 180° entre la parte superior e inferior, izquierda y derecha de la caja que soporta al rodamiento. El tratar de alinear el acoplamiento o equilibrar el rotor no solucionará el problema. Por lo general se debe retirar el rodamiento e instalarse correctamente.</p>	
RESONANCIA		<p>La resonancia ocurre cuando una Frecuencia de Oscilación Forzada coincide con la Frecuencia Natural del Sistema, y puede causar una drástica amplificación en la amplitud que puede resultar en un daño prematuro, o incluso catastrófico. Puede excitarse la frecuencia natural del rotor pero puede originarse frecuentemente en la base, en el cimiento, en la caja de engranes o incluso en las correas (bandas) de poleas. Si un rotor se encuentra en resonancia o cerca de ella, puede ser casi imposible que se pueda lograr un equilibrado debido al cambio importante de fase que experimenta (90° en resonancia; casi 180° cuando pasa a través). Con frecuencia se requiere que la frecuencia natural cambie a una frecuencia más alta o más baja. Las frecuencias naturales generalmente no se alteran con cambios en velocidades de giro, lo cual facilita su identificación (con excepción de aquellos equipos con un cantilibre significativo).</p>	
FUENTE DEL PROBLEMA	ESPECTRO TÍPICO	RELACIÓN DE FASE	OBSERVACIONES
HOLGURA MECÁNICA	<p>OBSERVE EL PISO DE RUIDO ELEVADO QUE INDICA LA HOLGURA</p>		<p>La Holgura Mecánica se indica a través de un espectro de vibración de Tipo A, B o C. El Tipo A se debe a una holgura/fragilidad Estructural de las bases de la máquina, de la placa base o del cimiento; también se debe a un mortero deteriorado, a pernos de sujeción sueltos en la base; y a la distorsión del armazón o de la base (i.e. pata suave). El análisis de fase puede revelar una diferencia de fase de aprox. 90° a 180° entre las lecturas verticales en el perno, en la base de la máquina, en la placa base y en la base en sí. El Tipo B por lo general se debe a pernos de soporte flojos, a fracturas en la estructura del armazón o en el pedestal del rodamiento. El Tipo C normalmente se genera a causa de un ajuste inadecuado entre las partes componentes originando muchas armónicas debido a la respuesta no lineal de las partes sueltas a las fuerzas dinámicas del rotor. Causa un truncamiento de la forma de onda y un piso de ruido mayor en el espectro. Con frecuencia el Tipo C se debe a que el aro exterior del rodamiento está flojo en su tapa, a un rodamiento suelto y que da vueltas en su eje, a un claro excesivo en cojinetes planos y rodamientos, o por un impulsor suelto en su eje, etc. Con frecuencia la Fase del Tipo C es inestable y puede variar entre lectura y lectura, sobre todo si el rotor cambia de posición en el eje de un arranque a otro. A menudo, la Holgura Mecánica es altamente direccional y puede provocar lecturas notablemente diferentes si se comparan los niveles en incrementos de 30° en dirección radial en toda la caja del rodamiento. Además, tenga en cuenta que la holgura con frecuencia provoca múltiples sub-armónicas a exactamente 1/3 RPM (.5X, 1.5X, 2.5X, etc.).</p>
ROZAMIENTOS DEL ROTOR			<p>Un rozamiento del rotor produce un espectro similar al de la Holgura Mecánica cuando las partes rotativas tocan los componentes estacionarios. El contacto puede ser parcial o a lo largo de toda la revolución del eje. Normalmente se genera una serie de frecuencias, que por lo general excitan una o más resonancias. Con frecuencia excitan sub-armónicas de 1X (1/2, 1/3, 1/4, 1/5, ..., 1/n), dependiendo de la ubicación de las frecuencias naturales del rotor. El rozamiento puede excitar muchas altas frecuencias (similar al ruido de banda ancha cuando un gis se pasa por el pizarrón). Puede ser muy serio y de corta duración si se debe a un eje que toca el metal babbit del cojinete plano. En el caso de cojinetes planos el problema se puede convertir en severo cuando se presenta rozamiento en toda la periferia del cojinete y el rotor se encuentra vibrando a la frecuencia de latigues de aceite.</p>

Fuente: [23]

En la Tabla 15 se muestra el análisis de aceites de grupos electrógenos en el Campo Auca, donde la propiedad más importante es oxidación o número base total (TBN), que es un valor de medida potencial que tiene el aceite para impedir la formación de acidez y alcalinidad que producen el azufre (S) y el cloro (Cl) producto de la combustión interna.

Los metales presentes en el aceite dan indicios de desgaste en el motor de los grupos electrógenos por ello es que en el análisis físico – químico se indican los siguientes componentes:

Hierro (Fe): Desgaste en partes móviles del motor como cilindros, pistones, camisas, cigüeñales.

Cromo (Cr), Níquel (Ni): Desgaste en los alrededores del pistón – anillos.

Plomo (Pb): Presente en los elementos de sujeción de levas y ejes.

Cobre (Cu), Estaño (Sn): Contamina el aceite por medio de los cojinetes de balancines, bulón, rodillos, bombas de lubricación, bielas, levas, un alto contenido de (Cu) y (Sn) es la presencia de gases en la cámara de admisión.

Los componentes propios del aceite utilizado y que dan el equilibrio necesario son vanadio (V), níquel (Ni), aluminio (Al), silicio (Si), sodio (Na), y los considerados aditivos capaces de neutralizar acidez calcio (Ca), fósforo (P) y zinc (Zn).

Tabla 15 Muestra de análisis de aceites de grupos electrógenos en el Campo Auca.

En la tabla a continuación se encuentra el análisis físico – químico del aceite por cada motor, en donde se muestra la cantidad de cada elemento químico presente en el aceite el cual permite tener una indicación de posibles averías en los componentes mecánicos producto de la combustión. Los rangos de concentración varían según el motor analizado, las horas desde el último cambio de aceite y la oxidación presente; el cual a través de análisis basados en mantenimiento predictivo nos permitirán determinar la condición del aceite.

TAG	Horas Aceite	Visc 100°C cSt	Oxidación (abs/cm)	Nitración (abs/cm)	Hollyn (ST)	Sulfatación (abs/cm)	Fe	Cr	Ni	Al	Pb	Cu	Sn	Si	Na	K	Mo	P	Zn	Ca	Mg
M-040	500	13,3	7	4	4	20	7	0	0	4	0	3	0	3	7	0	2	1278	1527	4816	46
MCO-0163	350	13,4	9	6	12	20	22	1	0	2	0	3	1	5	4	0	62	1438	1746	2002	1551
MG-W29	500	13,5	9	6	47	24	48	1	0	2	2	11	2	4	3	0	63	1438	1811	2050	1583
MG-W05	250	13,6	8	6	24	21	15	1	0	2	5	5	1	3	3	0	61	1422	1751	1965	1509
MCO-0835	500	13,3	10	7	9	22	13	1	0	1	0	2	0	4	5	0	60	1487	1854	1959	1646
MCO-0637	100	13,4	6	4	5	18	8	1	0	6	0	2	0	5	4	0	56	1454	1738	1699	1517
MCO-0641	500	12,9	7	5	7	20	14	1	0	2	0	5	0	4	5	2	54	1455	1844	1990	1691
MG-1001-1	50	14,2	5	3	1	14	4	0	0	1	0	6	0	6	4	0	52	1490	1751	1766	1453

TAG	Horas Aceite	Visc 100°C cSt	Oxidación (abs/cm)	Nitración (abs/cm)	Hollyn (ST)	Sulfatación (abs/cm)	Fe	Cr	Ni	Al	Pb	Cu	Sn	Si	Na	K	Mo	P	Zn	Ca	Mg
MCO-0833	200	13,2	8	5	6	19	4	0	0	2	0	0	1	2	1	0	53	1373	1373	1773	1295
MCO-0823	400	12,9	14	8	9	27	17	1	0	2	0	1	1	3	1	1	52	1172	1434	1596	1233
MG-1002-2	500	12,8	7	5	3	17	2	0	0	2	0	2	1	3	1	1	56	1294	1562	1670	1214
MCO-0822	200	13,7	10	7	7	22	9	1	0	2	0	1	1	2	2	0	54	1358	1672	1789	1309
MCO-0687	350	13,7	8	5	21	20	38	1	0	1	1	10	2	17	3	2	52	1183	1460	1572	1191
MCO-0615	500	12,7	7	5	7	21	15	1	0	2	0	20	1	2	2	0	52	1182	1458	1476	1186
MCO-0107	500	13,1	8	6	9	21	7	0	0	2	0	1	0	3	47	0	57	1185	1438	1648	1170
MCO-0831	400	14,4	18	9	9	31	20	1	0	2	0	1	1	2	1	0	58	1337	1742	1889	1375
MCO-0824	400	13,3	11	7	10	23	16	1	0	2	0	256	0	2	2	0	55	1249	1573	1576	1274

TAG	Horas Aceite	Visc 100°C cSt	Oxidación (abs/cm)	Nitración (abs/cm)	Hollyn (ST)	Sulfatación (abs/cm)	Fe	Cr	Ni	Al	Pb	Cu	Sn	Si	Na	K	Mo	P	Zn	Ca	Mg
MCO-0832	400	14,1	5	3	2	15	4	0	0	1	0	1	0	6	1	1	62	1520	1805	1932	1471
MCO-0825	500	6,6	11	8	6	23	14	1	0	1	0	2	0	3	5	1	45	976	1282	1238	1011
MCO-0629	250	13	8	5	11	19	7	1	1	2	0	1	1	2	2	0	51	1723	1633	1723	1277
MCO-0819	200	13,5	9	6	7	20	6	0	0	2	0	1	1	3	2	0	55	1387	1702	1827	1342
MCO-0834	200	13,8	10	6	7	21	6	0	0	2	0	1	1	2	4	0	53	1352	1661	1777	1299
MCO-0685	350	13	8	5	5	18	33	1	0	2	1	22	2	17	4	3	51	1195	1429	1570	1187
MCO-0826	200	14	12	8	10	24	10	1	0	2	0	1	1	2	2	0	54	1323	1683	1816	1325

3.7. Procesamiento de la información y análisis estadístico:

A partir de los datos de emisiones de gases disponibles se analizó las cantidades de acuerdo con parámetros establecidos en las regulaciones ambientales del Ecuador para industrias de hidrocarburos.

Para el año 2019 se realizó un análisis estadístico de las emisiones de gases de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. No se realizó un análisis estadístico de material particulado porque no existe emisión.

En la Figura 21 se muestra la emisión de monóxido de carbono (CO) en el año 2019, comparándole con el límite permisible de 1500 mg/Nm^3 . El valor más alto es de 499 mg/Nm^3 de monóxido de carbono ubicada en Cononaco 06. Todas las emisiones de monóxido de carbono se encuentran dentro del límite permisible.

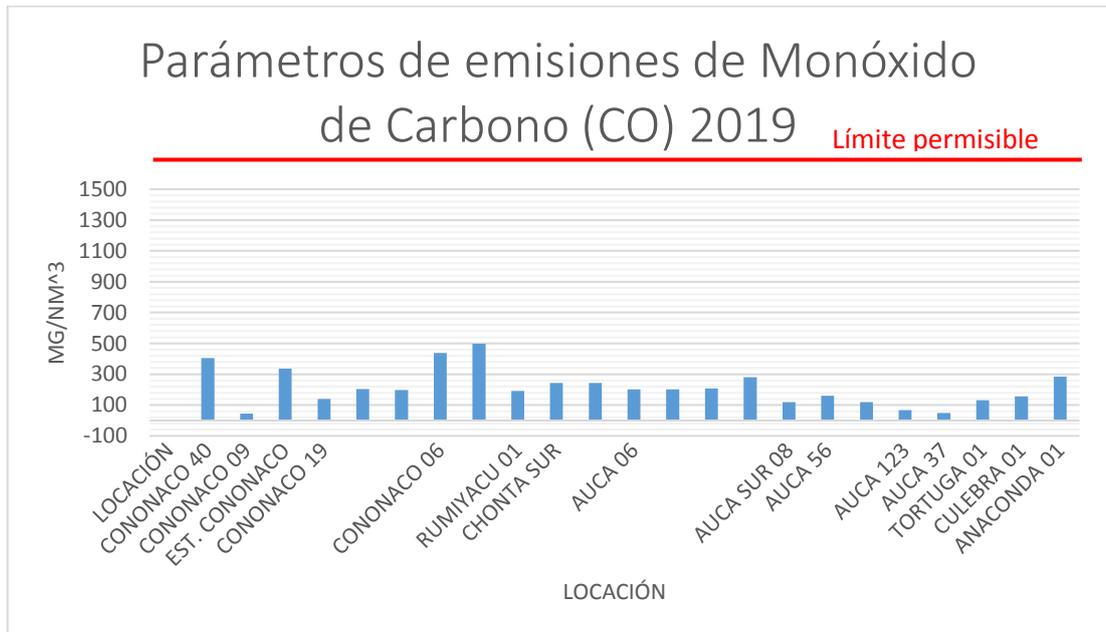


Figura 21 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2019.

En la Figura 22 se muestra la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el año 2019, comparándole con el límite permisible de 2000 mg/Nm^3 . El valor más alto es de 1875 mg/Nm^3 de óxidos de nitrógeno ubicada en Auca 56. Todas las emisiones de óxidos de nitrógeno se encuentran dentro del límite permisible.

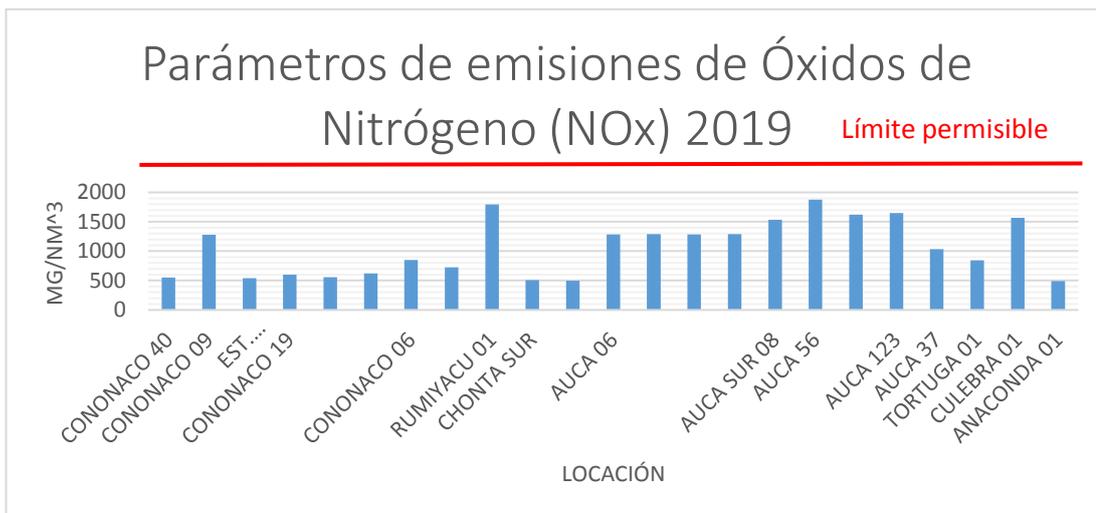


Figura 22 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) 2019.

En la Figura 23 se muestra la emisión de dióxido de azufre (SO_2) en el año 2019, comparándole con el límite permisible de $700 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. El valor más alto es de $331 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ de dióxido de azufre ubicada en Cononaco 06. Todas las emisiones de dióxido de azufre se encuentran dentro del límite permisible.

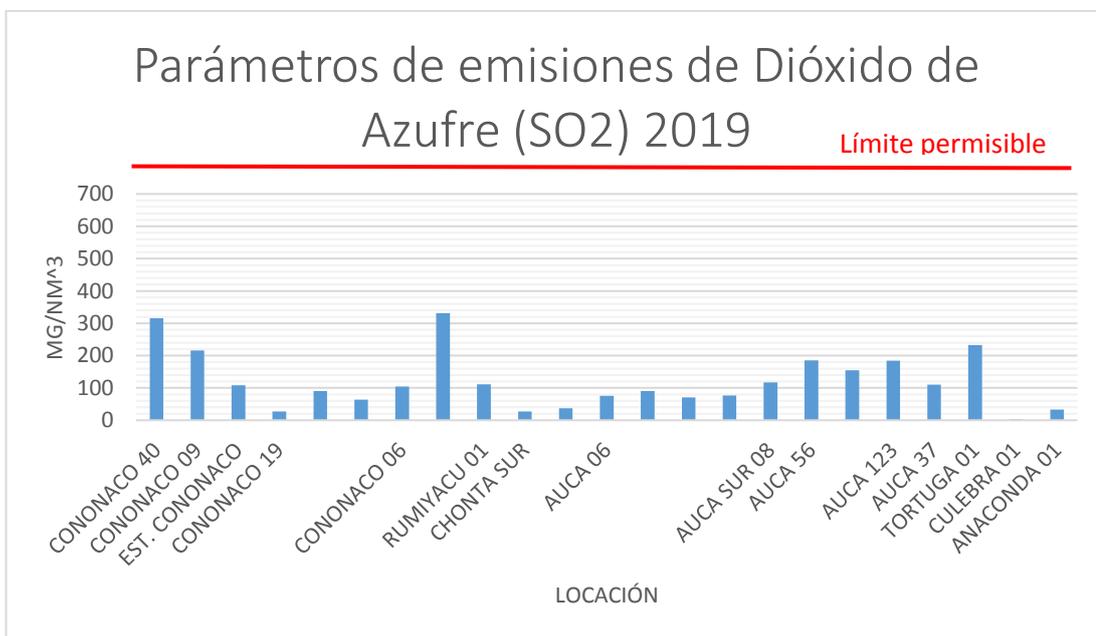


Figura 23 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO_2) 2019.

Para el año 2020 se realizó un análisis estadístico de las emisiones de gases de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. No se realizó un análisis estadístico de material particulado porque no existe emisión.

En la Figura 24 se muestra la emisión de monóxido de carbono (CO) en el año 2020, comparándole con el límite permisible de 1500 mg/Nm^3 . El valor más alto es de 877 mg/Nm^3 de monóxido de carbono ubicada en Auca 06. Todas las emisiones de monóxido de carbono se encuentran dentro del límite permisible.

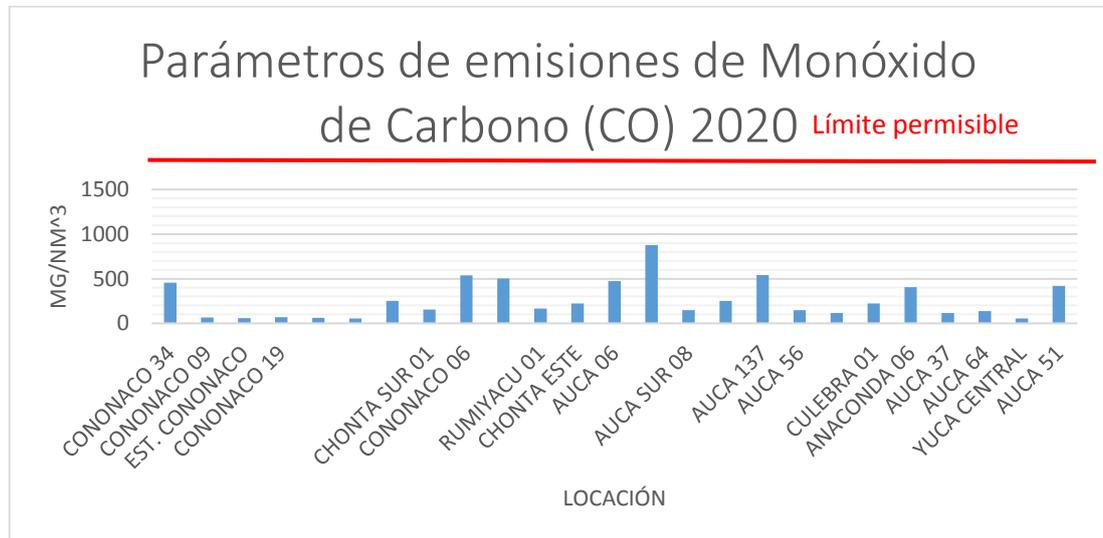


Figura 24 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2020.

En la Figura 25 se muestra la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el año 2020, comparándole con el límite permisible de 2000 mg/Nm^3 . El valor más alto es de 1872 mg/Nm^3 de óxidos de nitrógeno ubicada en dos locaciones en Cononaco 09 y en Cononaco 19. Todas las emisiones de óxidos de nitrógeno se encuentran dentro del límite permisible.

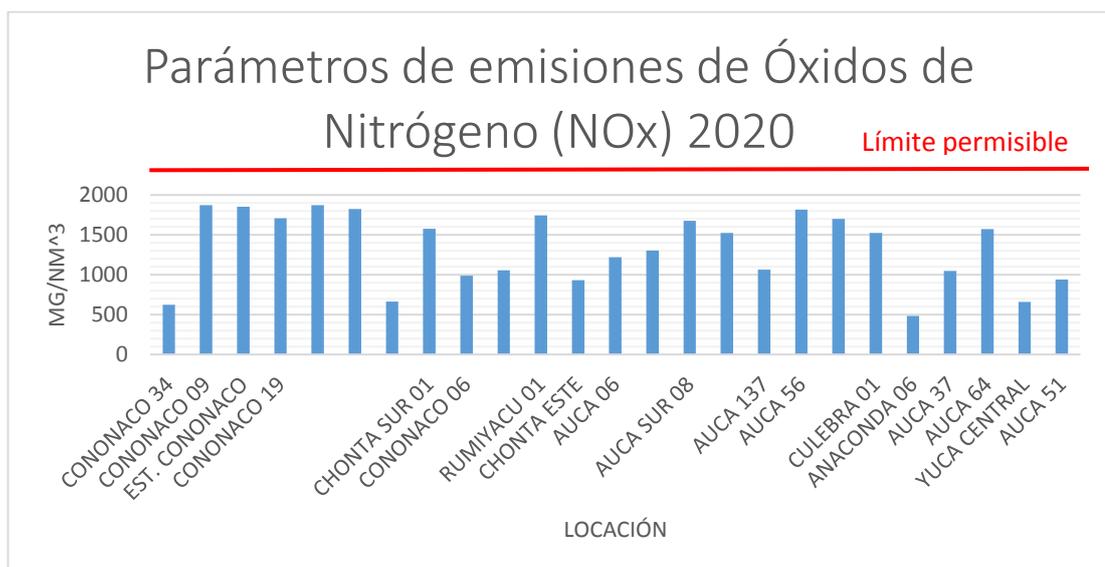


Figura 25 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) 2020.

En la Figura 26 se muestra la emisión de dióxido de azufre (SO_2) en el año 2020, comparándole con el límite permisible de $700 \text{ mg}/Nm^3$. El valor más alto es de $335 \text{ mg}/Nm^3$ de dióxido de azufre ubicada en Auca 06. Todas las emisiones de dióxido de azufre se encuentran dentro del límite permisible.

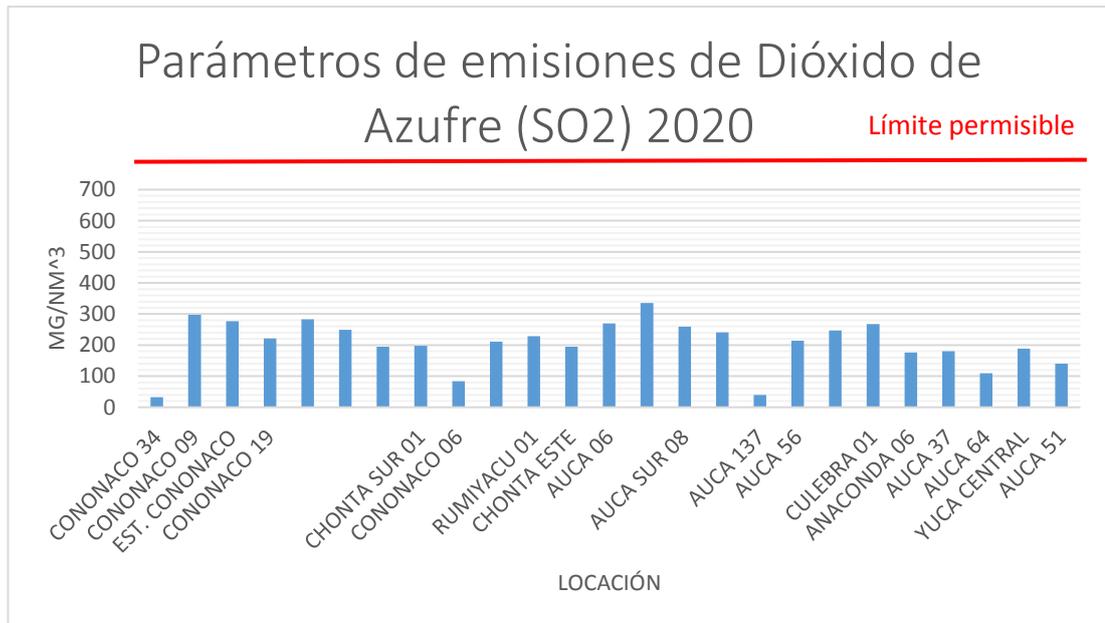


Figura 26 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO_2) 2020.

Para el año 2021 se realizó un análisis estadístico de las emisiones de gases de monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y dióxido de azufre. No se realizó un análisis estadístico de material particulado porque no existe emisión.

En la Figura 27 se muestra la emisión de monóxido de carbono (CO) en el año 2021, comparándole con el límite permisible de $1500 \text{ mg}/Nm^3$. El valor más alto es de $737 \text{ mg}/Nm^3$ de monóxido de carbono ubicada en Auca 137. Todas las emisiones de monóxido de carbono se encuentran dentro del límite permisible.

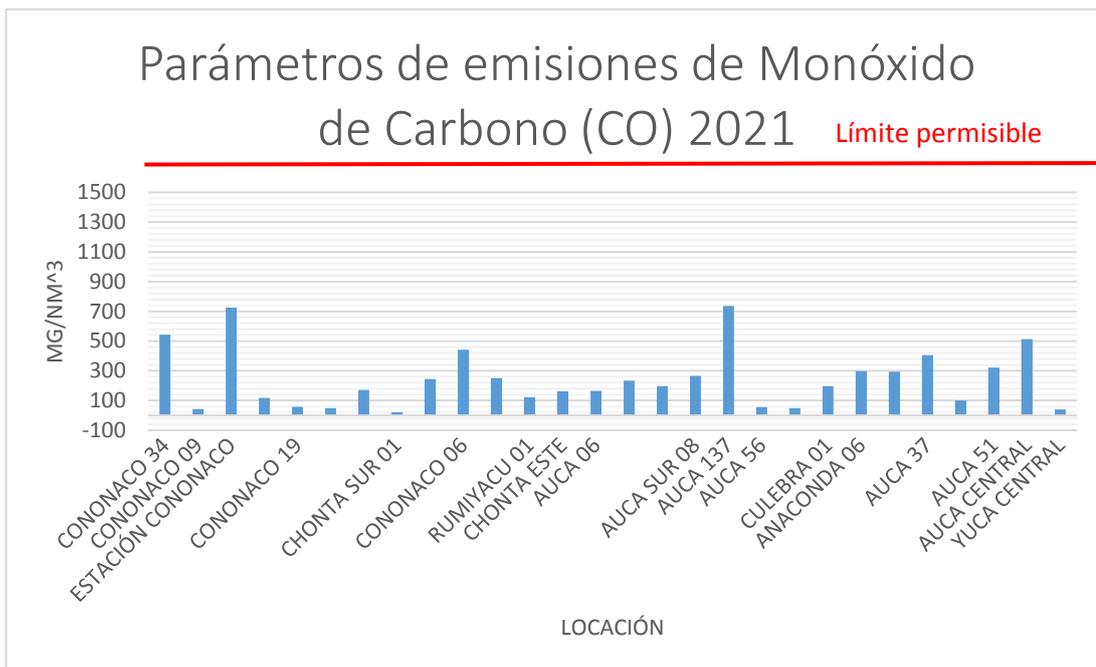


Figura 27 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2021.

En la Figura 28 se muestra la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el año 2021, comparándole con el límite permisible de $2000 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. El valor más alto es de $1994 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ de óxidos de nitrógeno ubicada en Cononaco 19. Todas las emisiones de óxidos de nitrógeno se encuentran dentro del límite permisible.

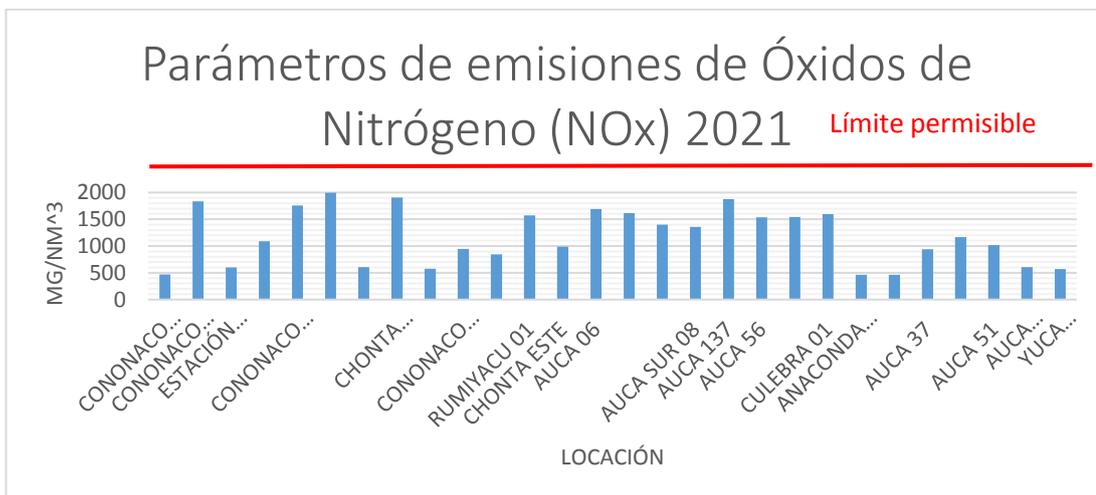


Figura 28 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) 2021.

En la Figura 29 se muestra la emisión de dióxido de azufre (SO_2) en el año 2021, comparándole con el límite permisible de $700 \text{ mg}/\text{Nm}^3$. El valor más alto es de $374 \text{ mg}/\text{Nm}^3$.

mg/Nm³ de dióxido de azufre ubicada en Chonta Sur 01. Todas las emisiones de dióxido de azufre se encuentran dentro del límite permisible.

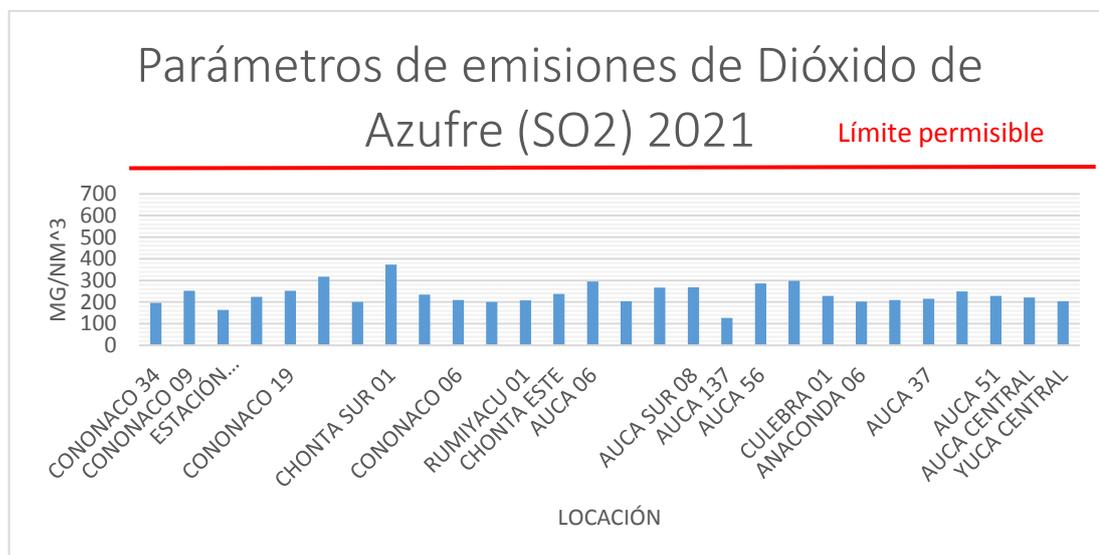


Figura 29 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO₂) 2021.

La tabla 16 muestra el análisis de vibraciones realizado a grupos electrógenos del Bloque 61 – Campo Auca, donde las indicaciones que arroja el analizador de vibraciones TRIO CX7 permite determinar el diagnóstico de cada equipo.

El diagnóstico permitirá tomar acciones preventivas a tiempo para prolongar su vida útil y establecer planes que permitan tener un funcionamiento acorde dentro de las buenas prácticas de eficiencia energética y sus elementos mecánicos que generan la combustión mantenerse dentro de parámetros amigables con el medio ambiente.

Tabla 16 Diagnóstico de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca.

LOCACIÓN	DESCRIPCIÓN	TAG	DIAGNÓSTICO
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0819	(STAND BY) UNIDAD EN CORRECTIVO EN SITIO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0365	
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0824	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS POR JUEGO INADECUADO VERIFICAR ALINEACIÓN DE EJES 1200 kW 70 % 28991 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0360	
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0835	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS LADO ACOPLE VERIFICAR ALINEACIÓN DE EJES 1200 kW 70 % 29882 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0367	

AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0834	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS POR JUEGO INADECUADO TODA LA UNIDAD PR4ESENTA INCRMENTO DE VIBRACIONES. VERIFICAR ALINEACIÓN DE EJES 1200 kW 70 % 33147 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0366	
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (1180HP)	MCO-0455	CONTINUAR CON LAS RUTAS ESTABLECIDAD 299kW 40% 27466 Horas
	GENERADOR CAT (7255 KW)	GG-0207	
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (715 HP)	MCO-0497	EN EL PROXIMO MANTENIMIENTO VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECTORES. 220 kW 45% 32633 Horas
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0242	
AUCA 51 GEN 02	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1001-3	VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECTORES REALIZAR LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DEL GENERADOR VIGILAR LOS RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR INCREMENTO DE VIBRACIONES. 500kW 59% 16780 Horas
	GENERADOR 850 KW	GG1001-3	
AUCA 51 GEN 01	MOTOR COMB.(D) 890 HP	MCO-0091	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR INCREMENTO DE VIBRACIONES VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECTORES Y VALVULAS INDICIOS DE POSIBLE DESBALANCEO DEL GENERADOR 3295 kW 56% 337782 Horas
	GENERATOR 545 KW	GG-0020	
AUCA 51 GEN 03	MOTOR COMB.(D) 1211 HP	MG-W29	CONTINUAR CON LAS RUTAS ESTABLECIDAD 510 kW 48% 45285 Horas
	GENERATOR	GG-W29	
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(C AT-3508)	MG-W08	VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECCTORES VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS POR JUEGO INADECUADO VERIFICAR ALINEACIÓN DE EJES 870 kW 50 % 61170Horas
	GENERADOR 910 KW	GG-W08	
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) HP	MG301-4D	VIGILAR RODIMIENTO DEL VENTILADOR POR INCRMENTO DE VIBRACIONES REALIZAR LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DELGENERADOR 580 kW 53 % 30666 Horas
	GENERADOR 1100 KW	GG301-4D	
AUCA 56	MOTOR GENERATOR MG602 -1 B-15 #01	M-042	(STAND BY) UNIDAD EN SITIO
	GENERATOR GG602-1 B-15 #01	GG-042	
AUCA 123	MOTOR DE COMBUS(D), 1784 HP	MG1001-2	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES. 521 kW 62 % 17706 Horas
	GENERADOR 960 KW	GG521-4	
AUCA 123	MOTOR COMB.(D) 1220 HP	MCO-0107	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO ACOPLE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES 3453 kW 51% 29038 Horas
	GENERADOR 800 KW	GG-0018	

AUCA 123	MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA, 755 HP	MCO-0637	(STAND BY) UNIDAD EN SITIO
	GENERADOR ELÉCTRICO, 435 kW	GG-0252	
ACA-047-GEL-SGGN-01	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0804	VERIFICAR CALIBRACIÓN DE VALVULAS 1200 kW 30156 HORAS
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0338	
ACA-047-GEL-SGGN-02	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0805	POSIBLE DESGASTE DELCOJINETE DELGENERADOR LADO LIBRE VERIFICAR CALIBRACIÓN DE VALVULAS 1200 kW 28929 HORAS
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0339	
ACA-047-GEL-SGGN-03	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0806	VERIFICAR CALIBRACIÓN DE VALVULAS 1200 kW 28198 HORAS
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0340	
ACA-047-GEL-SGGN-04	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0807	POSIBLE DESGASTE DELCOJINETE DELGENERADOR LADO LIBRE VERIFICAR CALIBRACIÓN DE VALVULAS 1200 kW 30233 HORAS
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0341	
GENERADOR AUXILIAR HYUNDAI	MOTOR COMB. CRUDO 810 HP	MCO-0046	STAND BY
	GENERADOR ELÉCTRICO 500KW	GG-0149	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0831	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS INDICIOS DE POSIBLE DESALINEACIÓN 1100 kW 60% 34074 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0357	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0826	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS INDICIOS DE POSIBLE DESALINEACIÓN 1100 kW 60% 29218 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0362	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2425 HP	MCO-0830	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS INDICIOS DE POSIBLE DESALINEACIÓN 1100 kW 60% 29218 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0356	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0822	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS POR JUEGO INADECUADO TODA LA UNIDAD PR4ESENTA INCRMENTO DE VIBRACIONES. VERIFICAR ALINEACIÓN DE EJES INSPECCIONAR ACOPLAMIENTO POR POSIBLE DESGASTE 1100 kW 60% 31311 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0363	
CHONTA ESTE	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0636	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS VIGILAR RODEMIENTOS DEL VENTILADOR POR AUMENTO DE VIBRACIONES 280 kW 38% 66175 Horas
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0251	

CHONTA ESTE	MOTOR DE COMBUS(D), 1180 HP	MCO-0627	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR INCREMENTO DE VIBRACIONES 270 kW 38% 11606 Horas
	GENERADOR 725KW	GG-0243	
CHONTA SUR GEN 03	MOTOR COMB.(D) 1877 HP	MCO-0687	STAND BY
	GENERADOR 1825 KW	GG-0269	
CHONTA SUR GEN 02	MOTOR DE COMB (DIESEL), 1877 HP	MCO-0634	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES INDICIOS DE POSIBLE DESGASTE U HOLGURA EN EL ACOPLAMIENTO 570 kW 45 %
	GENERADOR 1230 KW	GG-0249	
CHONTA SUR GEN 01	MOTOR DE COMB(DIESEL) 1785 HP	MCO-0105	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR AUMENTO DE VIBRACIONES 450 kW 60% 9624 Horas
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0016	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 551 HP	MCO-0163	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR AUMENTO DE VIBRACIONES 120 kW 28% 10685 Horas
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0091	
ARMADILLO	MOTOR DE COMB (DIESEL), 1877 HP	MG-W03	REALIZAR LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE 540 kW 40 % 16946 Horas
	GENERADOR 1640 KW	GG-W04	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 1877 HP	MG-W05	STAND BY
	GENERADOR 1825 KW	GG-W05	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0643	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES INDICIOS DE POSIBLE DESGASTE U HOLGURA EN EL ACOPLAMIENTO 460 kW 40 % 832354 Horas
	GENERADOR 1230 KW	GG-0258	
CONONACO 19 GEN 02 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1002-2	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR AUMENTO DE VIBRACIONES 360 kW 40% 18128 Horas
	GENERADOR 850 KW	GG1002-2	
CONONACO 19 GEN 03 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	M-040	PLANIFICAR CAMBIO DE RODAMIENTOS DEL VENTILADOR REALIZAR LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE 500 kW 50 % 75181 Horas
	GENERADOR 1050 KW	GG-040	
CONONACO 19 GEN 06 CAT	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(C AT-3508)	MCO-0641	REALIZAR LUBRICACIÓN DE RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE VERIFICAR JUEGO AXIAL DE GENERADOR 360 kW 30% 51441 Horas
	GENERADOR 910 KW	GG-0255	
CONONACO 19 GEN 07 CAT	MOTOR COMB.(D) 1971 HP	MCO-0624	VIGILAR RODAMIENTOS DEL VENTILADOR POR INCREMENTO DE VIBRACIONES VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECTORES 550 kW 45 % 84893 Horas
	GENERADOR 1230 KW	GG-0240	
CONONACO 19 GEN 08 CAT	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0645	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES INDICIOS DESEQUILIBRIO DEL ROTOR DEL GENERADOR 600 kW 50%
	GENERADOR 1230 KW	GG-0260	

RUMIYACU	MOTOR COMB.(D)	M-041	VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES 360 kW 36% 62054 Horas
	GENERADOR 1050 KW	GG-041	
ANACONDA	MOTOR COMB.(D) 1200 HP	MCO-0615	STAND BY
	GENERADOR 832 KW	GG-0239	
ANACONDA	MOTOR COMB.(D) 1200 HP	MCO-0106	REALIZAR LIMPIEZA DEL RADIADOR 440 kW 55% 2671 Horas
	GENERADOR 832 KW	GG-0017	
CULEBRA	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0833	VERIFICAR JUEGO AXIAL DEL GENERADOR POSIBLE DAÑO EN RODAMIENTOS LADO LIBRE GENERADOR FUGA DE ACEITE POR RETENEDORES DE CIGÜEÑAL 1000 kW 60% 28193 Horas
	GENERADOR 1828 KW	GG-0359	
YUCA CENTRAL GEN 01	MOTOR COMB.(D)	MG-14004	STAND BY
	GENERADOR 840 KW	GG-14004	
PITALALA	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0629	VERIFICAR CALIBRACIÓN DE INYECCTORES VIGILAR RODAMIENTOS DEL GENERADOR LADO LIBRE POR INCREMENTO DE VIBRACIONES 180 kW 35% 57221 Horas
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0246	
PITALALA	MOTOR GENERADOR (551HP)	MCO-0163	STAND BY
	GENERADOR CAT (365 KW)	GG-0091	

En el procesamiento de la información para el análisis de aceites en grupos electrógenos del Campo Auca – Bloque 61 se muestra en la Tabla 17, donde las muestras tomadas de cada equipo analizan la alcalinidad y las características aditivas del aceite expresados por el TBN, capaz de brindar la lubricación necesaria a los elementos internos. El valor límite del TBN es 5, donde todos los valores por debajo del mismo representan una condición no apta del aceite, por lo que es necesario el cambio por una nueva cantidad.

Tabla 17 Análisis TBN por generador eléctrico.

Locación	TAG Generadores	TBN Generador	TBN Límite
CONONACO 19	M-040	7	5
AUCA 38	MCO-0107	7	5
CHONTA SUR	MCO-0163	8,5	5
AUCA 51	MCO-0615	7	5
YUCA	MCO-0629	10	5
AUCA 37	MCO-0637	9,5	5

CONONACO 19	MCO-0641	8,5	5
CHONTA SUR	MCO-0685	9	5
CULEBRA	MCO-0687	6	5
AUCA SUR 08	MCO-0819	7	5
PITALALA	MCO-0822	6	5
AUCA 06	MCO-0823	5	5
AUCA 06	MCO-0824	6	5
AUCA 38	MCO-0825	3	5
AUCA SUR 08	MCO-0826	6,5	5
AUCA 06	MCO-0831	3	5
CULEBRA	MCO-0832	10	5
CONONACO 19	MCO-0833	9	5
AUCA 06	MCO-0834	7,5	5
CONONACO 19	MCO-0835	7	5
AUCA 64	MG-1001-1	11,5	5
AUCA 123	MG-1002-2	9,5	5
AUCA SUR 08	MG-W05	7,5	5
YUCA	MG-W29	6,5	5

3.8. Variables respuesta o resultados alcanzados

Los datos recolectados y el procesamiento estadístico permiten tener un estatus real sobre la emisión de gases de los grupos electrógenos y su condición mecánica que está directamente relacionado al proceso de combustión de los equipos y su incidencia con el medio ambiente.

Para establecer procedimientos que permitan mantener y mitigar las emisiones de gases al medio ambiente en lo grupos electrógenos que funcionan en el Campo Auca – Bloque 61 EP PETROECUADOR se realizó una evaluación técnica analizando los siguientes parámetros:

- Gases contaminantes que emanan grupos electrógenos: óxido de nitrógeno (NO_x), dióxido de azufre (SO_2), monóxido de carbono (CO).
- Análisis de vibraciones: A partir de los datos tomados con el analizador equipo TRIO CX7 y la interpretación de espectros a través de las tablas de Charlotte se puede establecer la condición de los equipos.
- Análisis de calidad de aceites: El parámetro principal analizado es la alcalinidad (TBN).

La regulación Ambiental que rige el estado ecuatoriano para el control de emisiones en la Industria se basa en límites permisibles, haciendo énfasis en la Industria de Hidrocarburos ya que es la que más procesos de combustión genera debido a la demanda energética de su operación, es así como en el Bloque 61 – Campo Auca se tiene una trazabilidad del desde el año 2019 con el fin de proponer políticas amigables con el medio ambiente.

Los grupos electrógenos analizados durante los años del 2019 al 2021, se resumen en la Tabla 18, donde se toma lo equipos que registran los valores más altos de emisiones en referencia al límite permisible.

- Monóxido de carbono (CO): Se registra el valor más alto de 877 mg /Nm³ en el año 2020, que corresponde al equipo MCO-0833 ubicado en la locación Auca 06.
- Óxido de nitrógeno (NO_x): Se registra el valor más alto de 1994 mg /Nm³ en el año 2021, que corresponde al equipo MCO-0624 ubicado en la locación Cononaco 19.
- Dióxido de azufre (SO₂): Se registra el valor más alto de 374 mg /Nm³ en el año 2021, que corresponde al equipo MCO-0634 ubicado en la locación Chonta Sur 01.

Tabla 18 Análisis de emisiones de gases en grupos electrógenos en Bloque 61 Campo Auca de EP PETROECUADOR

	Año			Límites permisibles
	2019	2020	2021	
No. de Grupos Electrógenos Analizados	23	25	28	
Combustible	Diésel	Diésel	Diésel	
Monóxido de Carbono (CO)	499	877	737	1500
Óxido de Nitrógeno (NOx)	1875	1872	1994	2000
Dióxido de Azufre (SO₂)	331	335	374	200

La Tabla 19 muestra la evaluación técnica del análisis de vibraciones a través de los espectros emitidas por el equipo analizador de vibraciones TRIO CX7, permiti6 determinar su condici6n (extrema, seria, moderada) y a partir de aquello establecer un diagn6stico para cada equipo electr6geno.

Tabla 19 Evaluaci6n t6cnica del an6lisis de vibraciones seg6n su condici6n.

LOCACI6N	DESCRIPCI6N	TAG	CONDICI6N
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0819	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0365	
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0824	EXTREMO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0360	
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0835	SERIO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0367	
AUCA 06	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0834	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0366	
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (1180HP)	MCO-0455	MODERADO
	GENERADOR CAT (7255 KW)	GG-0207	
AUCA 37	MOTOR GENERADOR (715 HP)	MCO-0497	MODERADO
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0242	
AUCA 51 GEN 02	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1001-3	MODERADO
	GENERADOR 850 KW	GG1001-3	
AUCA 51 GEN 01	MOTOR COMB.(D) 890 HP	MCO-0091	MODERADO
	GENERATOR 545 KW	GG-0020	
AUCA 51 GEN 03	MOTOR COMB.(D) 1211 HP	MG-W29	MODERADO
	GENERATOR	GG-W29	
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(CAT-3508)	MG-W08	MODERADO
	GENERADOR 910 KW	GG-W08	
AUCA 56	MOTOR COMB.(D) HP	MG301-4D	MODERADO
	GENERADOR 1100 KW	GG301-4D	
AUCA 56	MOTOR GENERATOR MG602-1 B-15 #01	M-042	MODERADO
	GENERATOR GG602-1 B-15 #01	GG-042	
AUCA 123	MOTOR DE COMBUS(D), 1784 HP	MG1001-2	MODERADO
	GENERADOR 960 KW	GG521-4	
AUCA 123	MOTOR COMB.(D) 1220 HP	MCO-0107	MODERADO
	GENERADOR 800 KW	GG-0018	

AUCA 123	MOTOR COMBUSTIÓN INTERNA, 755 HP	MCO-0637	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO, 435 KW	GG-0252	
ACA-047-GEL-SGGN-01	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0804	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0338	
ACA-047-GEL-SGGN-02	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0805	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0339	
ACA-047-GEL-SGGN-03	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0806	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0340	
ACA-047-GEL-SGGN-04	MOTOR COMB. CRUDO	MCO-0807	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO	GG-0341	
GENERADOR AUXILIAR HYUNDAI	MOTOR COMB. CRUDO 810 HP	MCO-0046	MODERADO
	GENERADOR ELÉCTRICO 500KW	GG-0149	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0831	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0357	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0826	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0362	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2425 HP	MCO-0830	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0356	
AUCA SUR 08	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0822	EXTREMO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0363	
CHONTA ESTE	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0636	MODERADO
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0251	
CHONTA ESTE	MOTOR DE COMBUS(D), 1180 HP	MCO-0627	MODERADO
	GENERADOR 725KW	GG-0243	
CHONTA SUR GEN 03	MOTOR COMB.(D) 1877 HP	MCO-0687	MODERADO
	GENERADOR 1825 KW	GG-0269	
CHONTA SUR GEN 02	MOTOR DE COMB (DIESEL), 1877 HP	MCO-0634	MODERADO
	GENERADOR 1230 KW	GG-0249	
CHONTA SUR GEN 01	MOTOR DE COMB(DIESEL) 1785 HP	MCO-0105	MODERADO
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0016	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 551 HP	MCO-0163	MODERADO
	GENERADOR ELECTRICO	GG-0091	
ARMADILLO	MOTOR DE COMB (DIESEL), 1877 HP	MG-W03	MODERADO
	GENERADOR 1640 KW	GG-W04	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 1877 HP	MG-W05	MODERADO
	GENERADOR 1825 KW	GG-W05	
ARMADILLO	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0643	MODERADO
	GENERADOR 1230 KW	GG-0258	
CONONACO 19 GEN 02 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	MG1002-2	MODERADO
	GENERADOR 850 KW	GG1002-2	

CONONACO 19 GEN 03 CAT	MOTOR COMB.(D) 831 HP	M-040	SERIO
	GENERADOR 1050 KW	GG-040	
CONONACO 19 GEN 06 CAT	MOTOR COMB.(D) 1234 HP(CAT-3508)	MCO-0641	MODERADO
	GENERADOR 910 KW	GG-0255	
CONONACO 19 GEN 07 CAT	MOTOR COMB.(D) 1971 HP	MCO-0624	MODERADO
	GENERADOR 1230 KW	GG-0240	
CONONACO 19 GEN 08 CAT	MOTOR COMB.(D) 1784 HP	MCO-0645	MODERADO
	GENERADOR 1230 KW	GG-0260	
RUMIYACU	MOTOR COMB.(D)	M-041	MODERADO
	GENERADOR 1050 KW	GG-041	
ANACONDA	MOTOR COMB.(D) 1200 HP	MCO-0615	MODERADO
	GENERADOR 832 KW	GG-0239	
ANACONDA	MOTOR COMB.(D) 1200 HP	MCO-0106	MODERADO
	GENERADOR 832 KW	GG-0017	
CULEBRA	MOTOR COMB.(D) 2454 HP	MCO-0833	MODERADO
	GENERADOR 1828 KW	GG-0359	
YUCA CENTRAL GEN 01	MOTOR COMB.(D)	MG-14004	MODERADO
	GENERADOR 840 KW	GG-14004	
PITALALA	MOTOR GENERADOR (831HP)	MCO-0629	MODERADO
	GENERADOR CAT (545 KW)	GG-0246	
PITALALA	MOTOR GENERADOR (551HP)	MCO-0163	MODERADO
	GENERADOR CAT (365 KW)	GG-0091	

La Figura 30 muestra el análisis de condición según la norma ISO 10816 la cual establece los parámetros generales para medir, evaluar y cuantificar la vibración. Una vez realizado la sectorización de la condición de cada grupo electrógeno, se lleva una trazabilidad de la condición mecánica a lo largo del tiempo, al que de igual manera se deja en observaciones alguna novedad relevante con el fin de tener una disponibilidad y confiabilidad de las máquinas durante el tiempo de su operación.

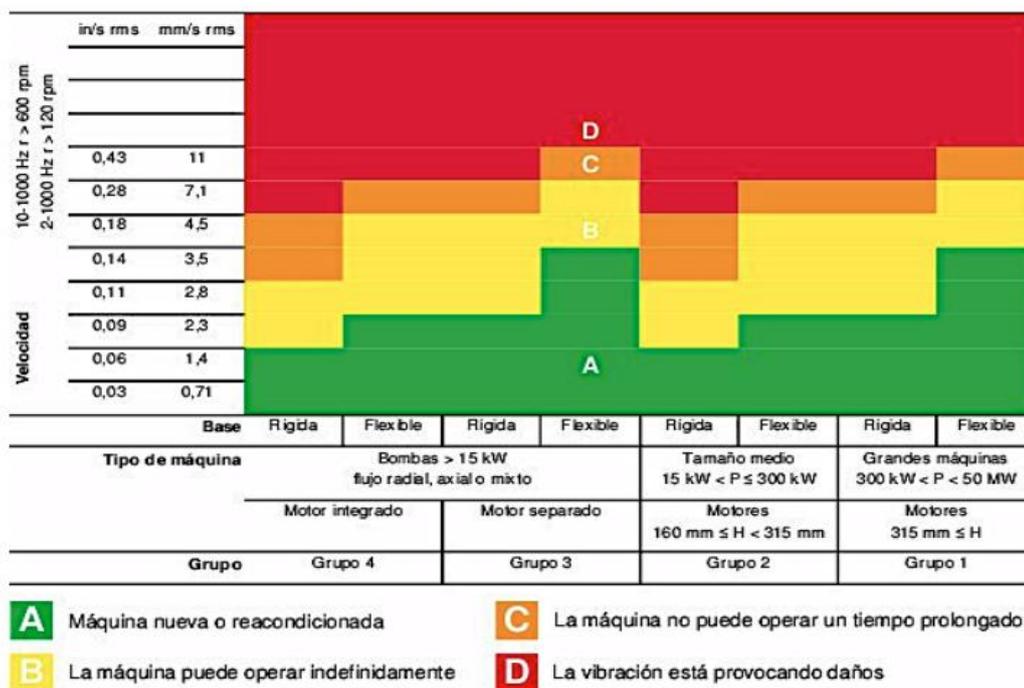


Figura 30 Vibraciones mecánicas ISO 101816.

Fuente: [24]

Como resumen de la condición de criticidad se presenta la Figura 31, donde se analizó 35 grupos electrógenos clasificándolos por niveles, de los cuales presentan:

- Extremo: 2 grupos electrógenos con identificación MCO-0824 (Auca 06) y MCO-0822 (Auca Sur 08); debido a juego axial, posible daño en rodamientos.
- Serio: 2 grupos electrógenos MCO-0835 (Auca 06) y M-040 (Cononaco 19) que necesitan lubricación de rodamientos.
- Moderado: 31 grupos electrógenos que necesitan seguimiento y evaluación de vibraciones para determinar su disponibilidad para la operación.

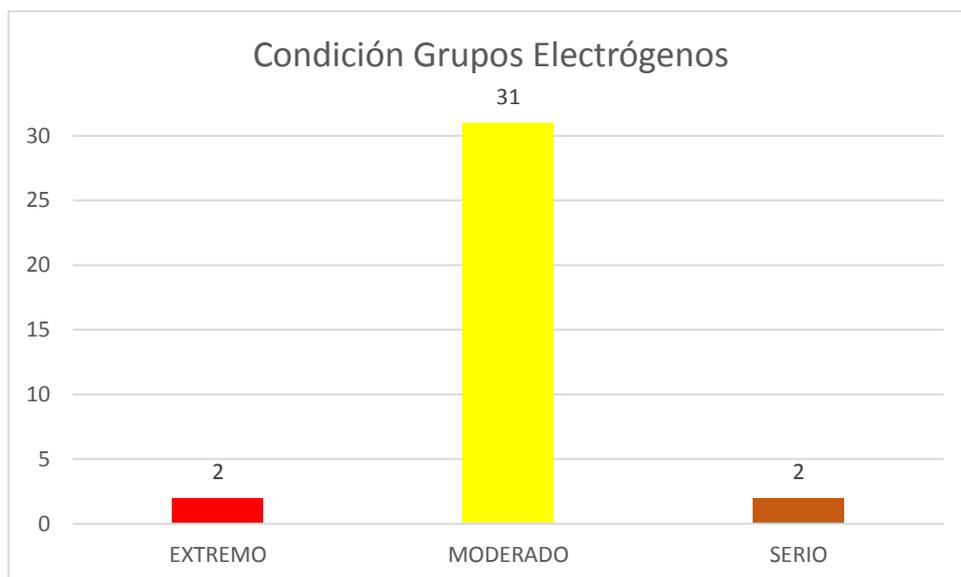


Figura 31 Análisis de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca.

Los resultados que arrojan el análisis de aceite de grupos electrógenos basados en la alcalinidad del aceite TBN, se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20 Análisis de Condición de Generadores en base al aceite analizado.

Ítem	Locación	TAG Generadores	Condición
1	CONONACO 19	M-040	Moderado
2	AUCA 38	MCO-0107	Moderado
3	CHONTA SUR	MCO-0163	Bueno
4	AUCA 51	MCO-0615	Moderado
5	YUCA	MCO-0629	Bueno
6	AUCA 37	MCO-0637	Bueno
7	CONONACO 19	MCO-0641	Bueno
8	CHONTA SUR	MCO-0685	Bueno
9	CULEBRA	MCO-0687	Moderado
10	AUCA SUR 08	MCO-0819	Moderado
11	PITALALA	MCO-0822	Moderado
12	AUCA 06	MCO-0823	Moderado
13	AUCA 06	MCO-0824	Moderado
14	AUCA 38	MCO-0825	Extremo
15	AUCA SUR 08	MCO-0826	Moderado
16	AUCA 06	MCO-0831	Extremo
17	CULEBRA	MCO-0832	Bueno
18	CONONACO 19	MCO-0833	Bueno

19	AUCA 06	MCO-0834	Bueno
20	CONONACO 19	MCO-0835	Moderado
21	AUCA 64	MG-1001-1	Bueno
22	AUCA 123	MG-1002-2	Bueno
23	AUCA SUR 08	MG-W05	Bueno
24	YUCA	MG-W29	Moderado

El análisis estadístico del aceite de grupos electrógenos en el Campo Auca - Bloque 61 se muestra en la Figura 32, como resultado se puede apreciar que en el Auca 38 y Auca 06 los generadores MCO-0825 Y MCO-0831 necesitan un cambio de aceite porque no cumplen con el límite de alcalinidad permisible porque están debajo del TBN 5.

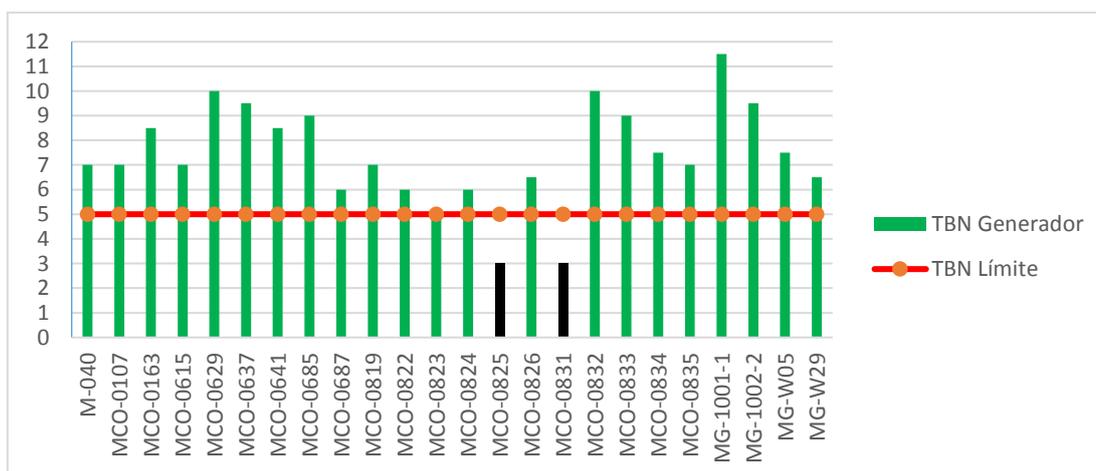


Figura 32 Análisis estadístico de aceites de grupos electrógenos del Campo Auca.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

EP PETROECUADOR desde el año 2008, ejecuta proyectos de optimización de la generación eléctrica y eficiencia energética (OGE-EE), fue creado con el objetivo de generar políticas amigables con el medio ambiente y el aprovechamiento de los recursos energéticos disponibles con el fin de que los sistemas de generación y distribución sean más eficientes.

Los proyectos de eficiencia energética en el sector hidrocarburífero se ha centrado en desarrollar alrededor de 500 km de líneas eléctricas soterradas a niveles de 69 kV y 13.8 kV, las mismas que se encuentran interconectados con el SIN, permitiendo de esta manera poder reemplazar centrales de generación a diésel.

La optimización de generación eléctrica y eficiencia energética ha venido siendo analizado por personal técnico de EP PETROECUADOR, los cuales se han basado en los siguientes antecedentes generales para plantear alternativas:

Optimizar gas asociado para generación eléctrica y producción de GLP (Gas licuado de petróleo) con el fin de:

- Desplazar generación a diésel, del cual el país es deficitario (reducir gastos).
- Incrementar el volumen neto de crudo por el desplazamiento de petróleo que se usa para generación eléctrica (incrementar ingresos de venta de crudo).
- Reducir dependencia de importación de GLP.
- Reducir emisiones a la atmósfera.
- Interconectar los campos y facilidades petroleras en el Distrito Amazónico mediante un sistema eléctrico interconectado petrolero – extendido (SEIP-E) con el fin de:
- Compartir recursos de capacidad instalada, capacidad “stand-by” y energía rodante para reducir los requerimientos de capital (exportar excedentes e importantes déficits) y mejorar el factor de utilización de las inversiones en el sector eléctrico.

- Permitir una administración y gerenciamiento de energía en base a “méritos económicos” (cubrir la demanda eléctrica con recursos de menor costo e impacto al ambiente).
- Mejorar índices de disponibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico del sector petrolero.
- Atender la demanda eléctrica de las comunidades / poblaciones en el área de influencia del SEIP-E.
- Implementar mejoras en facilidades de procesos (concatenados con sistemas eléctricos / de generación) e infraestructura eléctrica para mejorar su robustez y confiabilidad y reducir pérdidas de extracción de petróleo.

El plan denominado OGE -EF en EP PETROECUADOR generó el desarrollo sectorial en el Bloque 61 - Campo Auca, donde se elaboró una ingeniería básica y de detalle que permitió realizar la compra de 4 modulares Hyundai que utilizan como combustible crudo, para implementar una central de generación que aporte a la red eléctrica sistema eléctrico petrolero con una potencia nominal de 6,8 MW, cuyas características técnicas se puede apreciar en la Tabla 21.

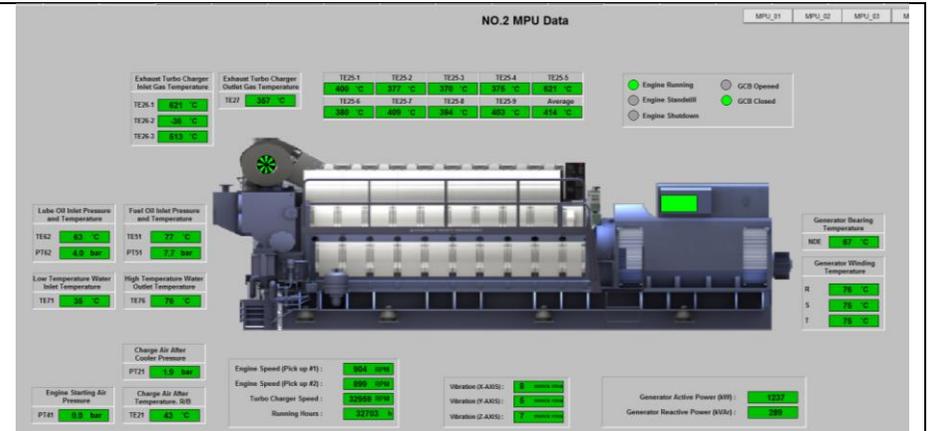
Tabla 21 Características Técnicas Unidades Hyundai Campo Auca.

CAMPO EP PETROECUADOR	UNIDAD	TAG	MARCA	COMBUSTIBLE	POTENCIA NOMINAL (kW)	POTENCIA EFECTIVA (KW)	POTENCIA PROMEDIO ENTREGADA (kW)	COMBUSTIBLE	CONSUMO DIARIO DE FABRICANTE CRUDO	HORAS DE OPERACIÓN
								CRUDO (gln)		
AUCA	GEN 1	MCO-0804	HYUNDAI	CRUDO	1.705,00	1.329,90	1.191,50	1.816,25	2.599,00	24,00
	GEN 2	MCO-0805	HYUNDAI	CRUDO	1.705,00	1.329,90	1.228,20	1.872,19	2.599,00	24,00
	GEN 3	MCO-0806	HYUNDAI	CRUDO	1.705,00	1.329,90	1.228,20	1.872,19	2.599,00	24,00
	GEN 4	MCO-0807	HYUNDAI	CRUDO	1.705,00	1.329,90	1.209,50	1.843,69	2.599,00	24,00

Las 4 unidades Hyundai instaladas Figura 33, aportan directamente al sistema eléctrico interconectado petrolero (SEIP) lo que permite optimizar el consumo de diésel y disminuir la emisión de gases a la atmósfera en el Campo Auca, el reporte de generación eléctrica actual en el Campo Auca ya con el aporte de los motores se muestra en la Tabla 22.



Unidad #1



Unidad #2



Unidad #3



Unidad #4

Figura 33 Esquema Unidades Hyundai.

Tabla 22 Demanda energética actual Campo Auca Bloque 61 EPETROECUADOR

	POTENCIA PROMEDIO (kW)	CONSUMO DIESEL (GLNS)	CONSUMO CRUDO (GLNS)
DEMANDA TOTAL CAMPO AUCA	45.157,00	59.268,08	5.477
GENERACIÓN SEIP	9.620		
GENERACION B61	35.537	59.268	
GENERACIÓN B61 INTERCONECTADA DIESEL	10.380	17.197	
GENERACIÓN B61 PROPIA AISLADA DIESEL	11.414	25.042	
GENERACIÓN B61 RENTADA AISLADA DIESEL	9.300	17.029	
GENERACIÓN B61 INTERCONECTADA CRUDO	3.593	0	5.477

Se realizó el análisis de grupos electrógenos que operan con crudo y en el Campo Auca – Bloque 61 los grupos electrógenos que operan con este tipo de combustible se encuentra ubicado en la estación Auca 47, como se muestra en la Figura 34 que se encuentra la emisión de monóxido de carbono (CO) en el primer semestre del año 2022, comparándole con el límite permisible de 150 mg/Nm^3 . El valor más alto es de 84 mg/Nm^3 de monóxido de carbono del generador MCO-0807. Todas las emisiones de monóxido de carbono se encuentran dentro del límite permisible.

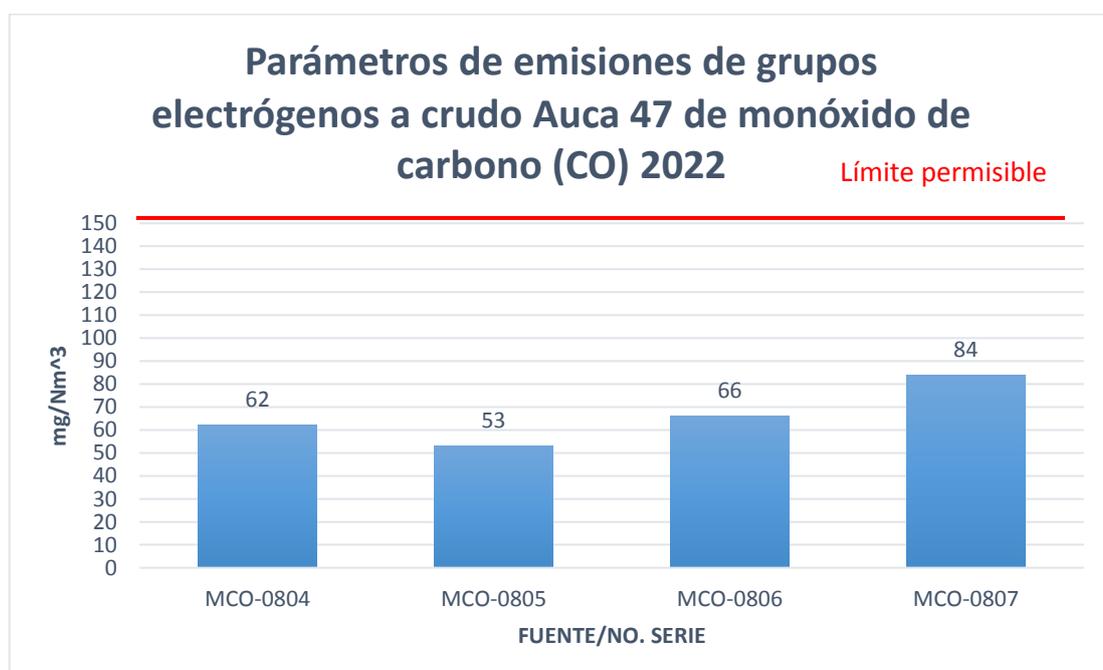


Figura 34 Parámetros de emisiones de monóxido de carbono (CO) 2022 de grupos electrógenos a crudo.

En la Figura 35 se muestra la emisión de óxidos de nitrógeno (NO_x) en el primer semestre del año 2019 de grupos electrógenos que funcionan a crudo en la estación Auca 47, comparándole con el límite permisible de $2000 \text{ mg}/Nm^3$. El valor más alto es de $1171 \text{ mg}/Nm^3$ de óxidos de nitrógeno ubicada en el generador MCO-0805. Todas las emisiones de óxidos de nitrógeno se encuentran dentro del límite permisible.

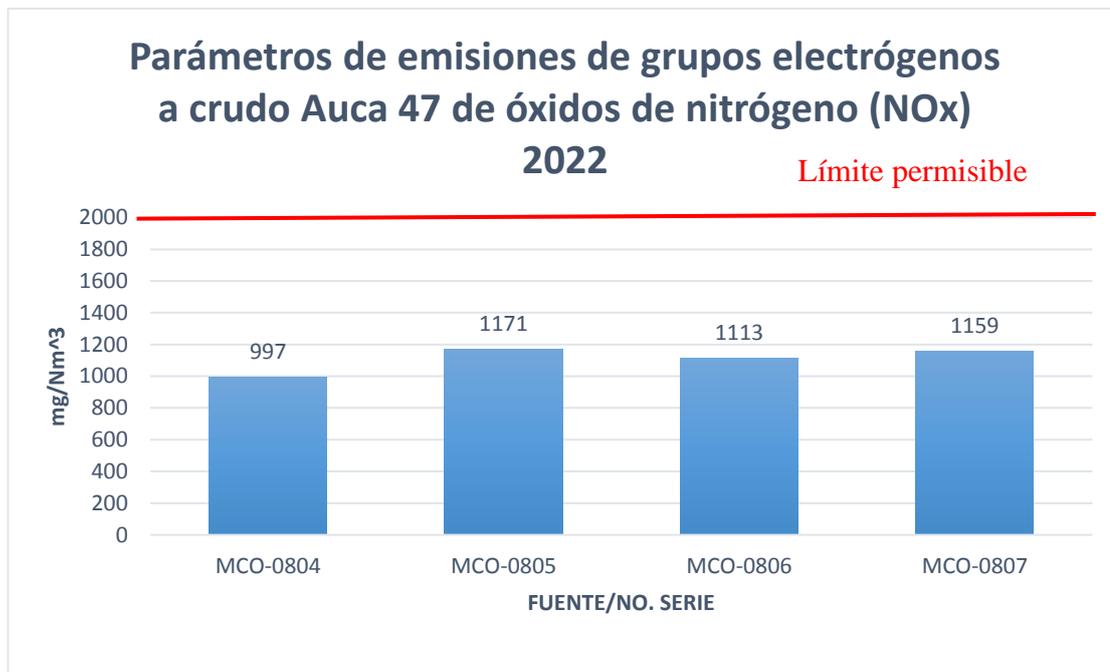


Figura 35 Parámetros de emisiones de óxidos de nitrógeno (NO_x) 2022 de grupos electrógenos a crudo.

En la Figura 36 se muestra la emisión de dióxido de azufre (SO_2) en el primer semestre del 2022 de grupos electrógenos que funcionan a crudo en la estación Auca 47, comparándole con el límite permisible de $1500 \text{ mg}/Nm^3$. El valor más alto es de $777 \text{ mg}/Nm^3$ de dióxido de azufre que corresponde al generador MCO-080. Todas las emisiones de dióxido de azufre se encuentran dentro del límite permisible.

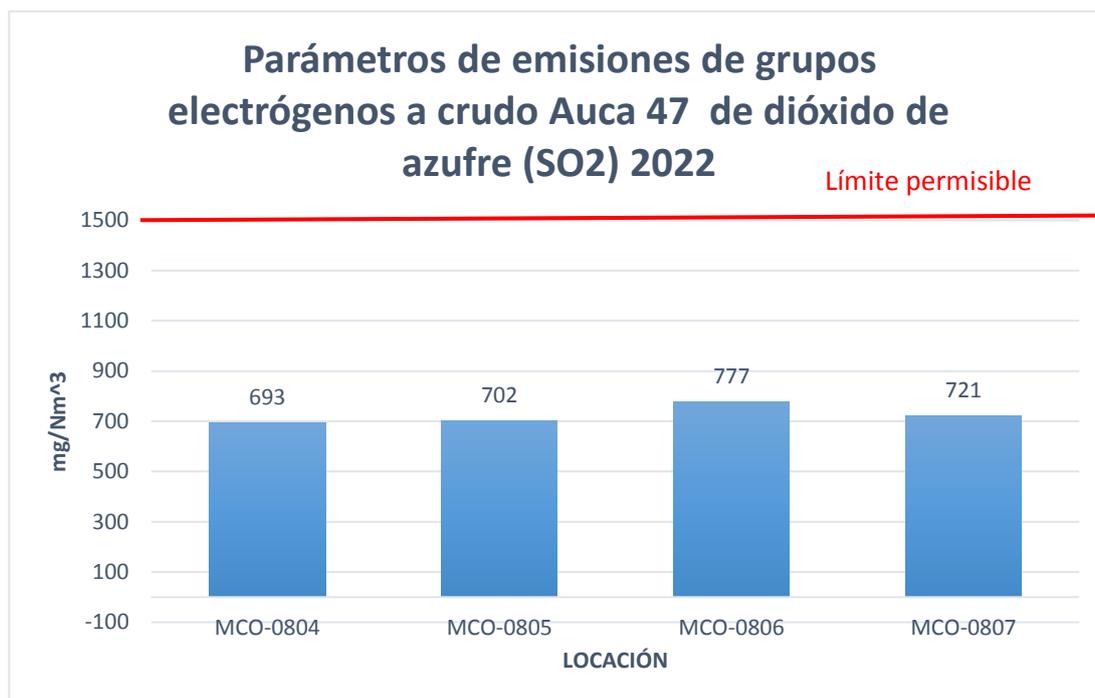


Figura 36 Parámetros de emisiones de dióxido de azufre (SO_2) 2022 de grupos electrógenos a crudo.

❖ **Análisis comparativo de emisiones de gases entre grupos electrógenos a crudo y diésel**

Los grupos electrógenos instalados en el año 2022 en el Campo Auca – Bloque 61 que aportan al sistema eléctrico interconectado petrolero (SEIP) con 5,3 MW permitió regular el déficit energético teniendo una red mucho más estable con aporte de energía para las demandas operativas y acompañadas a políticas sustentables con el medio ambiente.

El análisis de gases realizados a los equipos Hyundai que utilizan como combustible crudo se realizó el análisis de emisiones de gases para verificar si se encuentran dentro de parámetros permisibles, y a la vez se realiza una analogía comparativa con los equipos que funciona a diésel, misma que permitirá ratificar que los generadores Hyundai tienen una operación más eficiente y sustentable con el medio ambiente.

En la Tabla 23 se puede observar un análisis comparativo el muestreo de grupos electrógenos que funcionan a crudo y diésel respectivamente, en donde se escoge los equipos que generaron más contaminación. Para el análisis de equipos a diésel se

escoge los valores del año 2021, sin embargo, para lo equipos que funcionan a Crudo se escoge el año de su instalación 2022. Los valores de emisiones de gases no permiten sacar deducciones sobre los equipos más eficientes y que su operación mitiga el efecto invernadero.

Tabla 23 Límites permisibles de Grupos Electrógenos más contaminantes.

Combustible	Grupos Electrógenos Hyundai	Límites permisible Acuerdo Ministerial No. 091 - Combustible Crudo	Grupos Electrógenos Caterpillar	Límites permisible Acuerdo Ministerial No. 091 - Combustible Diésel
	Crudo		Diésel	
Monóxido de Carbono (mg/Nm ³)	84	150	737	1500
Óxidos de Nitrógeno (mg/Nm ³)	1171	2000	1994	2000
Dióxido de Azufre (mg/Nm ³)	777	1500	374	700

En la Tabla 24 se muestra la cantidad de contaminación que produce el Diésel en comparación al Crudo, se puede evidenciar que dicho combustible es mucho más contaminante, teniendo porcentajes en monóxido de carbono (CO) 89% y en óxidos de nitrógeno 41% más altos. Con esto se puede afirmar que la decisión de instalar grupos electrógenos Hyundai a crudo en el Campo Auca fue la más acertada.

Tabla 24 Valores contaminantes de equipos que funcionan a diésel.

Combustible	Grupos Electrógenos Hyundai	Grupos Electrógenos Caterpillar	Cantidad de contaminación Diésel	% Contaminación Diésel
	Crudo	Diésel		
Monóxido de Carbono (mg/Nm ³)	84	737	653	89%
Óxidos de Nitrógeno (mg/Nm ³)	1171	1994	823	41%

En la Figura 37 se puede observar la cantidad de contaminación que genera el diésel al ser usado como combustible en grupos electrógeno, los gases generados óxidos de

nitrógeno y monóxidos de carbono tienen incidencia directa al factor humano y medio ambiente.

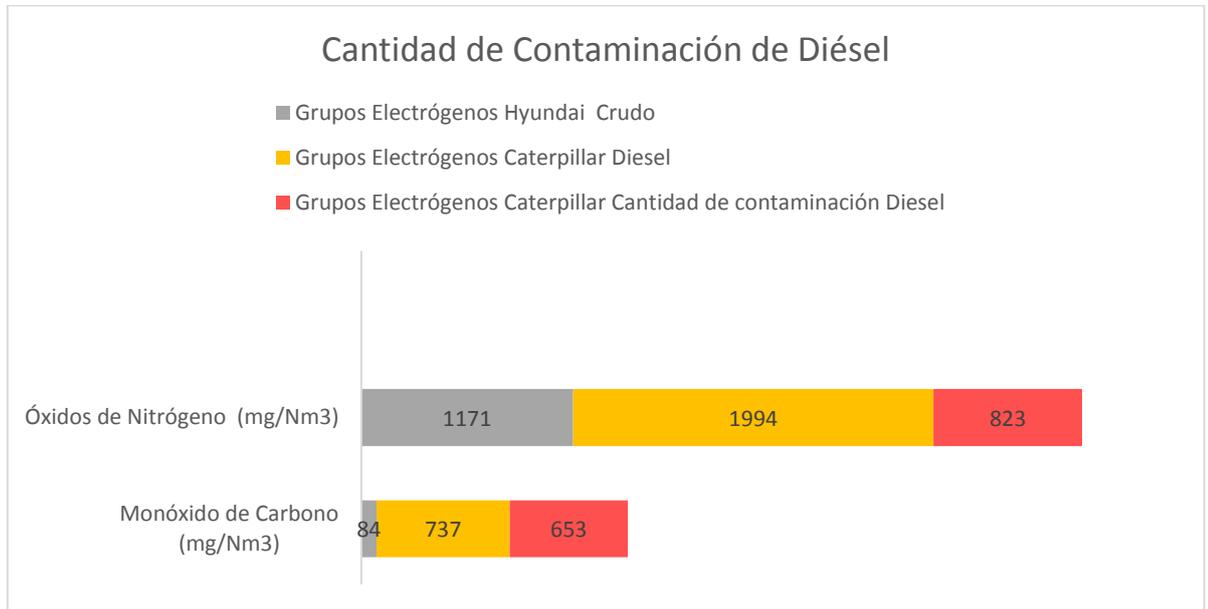


Figura 37 Contaminación que genera diésel tomando como muestra un grupo electrógeno.

❖ Análisis de Vibraciones

Los análisis de vibraciones es un tipo de mantenimiento predictivo donde a través de un equipo analizador de vibraciones permite detectar fallas tempranas en los grupos electrógenos, los elementos mecánicos que están sujetos a rotación son los que generan un trabajo que luego se transforma en energía.

La energía conlleva un proceso de combustión la cual debe estar dentro de límites permisibles para mitigar emisiones de gases al medio ambiente y preservar la vida útil del equipo.

Los análisis realizados arrojan que una condición clasificada de la siguiente manera:

- 2 grupos electrógenos en condición extrema.
- 2 grupos electrógenos en condición seria.
- 31 grupos electrógenos en condición moderada.

Con una planificación y un programa de mantenimiento adecuado se puede mejorar o mantener la condición de los equipos, cuyo objetivo es predecir fallas prematuras, interpretar resultados de las inspecciones y actuar con las mejores acciones correctivas antes de una falla, es por ello que se plantea un plan de mantenimiento para el

monitoreo de vibraciones en grupos electrógenos del Campo Auca Bloque 61, que se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25 Plan de mantenimiento – monitoreo de vibraciones.

PLAN DE MANTENIMIENTO MONITOREO DE VIBRACIONES				
JP-AU-PRE-MVI-ERO: MONITOREO VIBRACIONES EQUIPOS ROTATIVOS				
EQUIPO UTILIZADO:				
EQUIPO DE VIBRACIONES TRIO CX7 CON ACCESORIOS NECESARIOS PARA ALTA TEMPERATURA				
Organización:	EP PETROECUADOR		Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61		Sistema:	Grupo Eléctrico
Tipo:	MANTENIMIENTO		Supervisor:	EP PEC
Duración:	06:20 horas		Dirección:	CR-AU-PME
Tareas Plan de Trabajo				
Tareas ID	Descripción			Duración
1	OBTENCIÓN Y APERTURA DE PERMISOS DE TRABAJO			00:30
2	PREPARAR EQUIPO DE VIBRACIONES			00:20
3	DESCARGA DE PARÁMETROS DE MEDICIÓN (RUTA) DEL PC AL EQUIPO			00:20
4	MOVILIZACIÓN AL SITIO DE TRABAJO			00:30
5	INSPECCIÓN VISUAL DEL ESTADO DE LA UNIDAD			00:20
6	UBICAR PUNTOS DE MEDICIÓN EN LA MAQUINA			00:20
7	REALIZAR MEDICIÓN DE VIBRACIONES Y GRABAR EN EL EQUIPO			01:00
8	VERIFICAR CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA (VOLTAJE, FRECUENCIA, PRESIÓN, AMPERAJE)			00:20
9	CIERRE DEL PERMISO DE TRABAJO			00:10
10	RETORNO AL CAMPAMENTO			00:30
11	TRANSFERENCIA DE DATOS AL SOFTWARE EN PC			01:00
12	ELABORACIÓN DE INFORMES			01:00
TOTAL HORAS DE TRABAJO				06:20 hrs

Como se puede observar en la Tabla 25 están todas las actividades de trabajo con los tiempos directos e indirectos que se demora la actividad de monitoreo 6:20 horas, esto permitirá optimizar tiempos y horas hombre, y así realizar un seguimiento minucioso a cada equipo de acuerdo con su condición.

❖ **Análisis de aceites**

Los análisis de aceites es parte medular y herramienta para el seguimiento, control y mantenimiento de los grupos electrógenos. Predecir a ocurrencia de falla y el incremento de los gases de combustión depende de este análisis el cual me permitirá acciones preventivas sin ningún perjuicio tanto al equipo y al medio ambiente.

El TBN refiere a la reserva alcalina del aceite el cual mitiga los ácidos que se originan al momento de la combustión interna, principalmente el azufre que uno de los que genera más impacto y contaminación a la atmósfera.

Se detectó en los 24 grupos electrógenos del Campo Auca Bloque 61 las siguientes condiciones:

- 2 equipos - condición extrema
- 11 equipos – condición moderada
- 11 equipos – condición buena

Por las condiciones detectadas, se plantea tener un plan de trabajo para la toma de muestras Tabla 26, esto con el fin de optimizar tiempos y poder programar en un plan de mantenimiento para su respectivo seguimiento. El tiempo para la toma de muestra del aceite de cada grupo electrógeno tiene una duración de 4:20 horas para su posterior análisis en laboratorio.

Tabla 26 Plan de mantenimiento – toma de muestras para análisis de aceites.

PLAN DE MANTENIMIENTO TOMA DE MUESTRAS ACEITE MOTORES C.I				
JP-AU-MO-PD-100-10: TOMA MUESTRAS DE ACEITE MOTORES DE COMBUSTIÓN				
Organización:	EP PETROECUADOR		Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61		Sistema:	Grupo Electrónico
Tipo:	MANTENIMIENTO		Supervisor:	EP PEC
Duración:	04:05 horas		Dirección:	CR-AU-PME
Tareas Plan de Trabajo				
Tareas ID	Descripción			Duración
1	OBTENCIÓN PERMISO DE TRABAJO			00:05
2	PREPARACIÓN DE MATERIALES Y HERRAMIENTAS			00:10
3	MOVILIZACIÓN			00:30
5	APERTURA PERMISO TRABAJO			00:15
6	INSPECCIÓN VISUAL EN SISTEMA Y ÁREA DE TRABAJO			00:05
7	TOMA MUESTRA DE ACEITE DEL CARTER DEL MOTO			00:15
8	TOMA DE DATOS DEL EQUIPO			00:05
9	RETORNO A ESTACIÓN			01:45
10	GENERACIÓN INFORME			02:00
11	GESTIÓN DE ORDEN DE TRABAJO			00:10
TOTAL HORAS DE TRABAJO				04:20 hrs

❖ Planes de mantenimiento para grupos electrógenos

El fundamento de una buena gestión de mantenimiento consiste en seleccionar las tareas efectivas de mantenimiento, teniendo en cuenta la clasificación de las fallas (según patrón de falla, consecuencias de la falla y velocidad de deterioro) de los componentes de los equipos y sus efectos y consecuencias sobre el negocio.

El mantenimiento preventivo es realizado a intervalos predeterminados o de acuerdo con criterios establecidos y enfocado a reducir la probabilidad de falla o degradación de la función de un elemento. Según manuales de fabricante Caterpillar, Hyundai de los grupos electrógenos que operan en Campo Auca, cada cierta hora de funcionamiento de las máquinas requieren de un trabajo de inspección, cambio de elementos y verificación de parámetros funcionales eso garantizará su óptimo funcionamiento es por ello que se establece los siguientes planes para grupo electrógenos Campo Auca Bloque 61 de EP PETROECUADOR, ver Figura 38.

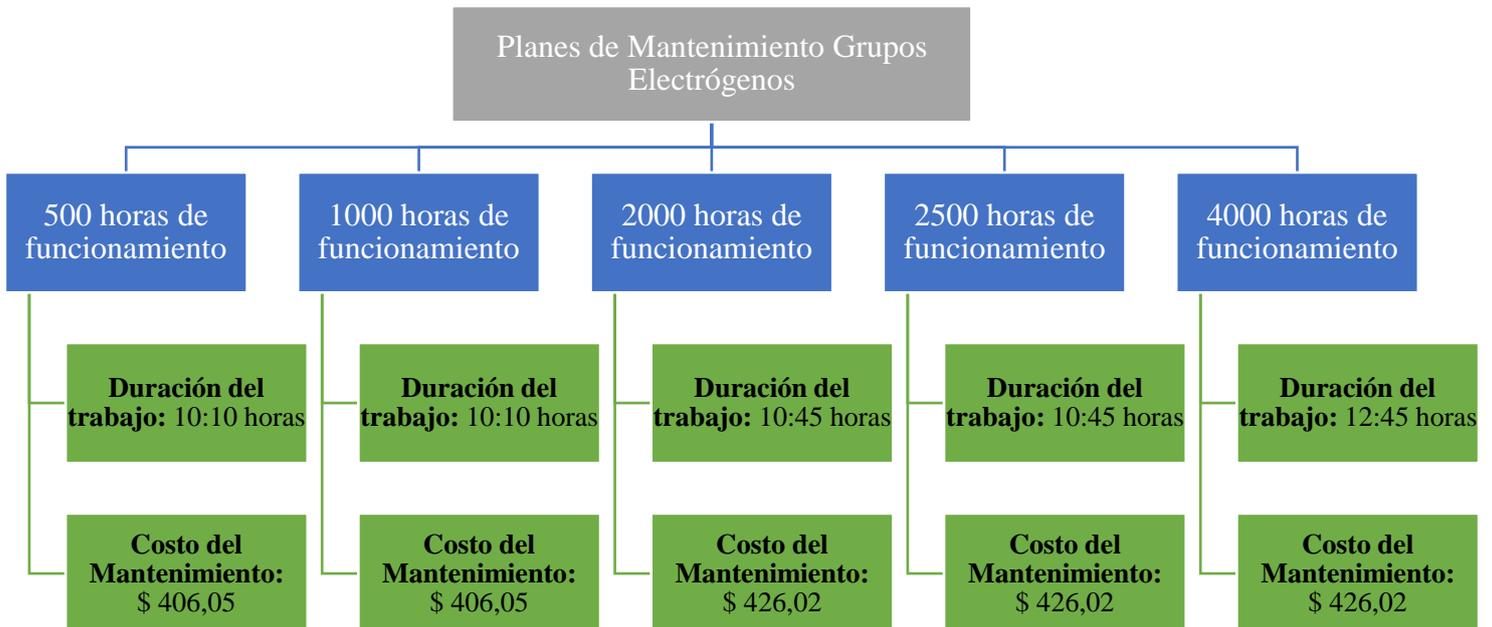


Figura 38 Planes de mantenimiento grupos electrógenos Campo Auca Bloque 61 – EP PETROECUADOR.

Los mantenimientos de cada grupo electrógeno se encuentran especificados en el Anexo 1, donde también se detalla la duración y los materiales utilizados. EL costo

del mantenimiento de cada grupo electrógeno tiene un costo específico según el número de horas invertidas y el personal técnico necesario para la actividad los cuales se detallan en la Tabla 27.

Para las actividades de mantenimiento es necesario 4 personas: 2 mecánicos y 2 ayudantes mecánicos los cuales tienen un costo de hora – hombre establecido.

Tabla 27 Costo de un plan de mantenimiento de grupos electrógenos – Bloque 61

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS						
TIPO MANTENIMIENTO	COSTO MANTENIMIENTO (USD)	PERSONAL	CANTIDAD PERSONAL	HORAS DE TRABAJO (hrs)	COSTO HORAS HOMBRE (USD)	COSTO MNT (USD)
PM 500 horas	406,05	Mecánico	2	10:10	13,75	279,58
		Ayudante mecánico	2	10:10	6,22	126,47
PM 1000 horas	406,05	Mecánico	2	10:10	13,75	279,58
		Ayudante mecánico	2	10:10	6,22	126,47
PM 2000 horas	426,02	Mecánico	2	10:40	13,75	293,33
		Ayudante mecánico	2	10:40	6,22	132,69
PM 2500 horas	426,02	Mecánico	2	10:40	13,75	293,33
		Ayudante mecánico	2	10:40	6,22	132,69
PM 4000 horas	426,02	Mecánico	2	10:40	13,75	293,33
		Ayudante mecánico	2	10:40	6,22	132,69

En la Figura 39 se realizó un análisis estadístico de los costos de mantenimiento de grupos electrógenos en el Campo Auca – Bloque 61. El costo de mantenimiento a las 2000, 2500 y 4000 horas tienen un costo mayor que es de CUATROCIENTOS VEINTE Y SEIS CON 02/100 DÓLARES AMERICANOS (\$ 426,02).

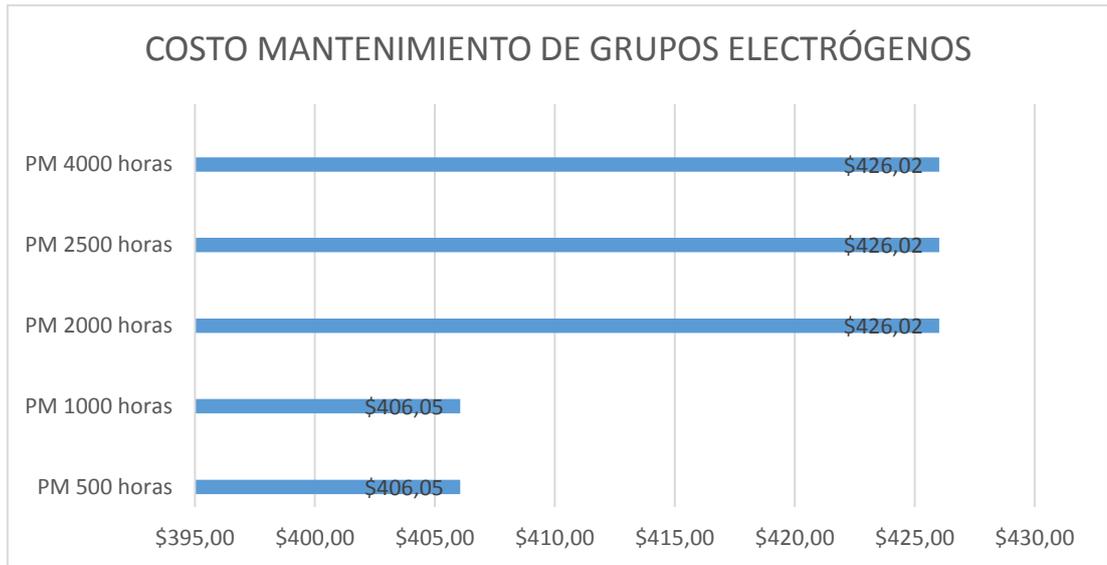


Figura 39 Análisis de costos de mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.

En la Figura 40 se tiene un análisis estadístico del costo horas – hombre del mantenimiento de grupos electrógenos, en donde el costo por hora de un mecánico es de TRECE CON 75/100 DÓLARES AMERICANOS (USD \$13,75) y de un Ayudante Mecánico es de SEIS CON 22/100 DÓLARES AMERICANOS (USD \$6,22).

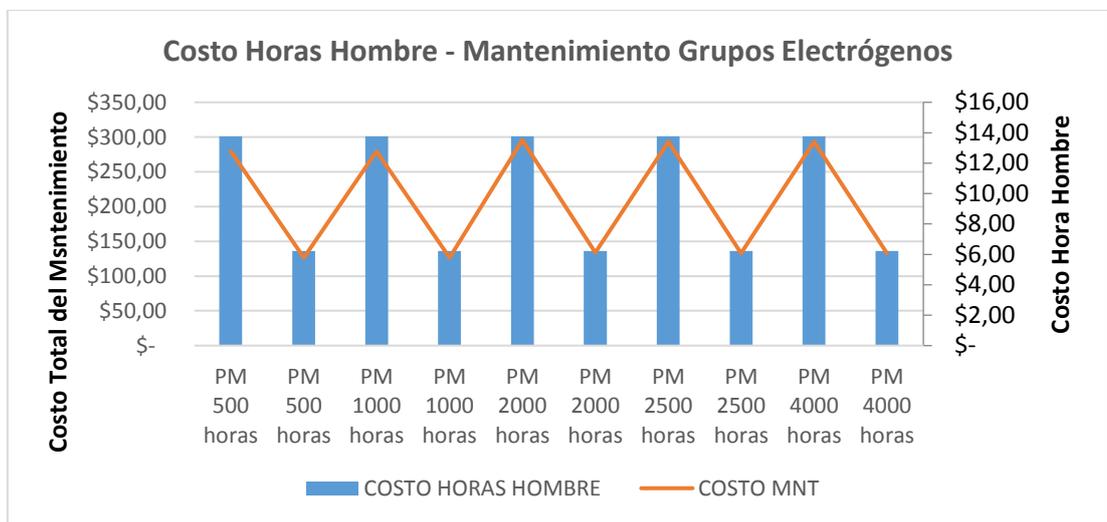


Figura 40 Análisis estadístico del costo horas hombre del mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.

Entre los materiales que se utilizan para realizar un mantenimiento de grupos electrógenos tenemos filtro de aceite, filtros de aire, filtros primarios, absorbentes, desengrasantes, aceites lubricantes, entre otros. Como se puede ver en la Tabla 28 el

costo de los materiales que se utilizan al momento de un mantenimiento de grupos electrógenos en el Bloque 61, en donde tenemos un costo total de DOS MIL SEISCIENTOS CUARENTA Y DOS CON 27/100 DÓLARES AMERICANOS (USD \$2.642,27).

Tabla 28 Costo de materiales de un mantenimiento de grupos electrógenos.

Materiales			
Ítem	Descripción	Cantidad	Costo Materiales
1	FILTRO DE ACEITE, 10 u, 180 GPH, FOR DIESEL ENGINES; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3	\$ 34,59
2	FILTRO DE AIRE EXTERIOR; P/N: 208-9066, FAB: CATERPILLAR	2	\$ 551,06
3	FILTRO DE AIRE INTERIOR; P/N: 208-9065, FAB: CATERPILLAR	2	\$ 778,16
4	FILTRO DE ACEITE,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3	\$ 145,83
5	TELA DE ALGODÓN, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25	\$ 2,97
6	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02	\$ 25,12
7	FILTRO PRIMARIO, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5	\$ 151,25
8	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; 38in, 144ft, T-100,3M	0,1	\$ 18,07
	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2	\$ 935,22
Costo Total			\$ 2.642,27

La Figura 41 se puede observar un análisis estadístico de los costos de materiales e insumos utilizado en el mantenimiento de grupos electrógenos, en donde el material de mayor valor son los aceites lubricantes SAE 15W40 con un precio de NOVECIENTOS TREINTA Y CINCO CON 22/100 DÓLARES AMERICANOS (USD \$935,22).

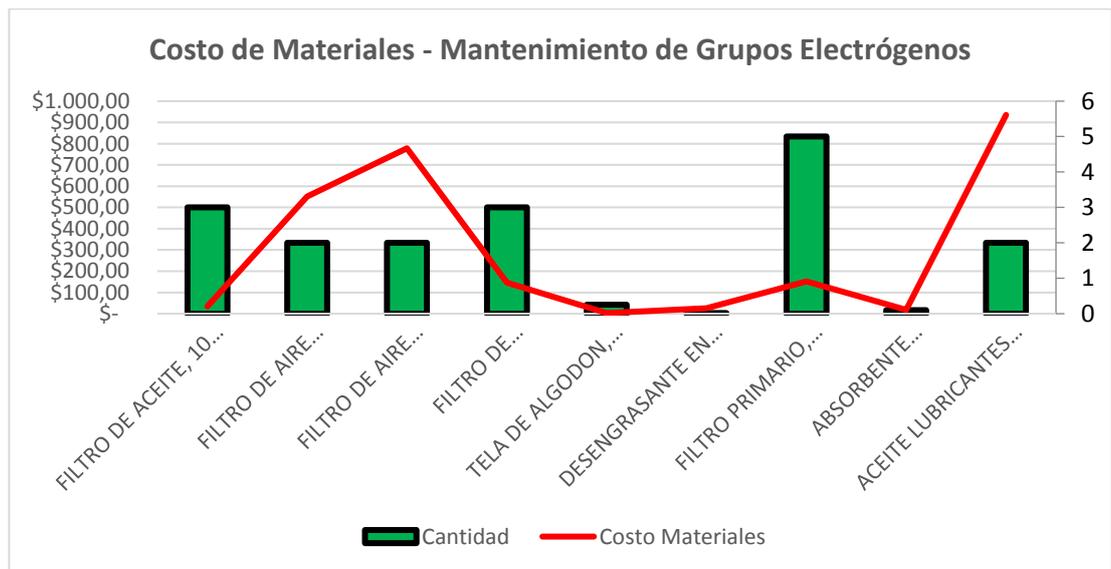


Figura 41 Análisis estadístico del costo de materiales en mantenimiento de grupos electrógenos del Campo Auca.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES, BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS (OPCIONAL)

5.1. Conclusiones

El análisis de gases realizado a grupos electrógenos del Campo Auca se rige al Acuerdo Ministerial del Ecuador No. 097 donde los organismos gubernamentales encargados de realizar el seguimiento de emisiones como Ministerio del Ambiente (MAE) y Agencia de Regulación y Control de Energía y Recursos Naturales No Renovables (ARCERNNR) se rigen a revisar los límites permisibles de datos tomados en campo de monóxidos de carbono (CO), óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxidos de azufre (SO_2), los cuales se encuentran limitados por rangos máximos permisibles de $1500 \frac{mg}{Nm^3}$ para monóxido de carbono, $2000 \frac{mg}{Nm^3}$ para óxidos de nitrógeno y $700 \frac{mg}{Nm^3}$ para dióxidos de azufre. El análisis global realizado a los equipos desde el año 2019 hasta 2021 permite tener una trazabilidad de los valores tomados, donde los cuales no sobrepasan los límites hacia el medio ambiente, registrándose valores altos en el año 2019, 2020 y 2021 de óxidos de nitrógeno con valores de $1875 \frac{mg}{Nm^3}$; $1872 \frac{mg}{Nm^3}$ y $1994 \frac{mg}{Nm^3}$ respectivamente; con el análisis investigado realizado y los resultados presentados en los planes de mantenimiento permitirán bajar los índices que se encuentren cercanos a límites permisibles y mantener políticas responsables con el medio ambiente.

Las emisiones de gases de gases en las industrias hidrocarburíferas está sistematizados por acuerdos ministeriales que establecen límites permisibles y regulan los niveles de emisión hacia el medio ambiente; a pesar que las empresas de hidrocarburos están en la obligación de realizar monitoreos de sus equipos el tipo de industria demanda grandes cantidades de emisión al medio ambiente por las horas de funcionamiento que a la larga podrían generar inconvenientes relacionados al efecto invernadero y al factor humano; es por ello que la empresa pública EP PETROECUADOR ha optado implementar políticas sustentables y se ha visto la

necesidad de realizar cambios tecnológicos con grupos electrógenos que contaminen menos y sean más eficientes.

Partiendo del análisis de emisiones que se ha realizado desde el año 2019 ha permitido tener una trazabilidad y optar por mejorar la calidad de combustible y aceites utilizados en el proceso de combustión para generar energía, sin embargo el avance tecnológico ha credo grupos electrógenos que tengan la capacidad de producir energía con menos afectaciones al medio ambiente, un claro ejemplo son los generadores adquiridos por EP PETROECUADOR para el Campo Auca Bloque 61 aportando al sistema eléctrico interconectado petrolero (SEIP) con una potencia efectiva de 5 MW, estas 4 unidades empezaron a operar y llevar el registro de emisiones de gases desde el año 2022, lo que ha permitido realizar un análisis comparativo tomando como muestra grupos electrógenos más contaminantes que utilizan como combustible diésel y los nuevos Hyundai con combustible crudo, lo que ha demostrado que los grupos electrógenos marca Hyundai son menos contaminantes en un 89% de monóxido de carbono y en 41% en óxidos de nitrógeno.

Las fuentes fijas para generación de energía eléctrica utilizan diferentes tipos de combustible para el proceso de transformación de energía, en una industria con grandes demandas de energía es indispensable mantener la disponibilidad de los equipos es por ello por lo que el combustible debe estar a disposición las 24 horas para la operación de los equipos, los combustibles utilizados en grupos electrógenos en el Campo Auca son diésel y crudo. La demanda actual de los equipos que funcionan a diésel es 59.208 galones y de crudo 5.477 galones diarios, lo que conlleva a hacer un análisis sobre el costo del combustible con el fin de cubrir la demanda eléctrica con recursos de menor costo e impacto ambiental. El crudo al ser el producto de comercialización de EP PETROECUADOR tiene un costo de producción por galón producido de \$ 0,47 mientras que comprar 1 galón de diésel tiene un valor de \$ 3,93, esto lleva a concluir que con los análisis e implementaciones realizados se ha logrado mitigar las emisiones de gases al medio ambiente con los grupos electrógenos Hyundai y un ahorro económico a la empresa.

De los resultados obtenidos en el análisis de aceites de los grupos electrógenos se puede establecer la trazabilidad de seguimiento de los parámetros fisicoquímicos de los aceites usados, permitiendo de esta manera tener un estatus de la condición del aceite y posibles daños de los elementos mecánicos que permitirán tomar acciones correctivas a tiempo para mejorar su eficiencia y disponibilidad. Al revisar las tendencias de desgaste del aceite y las horas de trabajo de los equipos ya se puede estimar las acciones preventivas y/o correctivas a realizarse, siendo uno de los parámetros más importantes del aceite el valor de alcalinidad o TBN el responsable de mantener las condiciones de lubricación y viscosidad adecuadas para el performance de los motores, el cual debe estar en valores mayores de 5 TBN. Para tener un control de forma periódica se ha implementado un plan de mantenimiento para recolección de las muestras de aceite que tomará 4:20 horas el tiempo de extracción de cada equipo para posterior ser llevadas a laboratorio y de esta manera tener indicadores representativos de la operación de las máquinas.

Los procedimientos de eficiencia energética planteados para la reducción de emisiones de gases en grupos electrógenos están conceptualizados en base a planes de mantenimiento programados, de acuerdo a las horas de operación de cada equipo, en donde se involucra horas hombre, materiales, herramientas y consumibles para mejorar la confiabilidad / disponibilidad de los equipos alargando así su vida útil. Las tareas de mantenimiento tienen un número de horas estimadas, alrededor de 10 horas por cada actividad de trabajo donde el personal implicado (2 técnicos mecánicos / 2 ayudantes mecánicos) cumple con lo planificado y registrando un valor de horas-hombre alrededor de \$426,02 dólares y en materiales de \$2.642,27 respectivamente.

Para tener equipos altamente eficientes que tengan la capacidad de mejorar índices de disponibilidad y confiabilidad del sistema eléctrico petrolero para atender la demanda de este tipo de industria, se ha implementado planes de mantenimiento para los grupos electrógenos de acuerdo con especificaciones técnicas de fabricante, buenas prácticas de ingeniería y la experiencia operativa. Los planes de mantenimiento están basados en prácticas de alta eficiencia donde se revisa todos los elementos eléctricos y mecánicos de los equipos, incluye tareas de inspección, lubricación, toma de

parámetros funcionales, cambio de elementos filtrantes; todo con el fin de evitar pérdidas de energía en el proceso de combustión, mejorar la eficiencia energética y reducir las emisiones de gases.

La gestión de eficiencia energética se refleja en planes de mantenimiento programados a las 500, 1.000, 2.000, 2.500 y 4.000 horas de funcionamiento de los equipos los actores principales es el personal calificado para realizar la actividad y los recursos destinados para ejecutarla de esta manera gestionando dentro de la organización un modelo de negocio para alcanzar los objetivos energéticos.

5.2.Recomendaciones

Realizar el monitoreo de gases permanente en los grupos electrógenos del Campo Auca acorde a los tiempos y procedimientos establecidos en el Acuerdo Ministerial 097 que luego serán recibidos y validados por el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

Continuar con la implementación de centrales de generación aisladas e interconectadas que permitan aportan energía a la red del sistema eléctrico petrolero y que tengan la capacidad de suplir la demanda sin depender del sistema principal.

Mantener una trazabilidad de las tendencias que se origina de los análisis de aceites, los cuales deben ser programados de forma paulatina y en función de las horas de funcionamiento de los equipos.

Conservar el compromiso de alta dirección, política energética, medición, verificación y tareas establecidas en los planes de mantenimiento que permitan seguir con el ciclo de mejora continua del desempeño energético en la organización.

5.3.BIBLIOGRAFÍA

- [1] C. L. Gruentec, «INFORME DE MONITOREO SEMESTRAL DE EMISIONES DE FUENTES FIJAS PETROBELL S.A. - GRANTMINING S.A.,» Puerto Francisco de Orellana, 2021.
- [2] F. ARROYO y M. LJ, «ANÁLISIS DE LA VARIACIÓN DE LAS EMISIONES DE CO2 Y POSIBLES ESCENARIOS AL 2030 EN ECUADOR,» *ESPACIOS*, vol. 40, nº 13, p. 2, 2019.
- [3] M. A. HARO MEDINA, G. V. MOREANO SANCHEZ, C. D. ARREGUI TORO y J. E. CAJAMARCA VILLA, «ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y SU INFLUENCIA EN LA GESTIÓN DE ACTIVOS ELÉCTRICOS EN EL SECTOR PETROLERO ECUATORIANO,» *CONGRESO INTERNACIONAL DE MANTENIMIENTO Y GESTIÓN DE ACTIVOS*, p. 1, 2019.
- [4] A. J. ROMERO GUARÍN y L. V. SOLER RODRIGUEZ, «DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO PARA LOS GENERADORES ELÉCTRICOS DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA,» UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA, BOGOTÁ, 2017.
- [5] M. E. Z. Chávez, «Análisis de dispersión de contaminantes emitidos por motores que utilizan petróleo crudo como combustible,» Barcelona, 2018.
- [6] Y. Marrero Díaz, E. B. Cruz Estopiñan y A. Reyes Mesa, «Evaluación de las emisiones atmosféricas,» *Revista Cubana de Meteorología*, vol. 26, nº 4, p. 13, 2020.
- [7] O. Cuesta Santos, C. Sosa Pérez, C. Iraola Ramirez, Y. González Jaime, V. Nuñez Caraballo, A. Fonte Hernández, C. Imbert Lamorú, S. Barcia Sardiñas, Y. Gómez Zamora y D. Portal Castillo, «Inventario nacional de emisiones atmosféricas de las principales fuentes fijas,» *Revista Cubana de Meteorología*, vol. 23, nº 2, pp. 178-190, 2017.
- [8] C. A. A. ESTRELLA, «ACTUALIZACIÓN DEL INVENTARIO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS PROVENIENTES DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN Y DEL RELLENO SANITARIO,» Quito, 2020.

- [9] Y. Lee, J. Cha, M. Jung y J. Choi, «A Study on the Generator Maintenance Scheduling,» 2018.
- [10] A. M.A, «Diesel Engine Generators Consumption/Emission Controls,» *IEEE*, 2017.
- [11] N. Harada, K. Takahashi, T. Sasaki y T. Kikuchi, «Zero CO2 Emission Electric Power Generation using,» *IEEE*, 2017.
- [12] A. L. Cuevas Hernández, «La atmósfera, sus capas y propiedades,» Escuela Superior de Cd. Sahagún , Estado de Hidalgo, 2019.
- [13] E. -. I. +. consulting, «Enerdata_Energy_Statistical_Yearbook_2021,» 2021.
- [14] M. Hernán Galíndez, «CÁLCULO Y DISEÑO DE FILTRO DE MANGAS (Tipo Pulse Jet),» Villa María Cba., 2018.
- [15] RAOHE, «REGLAMENTO AMBIENTAL DE ACTIVIDADES HIDROCARBURIFERAS,» n° Decreto Ejecutivo 1215.
- [16] PLANEE, «Plan Nacional de Eficiencia Energética,» 2016.
- [17] E. PETROECUADOR, «Fichas Técnicas».
- [18] A. M. N. 097, «Límites máximos permisibles para emisiones a la atmósfera provenientes de fuentes fijas para actividades hidrocarbúrficas,» QUITO, 2007.
- [19] C. L. A. D. E. C. S. /. ALS, «MONITOREO AMBIENTAL DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN EP PETROECUADOR “BLOQUE 61”,» 2021.
- [20] C. L. A. D. E. C. S. /ALS, «MONITOREO AMBIENTAL DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN PETROAMAZONAS EMPRESA PÚBLICA EP “BLOQUE 61”,» 2019.
- [21] C. L. A. D. E. C. S. /. ALS, «MONITOREO AMBIENTAL DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN PETROAMAZONAS EMPRESA PÚBLICA EP “BLOQUE 61”,» 2020.
- [22] C. L. A. D. E. C. S. /. ALS, «MONITOREO AMBIENTAL DE FUENTES FIJAS DE COMBUSTIÓN EP PETROECUADOR “BLOQUE 61”,» 2021.

- [23] CHARLOTTE, «TECHNICAL ASSOCIATES OF CHARLOTTE,» P.C. R-0894-4, 1996.
- [24] N. (. S. 1. ISO, «Vibración mecánica - Evaluación de la vibración en una máquina mediante medidas en partes no rotativas,» 2014.

5.4.ANEXOS

Tabla 29 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 500 horas.

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS 500 HORAS				
JP-AU-GPS-GPM-035: PLAN MOTOR COMBUSTION DIESEL: 500HRS				
Organización:	EP PETROECUADOR		Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61		Sistema:	Grupo Electrónico
Tipo:	MANTENIMIENTO		Supervisor:	EP PEC
Duración:	10:10		Dirección:	CR-AU-GPS
Tareas Plan de Trabajo				
Tareas ID	Descripción			Duración
1	APERTURA DE PERMISO DE TRABAJO			00:10
2	PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS			00:30
3	CHARLA DE SEGURIDAD EN SITIO			00:10
4	REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE DE MOTOR			00:10
5	REEMPLAZO DE FILTROS SEPARADORES DE AGUA-COMBUSTIBLE			00:10
6	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE ACEITE			00:05
7	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR			00:30
8	CHEQUEO DE RESPIRADEROS DE VENTILACION DEL CARTER Y DE SUS FILTROS			00:05
10	INSPECCIONAR/COMPLETAR EL NIVEL DE ACEITE DEL TANQUE DE RELLENO DE ACEITE DEL MOTOR			00:05
11	INSPECCION DE NIVELES DE FLUIDOS (ACEITE, REFRIGERANTE, ELECTROLITO)			00:20
12	INSPECCION INDICADOR DE SERVICIO DE LOS FILTROS DE AIRE DEL MOTOR			00:05
13	INSPECCION GENERAL ALREDEDOR DEL MOTOR			00:10
14	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADOR			00:20
15	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE ACEITE MOTOR			00:10
16	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE TBN			00:10
17	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR NIVEL 1			00:10
18	LUBRICAR COJINETE DE MANDO DEL VENTILADOR			00:10
19	LUBRICAR MOTOR DEL VENTILADOR			00:20
20	REVISAR ABRAZADERAS Y MANGUERAS DE MOTOR			00:15
21	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR			01:00
22	COMPROBAR CALENTADOR DE AGUA DE LAS CAMISAS			00:30
23	PROBAR REGISTRAR TEMPERATURA EN COJINETE DE GENERADOR			00:10
24	PRUEBA DE CALENTADOR AMBIENTAL (FAJAS TERMICAS DEL GENERADOR)			00:10
25	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE			01:00
26	DRENAR FILTRO PRIMARIO DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE / SEPARADOR DE AGUA			00:10
27	CEBAR SISTEMA DE COMBUSTIBLE			00:20
28	LIMPIEZA DE FILTRO PRIMARIO DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE			00:30

29	LIMPIEZA GENERAL DE MOTOR	01:00
30	LIMPIEZA EXTERIOR DE RADIADOR	01:00
31	GESTION MAXIMO CIERRE DE ORDEN DE TRABAJO	00:15
TOTAL HORAS DE TRABAJO		10:10 hrs
Materiales Utilizados		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02
2	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2
3	FILTRO DE ACEITE,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3
4	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; 38in, 144ft, T-100,3M	0,1
5	FILTRO PRIMARIO, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5
6	TELA DE ALGODON, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25
7	FILTRO DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES A DIESEL, 10 u, 180 GPH; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3

Tabla 30 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 1000 horas.

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS 1000 HORAS			
JP-AU-GPS-GPM-036: PLAN MOTOR COMBUSTION DIESEL CAT 3516 EP600; 1000HRS			
Organización:	EP PETROECUADOR	Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61	Sistema:	Grupo Electrógeno
Tipo:	MANTENIMIENTO	Supervisor:	EP PEC
Duración:	10:10	Dirección:	CR-AU-GPS
Tareas Plan de Trabajo			
Tareas ID	Descripción	Duración	
1	APERTURA DE PERMISO DE TRABAJO	00:10	
2	PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS	00:30	
3	CHARLA DE SEGURIDAD EN SITIO	00:10	
4	REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE DE MOTOR	00:10	
5	REEMPLAZAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	00:10	
6	REEMPLAZO DE FILTROS SEPARADORES DE AGUA-COMBUSTIBLE	00:10	

7	INSPECCIÓN DE SELLOS DEL RESPIRADERO DEL CÁRTER	00:05
8	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	00:05
9	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE ACEITE	00:05
10	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	00:30
11	INSPECCIONAR/COMPLETAR EL NIVEL DE ACEITE DEL TANQUE DE RELLENO DE ACEITE DEL MOTOR	00:05
12	INSPECCION DE NIVELES DE FLUIDOS (ACEITE, REFRIGERANTE, ELECTROLITO)	00:20
13	INSPECCIONAR INDICADOR DE SERVICIO DE LOS FILTROS DE AIRE DEL MOTOR	00:05
14	INSPECCION GENERAL ALREDEDOR DEL MOTOR	00:10
15	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADOR	00:20
16	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE ACEITE MOTOR	00:10
17	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE TBN	00:10
18	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR NIVEL 2	00:10
19	LUBRICAR COJINETE DE MANDO DEL VENTILADOR	00:10
20	LUBRICAR MOTOR DEL VENTILADOR	00:20
21	REVISAR ABRAZADERAS Y MANGUERAS DE MOTOR	00:15
22	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR	01:00
23	COMPROBAR DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DEL MOTOR	00:05
24	COMPROBAR CALENTADOR DE AGUA DE LAS CAMISAS	00:30
25	PROBAR REGISTRAR TEMPERATURA EN COJINETE DE GENERADOR	00:10
26	PRUEBA DE CALENTADOR AMBIENTAL (FAJAS TERMICAS DEL GENERADOR)	00:10
27	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	01:00
28	DRENAR FILTRO PRIMARIO DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE / SEPARADOR DE AGUA	00:10
29	CEBAR SISTEMA DE COMBUSTIBLE	00:20
30	LIMPIEZA DE FILTRO PRIMARIO DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	00:00
31	LIMPIEZA GENERAL DE MOTOR	01:00
32	LIMPIEZA EXTERIOR DE RADIADOR	01:00
33	GESTION MAXIMO CIERRE DE ORDEN DE TRABAJO	00:15
TOTAL HORAS DE TRABAJO		10:10 hrs
Materiales		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	FILTRO DE ACEITE ,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3
2	FILTRO DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES A DIESEL, 10 u, 180 GPH; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3
3	FILTRO PROMARIO, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5
4	TELA DE ALGODON, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25
5	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02

6	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; 38in, 144ft, T-100,3M	0,1
7	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2

Tabla 31 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 2000 horas.

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS 2000 HORAS			
JP-AU-GPS-GPM-037: PLAN MOTOR COMBUSTION DIESEL ; 2000HRS			
Organización:	EP PETROECUADOR	Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61	Sistema:	Grupo Electrónico
Tipo:	MANTENIMIENTO	Supervisor:	EP PEC
Duración:	10:45	Dirección:	CR-AU-GPS
Tareas Plan de Trabajo			
Tareas ID	Descripción	Duración	
1	APERTURA DE PERMISO DE TRABAJO	00:10	
2	PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS	00:30	
3	CHARLA DE SEGURIDAD EN SITIO	00:10	
4	REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE DE MOTOR	00:10	
5	REEMPLAZAR FILTROS DE COMBUSTIBLE	00:10	
6	REEMPLAZO DE FILTROS SEPARADORES DE AGUA-COMBUSTIBLE	00:10	
7	INSPECCIÓN DE SELLOS DEL RESPIRADERO DEL CÁRTER	00:05	
8	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	00:05	
9	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE ACEITE	00:05	
10	AGREGAR LÍQUIDO REFRIGERANTE POR INSPECCIÓN DE TURBOS	00:30	
11	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	00:30	
12	INSPECCIONAR/COMPLETAR EL NIVEL DE ACEITE DEL TANQUE DE RELLENO DE ACEITE DEL MOTOR	00:05	
13	INSPECCION DE NIVELES DE FLUIDOS (ACEITE, REFRIGERANTE, ELECTROLITO)	00:20	
14	INSPECCIONAR INDICADOR DE SERVICIO DE LOS FILTROS DE AIRE DEL MOTOR	00:05	
15	INSPECCION GENERAL ALREDEDOR DEL MOTOR	00:10	
16	INSPECCIONAR AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES	00:05	
17	INSPECCIÓN DE SOPORTES DEL MOTOR	00:05	
18	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS TURBOS (INCLUYE REPUESTOS PARA EL DESMONTAJE Y MONTAJE)	00:05	
19	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADOR	00:20	
20	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE ACEITE MOTOR	00:10	
21	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE TBN	00:10	
22	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR NIVEL 2	00:10	

23	LUBRICAR COJINETE DE MANDO DEL VENTILADOR	00:10
24	LUBRICAR MOTOR DEL VENTILADOR	00:20
25	REVISAR ABRAZADERAS Y MANGUERAS DE MOTOR	00:15
26	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR	01:00
27	COMPROBAR DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN DEL MOTOR	00:05
28	COMPROBAR CALENTADOR DE AGUA DE LAS CAMISAS	00:30
29	PROBAR REGISTRAR TEMPERATURA EN COJINETE DE GENERADOR	00:10
30	PRUEBA DE CALENTADOR AMBIENTAL (FAJAS TERMICAS DEL GENERADOR)	00:10
31	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	01:00
32	DRENAR FILTRO PRIMARIO DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE / SEPARADOR DE AGUA	00:10
33	CEBAR SISTEMA DE COMBUSTIBLE	00:20
34	LIMPIEZA DE FILTRO PRIMARIO DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	00:00
35	LIMPIEZA GENERAL DE MOTOR	01:00
36	LIMPIEZA EXTERIOR DE RADIADOR	01:00
37	GESTION MAXIMO CIERRE DE ORDEN DE TRABAJO	00:15
TOTAL HORAS DE TRABAJO		10:45 hrs
Materiales		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; 38in, 144ft, T-100,3M	0,1
2	FILTRO DE ACEITE; CART OIL,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3
3	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02
4	TELA DE ALGODON, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25
5	FILTRO PRIMARIO, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5
6	FILTRO DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES A DIESEL, 10 u, 180 GPH; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3
7	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2

Tabla 32 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 2500 horas

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS 2500 HORAS			
JP-AU-GPS-GPM-038: PLAN MOTOR COMBUSTION DIESEL; 2500HRS			
Organización:	EP PETROECUADOR	Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61	Sistema:	Grupo Electrónico
Tipo:	MANTENIMIENTO	Supervisor:	EP PEC
Duración:	10:45 hrs	Dirección:	CR-AU-GPS
Tareas Plan de Trabajo			
Tareas ID	Descripción	Duración	
1	APERTURA DE PERMISO DE TRABAJO	00:10	
2	PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS	00:30	
3	CHARLA DE SEGURIDAD EN SITIO	00:10	
4	REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE DE MOTOR	00:10	
5	REEMPLAZO DE FILTROS SEPARADORES DE AGUA-COMBUSTIBLE	00:10	
6	REEMPLAZAR FILTROS DE AIRE PRIMARIO DEL MOTOR	00:10	
7	REEMPLAZAR FILTROS DE AIRE SECUNDARIO DEL MOTOR	00:10	
8	REEMPLAZAR FILTROS DE AIRE DE LA CABINA (ELECTRICAL ENCLOSURE)	00:10	
9	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE ACEITE	00:05	
10	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	00:30	
11	CHEQUEO DE RESPIRADEROS DE VENTILACION DEL CARTER Y DE SUS FILTROS	00:05	
12	INSPECCIONAR/COMPLETAR EL NIVEL DE ACEITE DEL TANQUE DE RELLENO DE ACEITE DEL MOTOR	00:05	
13	INSPECCIÓN DE NIVELES DE FLUIDOS (ACEITE, REFRIGERANTE, ELECTROLITO)	00:20	
14	INSPECCIONAR INDICADOR DE SERVICIO DE LOS FILTROS DE AIRE DEL MOTOR	00:05	
15	INSPECCIÓN GENERAL ALREDEDOR DEL MOTOR	00:10	
16	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADOR	00:20	
17	TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRA DE ACEITE MOTOR	00:10	
18	TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRA DE TBN	00:10	
19	TOMA Y ANÁLISIS DE MUESTRA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR NIVEL 1	00:10	
20	LUBRICAR COJINETE DE MANDO DEL VENTILADOR	00:10	
21	LUBRICAR MOTOR DEL VENTILADOR	00:20	
22	REVISAR ABRAZADERAS Y MANGUERAS DE MOTOR	00:15	
23	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR	01:00	
24	COMPROBAR CALENTADOR DE AGUA DE LAS CAMISAS	00:30	
25	PROBAR REGISTRAR TEMPERATURA EN COJINETE DE GENERADOR	00:10	
26	PRUEBA DE CALENTADOR AMBIENTAL (FAJAS TÉRMICAS DEL GENERADOR)	00:10	

27	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	01:00
28	DRENAR FILTRO PRIMARIO DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE / SEPARADOR DE AGUA	00:10
29	CEBAR SISTEMA DE COMBUSTIBLE	00:20
30	LIMPIEZA DE FILTRO PRIMARIO DEL SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE	00:30
31	LIMPIEZA GENERAL DE MOTOR	01:00
32	LIMPIEZA EXTERIOR DE RADIADOR	01:00
33	GESTIÓN MÁXIMO CIERRE DE ORDEN DE TRABAJO	00:15
TOTAL HORAS DE TRABAJO: 10:45 hrs		
Materiales		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	FILTRO DE ACEITE, 10 u, 180 GPH, FOR DIESEL ENGINES; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3
2	FILTRO DE AIRE EXTERIOR; P/N: 208-9066, FAB: CATERPILLAR	2
3	FILTRO DE AIRE INTERIOR; P/N: 208-9065, FAB: CATERPILLAR	2
4	FILTRO DE ACEITE,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3
5	TELA DE ALGODON, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25
6	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02
7	FILTRO PRIMARIO, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5
8	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; 38in, 144ft, T-100,3M	0,1
	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2

Tabla 33 Plan de mantenimiento –motores de combustión interna 4000 horas.

PLAN DE MANTENIMIENTO GRUPOS ELECTRÓGENOS 4000 HORAS			
JP-AU-GPS-GPM-039: PLAN MOTOR COMBUSTIÓN DIESEL CAT 3516 EP600 ; 4000HRS			
Organización:	EP PETROECUADOR	Prioridad:	1
Sitio:	AUCA BLOQUE 61	Sistema:	Grupo Electrónico
Tipo:	MANTENIMIENTO	Supervisor:	EP PEC
Duración:	12:45 hrs	Dirección:	CR-AU-GPS
Tareas Plan de trabajo			
Tareas ID	Descripción		Duración
1	APERTURA DE PERMISO DE TRABAJO		00:10
2	PREPARACIÓN DE HERRAMIENTAS		00:30
3	CHARLA DE SEGURIDAD EN SITIO		00:10
4	REEMPLAZAR FILTROS DE ACEITE DE MOTOR		00:10
5	REEMPLAZAR FILTROS DE COMBUSTIBLE		00:10
6	REEMPLAZO DE FILTROS SEPARADORES DE AGUA-COMBUSTIBLE		00:10

7	INSPECCIÓN DE SELLOS DEL RESPIRADERO DEL CÁRTER	00:05
8	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE COMBUSTIBLE	00:05
9	INSPECCIÓN DE SELLOS CAJA DE FILTROS DE ACEITE	00:05
10	AGREGAR LÍQUIDO REFRIGERANTE POR INSPECCIÓN DE TURBOS	00:30
11	CAMBIO DE ACEITE DEL MOTOR	00:30
12	INSPECCIONAR/COMPLETAR EL NIVEL DE ACEITE DEL TANQUE DE RELLENO DE ACEITE DEL MOTOR	00:05
13	INSPECCION DE NIVELES DE FLUIDOS (ACEITE, REFRIGERANTE, ELECTROLITO)	00:20
14	INSPECCIONAR INDICADOR DE SERVICIO DE LOS FILTROS DE AIRE DEL MOTOR	00:05
15	INSPECCION GENERAL ALREDEDOR DEL MOTOR	00:10
16	INSPECCIONAR AMORTIGUADOR DE VIBRACIONES	00:05
17	INSPECCIÓN DE SOPORTES DEL MOTOR	00:05
18	INSPECCIÓN Y LIMPIEZA DE LOS TURBOS (INCLUYE REPUESTOS PARA EL DESMONTAJE Y MONTAJE)	00:05
19	INSPECCIÓN DE FUNCIONAMIENTO DE VENTILADOR	00:20
20	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE ACEITE MOTOR	00:10
21	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE TBN	00:10
22	TOMA Y ANALISIS DE MUESTRA DE REFRIGERANTE DEL MOTOR NIVEL 2	00:10
23	LUBRICAR COJINETE DE MANDO DEL VENTILADOR	00:10
24	LUBRICAR MOTOR DEL VENTILADOR	00:20
25	REVISAR ABRAZADERAS Y MANGUERAS DE MOTOR	00:15
26	REVISION Y/O AJUSTE DE VALVULAS DE ADMISION Y ESCAPE	01:00
27	REVISION Y/O AJUSTE ALTURA DE INYECTORES	01:00
28	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE MOTOR	01:00
29	COMPROBAR DISPOSITIVOS DE PROTECCION DEL MOTOR	00:10
30	COMPROBAR CALENTADOR DE AGUA DE LAS CAMISAS	00:30
31	PROBAR REGISTRAR TEMPERATURA EN COJINETE DE GENERADOR	00:10
32	PRUEBA DE CALENTADOR AMBIENTAL (FAJAS TERMICAS DEL GENERADOR)	00:10
33	DRENAR AGUA Y SEDIMENTOS DEL TANQUE DE COMBUSTIBLE	01:00
34	DRENAR FILTRO PRIMARIO DE SISTEMA DE COMBUSTIBLE / SEPARADOR DE AGUA	00:10
35	CEBAR SISTEMA DE COMBUSTIBLE	00:20
36	LIMPIEZA DE FILTRO PRIMARIO DEL SISTEMA DE ADMISION DE AIRE	00:00
37	LIMPIEZA GENERAL DE MOTOR	01:00
38	LIMPIEZA EXTERIOR DE RADIADOR	01:00
39	GESTION MAXIMO CIERRE DE ORDEN DE TRABAJO	00:15
TOTAL HORAS DE TRABAJO		12:45 hrs
Materiales		
Ítem	Descripción	Cantidad
1	ABSORBENTE LIMPIEZA ACEITES; OIL, SHT, ROLLO 38in, 144ft, T-100,3M	0,1

2	FILTRO DE COMBUSTIBLE PARA MOTORES A DIESEL, 10 u, 180 GPH, FOR DIESEL ENGINES; P/N: 2020TM-OR; FAB: RACOR	3
3	FILTRO PRIMARIO; PRIMARY, 41.3 x 100 x 234.2mm, FUEL; P/N: 1R-0756, FAB: CATERPILLAR	5
4	TELA DE ALGODON TIPO PAÑAL, PIEZAS DE 9m DE LARGO x 70cm ANCHO, PARA LIMPIEZA DE USO GENERAL, FAB: TEXTILES NACIONALES	0,25
5	DESENGRASANTE EN PASTA	0,02
6	FILTRO DE ACEITE; CART OIL,3500 ENG; P/N: 1R0726, FAB: CATERPILLAR	3
7	ACEITE LUBRICANTES SAE 15W40	2