

UNEMI

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

REPÚBLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:

MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES

TEMA:

Análisis del proceso de purificación de diésel (DO) empleado en una Planta de Generación Térmica mediante la herramienta VSM (Value Stream Mapping).

Autores:

Ing. Murillo Villaprado Josselyn Maricel

Ing. Pincay de la Rosa Fernando Vladimir

Tutor:

Dr. Reinoso Sánchez Miguel Ángel, PhD.

Milagro, 2024

Derechos de autor

Sr. Dr.

Fabricio Guevara Viejó

Rector de la Universidad Estatal de Milagro

Presente.

Nosotros, **Ing. Murillo Villaprado Josselyn Maricel** e **Ing. Pincay de la Rosa Fernando Vladimir** en calidad de autores y titulares de los derechos morales y patrimoniales de este informe de investigación, mediante el presente documento, libre y voluntariamente cedo los derechos de Autor de este proyecto de desarrollo, que fue realizada como requisito previo para la obtención de mi Grado, de **Magíster en Producción y Operaciones Industriales**, como aporte a la Línea de Investigación **Desarrollo Productivo** de conformidad con el Art. 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, concedo a favor de la Universidad Estatal de Milagro una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Estatal de Milagro para que realice la digitalización y publicación de este Proyecto de Investigación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Los autores declaran que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

Milagro, 25 de marzo de 2024.



Firmado electrónicamente por:
**JOSSELYN MARICEL
MURILLO VILLAPRADO**

Murillo Villaprado Josselyn
Maricel
CI: 1311206427



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO VLADIMIR
PINCAY DE LA ROSA**

Pincay de la Rosa Fernando
Vladimir
CI: 1206106013

Aprobación del Director del Trabajo de Titulación

Yo, **Dr. Reinoso Sánchez Miguel Ángel, PhD** en mi calidad de director del trabajo de titulación, elaborado por los **Ing. Murillo Villaprado Josselyn Maricel** y **Pincay de la Rosa Fernando Vladimir** cuyo tema es **Análisis del proceso de purificación de diésel (DO) empleado en una Planta de Generación Térmica mediante la herramienta VSM (Value Stream Mapping)**, que aporta a la Línea de Investigación **Desarrollo Productivo**, previo a la obtención del Grado **Magíster en Producción y Operaciones Industriales**. Trabajo de titulación que consiste en una propuesta innovadora que contiene, como mínimo, una investigación exploratoria y diagnóstica, base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta, considero que el mismo reúne los requisitos y méritos necesarios para ser sometido a la evaluación por parte del tribunal calificador que se designe, por lo que lo **APRUEBO**, a fin de que el trabajo sea habilitado para continuar con el proceso de titulación de la alternativa de Informe de Investigación de la Universidad Estatal de Milagro.

Milagro, 21 de agosto de 2023.



Dr. Reinoso Sánchez Miguel Ángel, PhD

CI: 0602914327

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES** presentado por **ING.MURILLO VILLAPRADO JOSSELYN MARICEL**, otorga al presente proyecto de investigación denominado **"ANÁLISIS DEL PROCESO DE PURIFICACIÓN DE DIÉSEL (DO) QUE SE EMPLEA EN UNA PLANTA DE GENERACIÓN TÉRMICA, MEDIANTE LA HERRAMIENTA VSM (VALUE STREAM MAPPING)."**, las siguientes calificaciones:

| | |
|-----------------------|------------------|
| TRABAJO DE TITULACION | 58.33 |
| DEFENSA ORAL | 33.00 |
| PROMEDIO | 91.33 |
| EQUIVALENTE | Muy Bueno |



VELASCO RIGOBERTO
ZAMBRANO BURGOS

MSc. ZAMBRANO BURGOS VELASCO RIGOBERTO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



OMAR ORLANDO FRANCO
ARIAS

Ph. D. FRANCO ARIAS OMAR ORLANDO
VOCAL



EDWIN EVARISTO LEON
PLUAS

Phd. LEON PLUAS EDWIN EVARISTO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
DIRECCIÓN DE POSGRADO
CERTIFICACIÓN DE LA DEFENSA

El TRIBUNAL CALIFICADOR previo a la obtención del título de **MAGÍSTER EN PRODUCCIÓN Y OPERACIONES INDUSTRIALES** presentado por **ING. PINCAY DE LA ROSA FERNANDO VLADIMIR**, otorga al presente proyecto de investigación denominado **"ANÁLISIS DEL PROCESO DE PURIFICACIÓN DE DIÉSEL (DO) QUE SE EMPLEA EN UNA PLANTA DE GENERACIÓN TÉRMICA, MEDIANTE LA HERRAMIENTA VSM (VALUE STREAM MAPPING)."**, las siguientes calificaciones:

| | |
|-----------------------|------------------|
| TRABAJO DE TITULACION | 58.33 |
| DEFENSA ORAL | 32.67 |
| PROMEDIO | 91.00 |
| EQUIVALENTE | Muy Bueno |



ZAMBRANO BURGOS VELASCO RIGOBERTO

MSc. ZAMBRANO BURGOS VELASCO RIGOBERTO
PRESIDENTE/A DEL TRIBUNAL



OMAR ORLANDO FRANCO ARIAS

Ph. D. FRANCO ARIAS OMAR ORLANDO
VOCAL



EDWIN EVARISTO LEON PLUS

Phd. LEON PLUS EDWIN EVARISTO
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

DEDICATORIA

Este proyecto de investigación se lo dedico a las personas que me dieron la vida y que constantemente están conmigo apoyándome e impulsándome a seguir adelante, mis padres; también quiero dedicarle este logro a mi pequeña hija Katesha Pincay que aun siendo una niña de tan solo 7 años de edad es el motor de mi vida que me motiva e impulsa para seguir adelante. No obstante, quiero dedicar gran parte de este trabajo a mi esposo Fernando Pincay, ya que ha sido el pilar de nuestro hogar y la persona que me ha apoyado a seguir preparándome profesionalmente.

Además, quiero dedicar parte de este logro a mis suegros, hermanos, cuñados y amigas que siempre han estado pendiente de cada paso que he dado a lo largo de mi vida profesional y académica.

DEDICATORIA

El presente trabajo de investigación se lo dedico a las personas que estuvieron desde el primer momento alentándome para no dejarme desvanecer en especial a mis padres que siempre han estado junto a mí apoyándome en cada paso que he dado, a mis hermanos que son parte de este logro; también quiero dedicarle este sueño tan anhelado a mi pequeña hija Katesha Pincay que aun siendo una niña de tan solo 7 años de edad supo entender en los momentos que pasaba todo el día esforzándome por darle algo mejor siendo el motor de mi vida que me motiva e impulsa para seguir adelante. Además, quiero dedicar este trabajo a mi esposa Josselyn Murillo, ya que ha sido una parte fundamental y la persona que me ha apoyado a seguir preparándome profesionalmente.

AGRADECIMIENTO

Por la culminación de este proyecto y la formación como Máster en Producción y Operaciones Industriales agradezco en primera instancia a Dios por darme salud y vida en el transcurso de la maestría y mantenerme siempre enfocada en cumplir mis metas. A mis padres Stalin Murillo y Rosita Villaprado por brindarme siempre apoyo incondicional durante todo este proceso académico, a mis hermanos Jair Murillo y Andrés Murillo por darme la motivación y perseverancia necesaria a través de sus consejos, a mi esposo Fernando Pincay por ser ese pilar fundamental en mi vida motivándome día tras día a vencer mis miedos y jamás dejarme desvanecer.

Expreso mi agradecimiento a los docentes de la Universidad Técnica Estatal de Milagro en especial al Dr. Reinoso Sánchez Miguel Ángel, PhD por sus consejos y acompañamiento durante las tutorías brindadas de su parte para culminar de la mejor manera el presente trabajo de investigación, estando en todo momento pendiente de cada una de las correcciones necesarias brindando su respaldo, predisposición y conocimientos aportados para cumplir el objetivo propuesto.

AGRADECIMIENTO

Agradezco en primer lugar a Dios por la culminación de este proyecto y la formación como Máster en Producción y Operaciones Industriales, por mantenerme siempre visionado en cumplir mis metas. A mis padres Fernando Pincay y Gladys de la Rosa por brindarme siempre apoyo incondicional durante todo este proceso académico, a mis hermanos Fernanda Pincay, Jair Pincay y Cristhian Pincay por estar siempre alentándome con una palabra, un consejo de motivación, a mi esposa Josselyn Murillo por ser una ayuda incondicional en mi vida durante todos los años transcurrido en mi proceso académico y profesional.

Expreso mi agradecimiento a los docentes de la Universidad Técnica Estatal de Milagro en especial al Dr. Reinoso Sánchez Miguel Ángel, PhD por su acompañamiento durante las tutorías brindadas para culminar el presente trabajo de investigación, brindando sus conocimientos y tiempo que han sido de gran aporte para la culminación del mismo.

Resumen

Este proyecto se llevó a cabo en la planta de generación térmica ubicada en la ciudad de Santa Elena, el objetivo general empleado es analizar el proceso de purificación de diésel (DO) mediante herramienta VSM para reutilizar los residuos que se almacenan en el tanque de lodos, ayudando al rendimiento de ciertas maquinarias y equipos auxiliares como es el caso del generador eléctrico; a su vez permitiendo ser incorporando dichos residuos en el proceso de generación de energía y en otras actividades desempeñadas dentro de la misma. La metodología empleada en esta investigación es aplicada, cuantitativa, de laboratorio y experimental logrando deducir resultados generalizables para el propósito del mismo. Analizando cada uno de los resultados alcanzados en las muestras tomadas y luego llevadas a un laboratorio de análisis se obtuvo que el diésel sedimentado posee mejores propiedades físico-químicas poniendo en evidencia que el contenido de agua mejora en un 6.93% y las demás características y propiedades se asemejan al del diésel usado actualmente en la generación. El estudio realizado ha permitido obtener resultados favorables ya que se ha presentado un análisis amplio con respecto a los procesos que se llevan a cabo dentro de la planta de generación conllevando a determinar el punto crítico mediante el uso de la herramienta VSM y logrando concluir que se puede realizar una mejora en el proceso ya que el diésel residual puede ser reutilizado y se puede incorporar en el mismo a través de la sedimentación de dichos residuos que son almacenados en el tanque de lodos si poder tratados.

Palabras claves: Planta térmica, recuperación, purificación, diésel, sedimentación.

Abstract

This project was carried out in the thermal generation plant located in the city of Santa Elena, the general objective used is to analyze the diesel purification process (DO) using a VSM tool to reuse the waste that is stored in the sludge tank. , helping the performance of certain machinery and auxiliary equipment such as the electric generator; in turn allowing said waste to be incorporated into the energy generation process and other activities carried out within it. The methodology used in this research is applied, quantitative, laboratory and experimental, managing to deduce generalizable results for its purpose. Analyzing each of the results achieved in the samples taken and then taken to an analysis laboratory, it was obtained that the sedimented diesel has better physical-chemical properties, showing that the water content improves by 6.93% and the other characteristics and properties They resemble that of the diesel currently used in generation. The study carried out has allowed us to obtain favorable results since a comprehensive analysis has been presented with respect to the processes that are carried out within the generation plant, leading to determining the critical point through the use of the VSM tool and concluding that can make an improvement in the process since the residual diesel can be reused and can be incorporated into it through the sedimentation of said waste that is stored in the sludge tank without being treated.

Keywords: Thermal plant, recovery, purification, diesel, sedimentation.

Lista de Figuras

| | |
|--|----|
| Gráfico 1. VSM actual en la recepción, purificación y recepción de diésel..... | 28 |
| Gráfico 2. Esquema de tratamiento de combustible..... | 29 |
| Gráfico 3. Esquema de tratamiento y distribución de combustible..... | 30 |
| Gráfico 4. VSM propuesto en la recepción, purificación y distribución de diésel | 34 |
| Gráfico 5. Esquema propuesto de la distribución y tratamiento de diésel | 35 |

Lista de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Normas empleadas para caracterizar al diésel (DO)..... | 18 |
| Tabla 2. Caracterización de cada variable y su respectivo método..... | 26 |
| Tabla 3. Pruebas del generador auxiliar. | 33 |
| Tabla 4. Resultado de los ensayos de las muestras tomadas en el tanque T-102, T-103 sin sedimentar y sedimentado y T-105 | 36 |
| Tabla 5. Comparación del diésel purificado y el sedimentado en porcentaje | 37 |

Lista de Anexos

| | |
|---|----|
| Anexo 1. Informe de resultados de laboratorio T-102 (recepción)..... | 44 |
| Anexo 2. Informe de resultados de laboratorio T-103 (sin sedimentar) | 45 |
| Anexo 3. Informe de resultados de laboratorio T-103 (sedimentado)..... | 46 |
| Anexo 4. Informe de resultados de laboratorio T-105 (servicio) | 47 |
| Anexo 5. VSM actual de la Central Térmica..... | 48 |
| Anexo 6. Esquema de tratamiento y distribución de diésel | 49 |
| Anexo 7. Esquema de recepción, tratamiento y distribución de diésel..... | 50 |
| Anexo 8. VSM propuesto de la Central Térmica | 51 |
| Anexo 9. Esquema de recepción, tratamiento, distribución y sedimentador de diésel | 52 |
| Anexo 10. Tablero de control Purificadoras de diesel | 53 |
| Anexo 11. Cronómetro y contador de las purificadoras de diesel | 53 |
| Anexo 12. Cuarto de purificadoras de diesel..... | 53 |
| Anexo 13. Tanque de residuos | 54 |
| Anexo 14. Toma de muestras de diesel..... | 54 |
| Anexo 15. Arranque del generador auxiliar | 54 |
| Anexo 16. Pruebas en baja de 22 kW | 55 |
| Anexo 17. Pruebas de 33 a 35 kW | 55 |
| Anexo 18. Pruebas de 43 a 44 kW..... | 56 |
| Anexo 19. Pruebas a 56 kW..... | 56 |

| | |
|---|-----------|
| Anexo 20. Pruebas a máxima carga 61 kW | 56 |
|---|-----------|

Índice

| | |
|---|----|
| Introducción..... | 1 |
| CAPÍTULO I | 2 |
| EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN | 2 |
| 1.1 Planteamiento del problema..... | 2 |
| 1.2 Delimitación del problema | 3 |
| 1.3 Formulación del problema..... | 3 |
| 1.4 Pregunta de investigación..... | 3 |
| 1.5 Determinación del tema | 3 |
| 1.6 Objetivo general..... | 4 |
| 1.7 Objetivos específicos | 4 |
| 1.8 Hipótesis | 4 |
| 1.9 Declaración de las variables (operacionalización) | 4 |
| 1.10 Justificación | 5 |
| 1.11 Alcance y limitaciones..... | 5 |
| CAPÍTULO II | 7 |
| MARCO TEÓRICO REFERENCIAL | 7 |
| 2.1 Antecedentes | 7 |
| 2.1.1. Antecedentes históricos..... | 7 |
| 2.1.2. Antecedentes referenciales..... | 8 |
| 2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación..... | 10 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.1. | Generación eléctrica..... | 10 |
| 2.2.2. | Plantas térmicas | 11 |
| 2.2.3. | Purificación del diésel..... | 11 |
| 2.2.4. | Diésel | 12 |
| 2.2.5. | Tipos de diésel que se comercializan en el Ecuador..... | 12 |
| 2.2.6. | Calidad del diésel | 13 |
| 2.2.7. | Características físico-químicas del diésel..... | 13 |
| 2.2.8. | Propiedades del diésel | 16 |
| 2.2.9. | Normas ASTM para el Método de prueba del diésel | 18 |
| 2.2.10. | Filosofía Lean Manufacturing | 19 |
| 2.2.11. | Value Stream Mapping (VSM)..... | 20 |
| CAPÍTULO III | | 22 |
| DISEÑO METODOLÓGICO..... | | 22 |
| 3.1. | Tipo y diseño de investigación | 22 |
| 3.1.1. | Tipo de investigación..... | 22 |
| 3.1.2. | Diseño de la investigación | 23 |
| 3.2. | Los métodos y las técnicas..... | 25 |
| 3.2.1. | Métodos de investigación | 25 |
| CAPÍTULO IV:..... | | 27 |
| XVI | | |
| ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS..... | | 27 |
| 1.1. | Análisis de la situación actual (Diagnóstico) | 27 |
| 4.2. | Análisis del punto crítico | 31 |
| 4.3. | Análisis comparativo | 32 |

| | |
|--|----|
| 4.4. Cuadro comparativo de las muestras tomadas..... | 36 |
| 4.5. Verificación de las Hipótesis..... | 37 |
| CAPÍTULO V:..... | 38 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... | 38 |
| 5.1. Conclusiones..... | 38 |
| 5.2. Recomendaciones..... | 39 |
| Referencias bibliográficas..... | 40 |
| Anexos..... | 44 |

Introducción

La planta de generación térmica se encuentra ubicada en la provincia de Santa Elena, cantón Santa Elena km 4 ½ de la vía Santa Elena-Ancón. Hasta el momento no se evidencia investigaciones referentes al tema propuesto, aun así, se sigue indagando en estudios que se asemejen o tenga relevancia en el análisis del proceso de purificación de diésel (DO) en plantas térmicas. En la generación de energía eléctrica se llevan a cabo varios procesos desde la recepción del combustible diésel hasta que se cumple con la generación y distribución de energía, siendo el proceso de purificación parte fundamental de la investigación en la cual se derivan problemas visibles ocasionando altos niveles de diésel residual almacenados en el tanque de residuos, conllevando a aplicar la metodología Lean Manufacturing como lo es el uso de la herramienta VSM para la mejora continua de los procesos, garantizando la disponibilidad y confiabilidad en la generación de energía eléctrica.

En la presente investigación se pretende analizar el proceso de purificación de diésel mediante aplicación de herramienta VSM, permitiendo identificar los posibles problemas dentro de este, contribuyendo a disminuir el consumo excesivo de este combustible por parte de operación y mantenimiento en las diversas actividades como la reutilización de este diésel residual en el generador auxiliar eléctrico, además se reducirá las emisiones de CO₂ en la extracción de este combustible fósil a partir del petróleo lo que permite ser amigable con el ambiente.

Al analizar el proceso de purificación de diésel se determinará si este recurso puede ser recuperado disminuyendo costos de producción permitiendo tener un mayor acceso a la comunidad, reduciendo excesivas cantidades de residuos de diésel en el proceso de purificación y proponiendo estrategias de mejora. Mediante las pruebas que se realizarán en laboratorio se procura obtener deducciones óptimas en cuanto al contenido de agua, sus diversas propiedades y características de este residuo, para poder aplicar alternativas que puedan ser ejecutadas e incorporadas dentro de la misma infraestructura tomando en cuenta que resultaría más provechoso para la planta de generación la reutilización de estos residuos recuperados, optimizando recursos tanto de materia prima como monetarios.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 Planteamiento del problema

El Ecuador cuenta con una capacidad instalada para generar 8.036,34 MW, de las cuales el 84.91% pertenece a generación hidroeléctrica, el 12.35% corresponde a generación termoeléctrica, el 1.13% a generación no convencional y el 1.61% a interconexión. A nivel del país el Ecuador cuenta con 32 centrales de generación termoeléctricas siendo una de estas el objeto de estudio, haciendo uso de combustible fósiles como el diésel para su debida generación.

En la planta de generación térmica se pudo observar que el proceso de purificación actualmente es poco óptimo porque los residuos que se separan aún contienen cantidades elevadas de diésel disueltos en el mismo, el cual es almacenado en un tanque de residuos, después de ser purificado y almacenado es desechado en excesivas cantidades para después ser transportado mediante Biodigestor a otra ciudad, debido al desconocimiento de estudios para el tratamiento de dicho combustible logrando verificar si ese residuo posee aun propiedades similares al diésel usado generando un incremento de costos en el traslado del mismo, ya que actualmente con el estiaje que está atravesando el país las Centrales Térmicas están generando constantemente ocasionando una alta demanda de residuos, lo que genera un impacto ambiental negativo en las fuentes de agua y suelo; lo cual se desconoce que 1 litro de diésel usado puede contaminar 1000 litros de agua , además debido a la falla en los equipos de instrumentación por la falta de mantenimiento preventivo se producen derrames consecutivos de diésel, siendo este combustible totalmente nocivo para el ambiente ya que es expulsado hacia los exteriores de la Planta Térmica. La mayoría de las actividades que se realizan para este proceso de purificación utilizan cantidades excesivas de diésel causando elevados costos en las áreas de operación y mantenimiento.

1.2 Delimitación del problema

La planta de generación térmica está ubicada en la provincia de Santa Elena, Cantón Santa Elena km 4 ½ de la vía Santa Elena-Ancón.; la misma entra en operación comercial el 4 de marzo de 2011 con una potencia efectiva de 90 MW; con un periodo de análisis 2023-2024.

En la presente investigación se va analizar las características físicas-químicas del diésel empleado para la generación de energía eléctrica tales como en el tanque de almacenamiento (T-102), tanque de servicio (T-105), tanque de lodos de la purificadora; el nivel de residuo y de qué manera estos niveles de residuo afectarían en el proceso.

1.3 Formulación del problema

La ausencia de un análisis del proceso de purificación de diésel mediante la herramienta VSM (Value Stream Mapping) no ha permitido optimizar el proceso de purificación y a su vez mejorar la eficiencia del combustible para la generación de energía eléctrica, desconociendo en su totalidad el contenido de agua que se encuentra presente en los residuos almacenados; así como el grado de inflamación y viscosidad cinemática, evidenciándose en los niveles de residuos que se almacenan en el tanque de lodos.

1.4 Pregunta de investigación

¿De qué manera el empleo de la herramienta VSM (Value Stream Mapping) me permite analizar el proceso de purificación de diésel (DO) y cómo incide en los residuos almacenados en el tanque?

1.5 Determinación del tema

Análisis del proceso de purificación de diésel (DO) empleado en una planta de generación térmica mediante la herramienta VSM (Value Stream Mapping)

1.6 Objetivo general

Analizar el proceso de purificación de diésel (DO) mediante herramienta VSM para reutilizar el diésel residual que se almacenan en el tanque de residuos.

1.7 Objetivos específicos

- Esquematizar aplicando la herramienta VSM la situación actual del proceso de purificación de diésel para determinar sus puntos críticos.
- Proponer mediante la herramienta VSM un diagrama de proceso mejorado que permita la reutilización de los residuos provenientes del proceso de purificación.
- Determinar experimentalmente las características físico-químicas del diésel residual para evaluar su potencial uso en la planta generadora.

1.8 Hipótesis

Aplicando la herramienta VSM es posible proponer modificaciones al proceso de purificación que permitan reutilizar el diésel residual.

1.9 Declaración de las variables (operacionalización)

Variable Independiente:

Uso de la herramienta VSM

- Descripción: Permite tener una idea más amplia respecto al análisis de la situación actual de un proceso o servicio y así poder demostrar un estado futuro más eficiente. Este proceso es eficiente para visualizar cómo se manejan las operaciones o actividades, permitiendo descubrir qué áreas o procesos requieren de una mejora optimizando ciertos recursos del mismo.
- Dimensión: Análisis del proceso actual mediante mapeo de Flujo de Valor actual y mejorado.
- Indicador: Tiempo de aplicación de la herramienta.

Variable Dependiente:

Reutilización del diésel residual

- Descripción: Residuos generados del DO que se encuentran almacenados en el tanque de lodos para analizar sus propiedades y poder ser reutilizado en el proceso.
- Dimensión: Volumen de residuos de DO
- Indicador: Contenido de agua, contenido de agua y sedimentos, punto de inflamación, viscosidad cinemática a 40°C, densidad a 15°C, densidad relativa 60/60°F y gravedad API.

1.10 Justificación

El desarrollo de la presente investigación tiene la finalidad de proponer un proceso óptimo para reducir costos, a su vez analizando las propiedades físico-químicas se procura obtener un diésel con mejores características ayudando al rendimiento de ciertas maquinarias y equipos auxiliares como es el caso del generador eléctrico. Teniendo en cuenta que hoy en día las emisiones de los gases que se generan por el uso de este combustible fósil causan un impacto ambiental negativo, al mejorar el proceso por medio de la recuperación de este residuo se reduce en gran parte la contaminación del suelo, aire y agua, haciendo que este residuo sea más amigable con el ambiente. Además, al lograr que este proyecto sea factible en su totalidad se aplicarían posibles alternativas que puedan ser ejecutadas e incorporadas dentro de la misma infraestructura tomando en cuenta que resultaría más provechoso para la planta de generación la recuperación de estos residuos, optimizando recursos tanto de materia prima como monetarios; todo esto conlleva al desarrollo de mejoras en el proceso de purificación y su incidencia con los residuos que se generan lo que justifica la importancia de esta investigación.

1.11 Alcance y limitaciones

En la investigación se procura realizar un análisis desde el punto de vista teórico respaldado mediante pruebas de laboratorio desde el proceso de purificación del diésel hasta el área de almacenamiento del tanque de residuos, en donde se tomaron

las muestras para ser llevadas a un laboratorio y obtener las características físicas-químicas del diésel.

Debido al tiempo estimado para el análisis, desarrollo del proyecto y los permisos concedidos por la empresa siendo esta de carácter público nos limitamos a indagar de manera más profunda en el tema propuesto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 Antecedentes

2.1.1. Antecedentes históricos

El director otorga la autorización al gerente general en el año 2010, el procedimiento correspondiente para la contratación en el suministro e instalación de centrales térmicas contando con una potencia efectiva de 190MW para ser incluido al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador.

En el año 2011, se declara en emergencia la incorporación de generación eléctrica al Sistema Nacional Interconectado del Ecuador, luego del proceso oportuno, el 24 de marzo del 2011, adjudicó al oferente ENGEVIX ENGENHARIA, el contrato en la ciudad de “Santa Elena”, para el suministro, transporte, montaje, pruebas y puesta en operación comercial de la central de generación de una potencia efectiva total en el punto de interconexión con el Sistema Nacional Interconectado de 40 MW, incluidos los auxiliares y obras el 24 de marzo del 2011.

Luego, dentro del mismo año el directorio de la Corporación Eléctrica del Ecuador CELEC EP, dispone a la Gerencia General incorporar todas las acciones y medidas necesarias para que se garantice la incorporación de generación térmica al Sistema Nacional Interconectado para el periodo octubre 2011 a marzo 2012, de conformidad con el informe presentado por el CENACE sobre las reservas energéticas del Sistema Nacional Interconectado, correspondiente al período enero 2011 hasta marzo 2012. Por tal motivo, se autoriza bajo la responsabilidad de la máxima autoridad administrativa de CELEC EP, se ejecute los procesos que sean necesarios para el desarrollo y cumplimiento de tal fin.”

A través de un acta de entrega firmada por los representantes de CELEC EP y ENGEVIX ENGENHARIA S.A, el 16 de junio del 2011 se llevó a cabo la entrega de los terrenos de CELEC EP ubicados en el en el km 4 ½ de la vía Santa Elena-Ancón,

contigua a la subestación ubicada en el cantón Santa Elena de la provincia de Santa Elena.

La central de generación de energía eléctrica objeto de investigación cuenta con tres unidades de combustión interna de cuatro tiempos, ciclo diésel, turbo alimentadas; que utilizan como combustible de operación el Fuel Oil (debido a la cercanía de la Refinería ubicada en Libertad de PETROCOMERCIAL y el consumo de la Central Santa Elena Hyundai) y para el arranque al igual que la parada de las unidades se utiliza el diésel ; las mismas que están acopladas a tres generadores de 13800 V y 13,9 MW de capacidad.

La empresa CELEC EP Electroguayas concibió como una ampliación de la central HYUNDAI de 90 MW y está conformada por una casa de máquinas, con sala de control, talleres eléctricos y mecánico, puente grúa con capacidad de 35 toneladas.

Estos grupos de unidades de generadores se encuentran acoplados mediante un MANIFOLD y tuberías de gases de escape a dos calderos recuperadores de calor que calientan el aceite térmico, el mismo que es empleado para mantener el fuel oil a temperatura óptima para la operación respectiva.

La Central ubicada en Santa Elena se encuentra actualmente integrada por dos plantas:

Santa Elena II, la cual empezó a operar comercialmente el 4 de marzo de 2011 tiene una potencia efectiva de 90 MW.

Santa Elena III, que ingresó en operación el 22 de junio de 2012, contando una potencia efectiva de 40 MW equipada de tres motores de combustión interna marca CARTERPILLAR.

2.1.2. Antecedentes referenciales

Mediante una amplia revisión bibliográfica se ha cuestionado algunos temas que tienen mayor relevancia y ha permitido orientar al desarrollo de posibles soluciones en el presente trabajo investigativo en la que se destaca el tema de la caracterización del diésel N°2 el cual se lo emplea en las plantas de generación térmica, también

varios autores citan trabajos en los que han indagado en la recuperación de combustibles fósiles dentro de centrales térmicas, así mismo el uso de la parte experimental como un enfoque más amplio en la determinación de combustibles que contiene diésel y biodiésel pero con la misma metodología llevada a cabo en las demás investigaciones. Teniendo en cuenta estos aspectos se ha citado a varios autores que han presentado una amplia literatura y que han tenido una trayectoria investigativa con alto nivel de significancia, al igual que se consideran trabajos con mayor interés relacionados al tema de investigación. Según Romano y Sorichetti [1] en una investigación en donde caracterizan al biodiesel emplearon las normas ASTM usando muestra del biodiesel sin lavar y luego del obtenido del primer y segundo lavado; llevando a cabo la utilización de técnicas físico-químicas y eléctricas en donde se midió la viscosidad y densidad respectivamente, dichas muestras se las empleo agregando al biodiesel el mismo volumen de agua, dando resultados favorables para dicha investigación; en la que permite analizar que esta misma metodología de la parte experimental ha dado muy buenos resultados para el desarrollo de temas relacionado a la mejora de combustibles fósiles. Se puede decir que no solo se hacen uso de las normas ASTM para análisis físicos-químicos, sino que también se puede hacer uso de otros procedimientos de referencias dada por varias organizaciones como las ISO y el IP tal como lo menciona Fernández, Dago y Linchenat [2]; ya que estos métodos quimiométricos han tenido gran aplicación en la industria de refinación del petróleo, permitiendo dar una orientación dentro de la parte metodológica al hacer uso de uno de estos métodos para llegar a las debidas conclusiones.

En otra investigación relacionada a la recuperación de combustible fósil como lo detalla Alcocer, Pincay, Murillo y Miranda como se cita en [3], realizaron pruebas de laboratorio en la que se evidencia que el combustible recuperado mejoró en cuanto a su grado de inflamación y en el contenido de agua que presenta dentro del mismo, permitiendo resaltar que para llegar a estos resultados hicieron toma de muestras en los diferentes tanques dentro del proceso de purificación el cual se asemeja al proceso que mantiene actualmente la planta de generación en la ciudad de Santa Elena; tomando en cuenta este punto se puede decir que el enfoque metodológico

empleado en este trabajo va a permitir obtener resultados óptimos en cuanto a la mejora de este combustible diésel.

Existe otro enfoque citado por Bazán [4] en el que emplea un análisis en componentes principales del diésel realizado en Costa Rica mediante un estudio de cinco años, donde progresivamente se ha analizado como ha mejorado el diésel en cada uno de los años usando tablas de datos comparativas, demostrando que la concentración de azufre es la variable que más influye en el comportamiento del diésel, así mismo su temperatura de destilación permitiendo evidenciar una mejora en la calidad de este combustible, a pesar de que no todos estos componentes se pueden evidenciar dentro de un análisis físico-químico, permite demostrar que al hacer uso de pruebas experimentales se puede tener conclusiones concretas y veraces. Hay que destacar que toda mejora dentro de un proceso conlleva a costos en donde se deben demostrar que tan beneficioso será para la empresa mejorar e innovar dichos procesos como lo menciona Arrieta [5] en su trabajo de investigación enfocado a un análisis de costo para el mejoramiento del diésel en Colombia, el cual se evidencia que existen muchas opciones para mejorar la calidad de este combustible pero la más opcionada es aplicando hidrotreatmento, tratando disminuir el alto contenido de azufre presente en el diésel, también se puede considerar que al mejorar ciertos componentes del combustible sometido a análisis se pueden proponer alternativas de mejoras en las que se añadan una actividad extra al proceso que se pretende mejorar siempre y cuando se proyecte una visión reflejada en un análisis económico para verificar que tan provechoso sería efectuar estos cambios dentro de dicho proceso.

2.2 Contenido teórico que fundamenta la investigación

2.2.1. Generación eléctrica

Dentro de los términos generales se la puede definir como la electricidad generada a partir de combustibles fósiles, centrales nucleares, centrales hidroeléctricas (excluido el almacenamiento por bombeo), sistemas geotérmicos, paneles solares, biocombustibles, eólica, etc. Incluyendo generalmente la electricidad producida en plantas eléctricas y en calefacción, a su vez las plantas de energía. Los productores de actividad principal generan electricidad para la venta a terceros como su actividad principal. Los auto productores generan electricidad total o parcialmente para su

propio uso como actividad de apoyo a su actividad principal. Ambos tipos de plantas pueden ser de propiedad privada o pública. Este indicador se mide en gigavatios hora y en porcentaje de la generación total de energía. [6]

Dentro de las categorías que se emplean para la generación y distribución eléctrica se encuentran los combustibles fósiles como el carbón, gas natural y petróleo, la energía nuclear y las fuentes de energía renovables. Gran parte de la electricidad se genera con las turbinas de vapor, el cual emplean combustibles fósiles, energía nuclear, de biomasa, geotérmica y solar térmica. Otras tecnologías importantes de generación de electricidad incluyen turbinas de gas, turbinas hidráulicas, turbinas eólicas y energía solar fotovoltaica. [6]

2.2.2. Plantas térmicas

Las plantas térmicas sin fábricas de energía eléctrica a partir de carbón, el cual son derivados del petróleo, Éstas a su vez constan de una caldera que lleva el agua a temperatura de ebullición, moviendo la turbina y generando electricidad. [7]

Las plantas térmicas dependen directamente del calor para generar electricidad ya que dentro del proceso de generación es indispensable calentar una caldera para transformar un combustible de alimentación en vapor y así mover el rotor de la máquina para generar energía. [8]

2.2.3. Purificación del diésel

Dentro de las plantas de tratamiento de combustible se cuenta con purificadoras de diésel y bunker, teniendo como objetivo eliminar el agua y las impurezas con las que viene el combustible para evitar posibles daños en los diferentes transportes del mismo y a su vez preservar a los motores. [9]

Para lograr la calidad del combustible utilizado en la generación de energía eléctrica, es necesario someter al combustible en este caso el diésel empleado para la generación de energía a un proceso de purificación, con el objetivo de eliminar las impurezas mecánicas, el agua y partículas mediante el proceso de centrifugación. En este proceso se genera un residual líquido (aguas oleosas) producto de los lavados que se realizan con agua a presión, para eliminar las impurezas que se encuentran

en el interior de la centrifuga, al terminar dicho proceso. Estas aguas tienen un alto contenido de grasas, aceites e hidrocarburos siendo consideradas según la legislación vigente como "residuos tóxicos y peligrosos", que deben ser tratados de forma adecuada y segura para evitar posibles daños al suelo, a las aguas superficiales y subterráneas y a la población en general, en caso de derrames. [10]

2.2.4. Diésel

El combustible de tipo diésel es considerado como un líquido de color blancuzco o verdoso, con una densidad que oscila sobre 850 kg/m³ (0,850 g/cm³), cuya composición se encuentra formada por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción. Con un poder calorífico de 8.800 kcal/kg. El diésel por lo general al momento de ser refinado es más simple que la gasolina y su costo en el mercado suele ser menor. Contiene aproximadamente 18% más de energía por unidad de volumen que la gasolina, lo cual, junto con la mayor eficacia de los motores diésel, contribuye a un ahorro de combustible. [11]

Se obtiene mediante diferentes procesos de refinación del petróleo, tal cual es la destilación atmosférica, trabajando en motores tipo diésel de trabajo medio y pesado, para genera energía mecánica y eléctrica. [12]

2.2.5. Tipos de diésel que se comercializan en el Ecuador

Según los términos del estándar americano (ASTM -D975) el diésel se clasifica en 7 grados: No.1-D S15, No.1-D S500, No.1-D S5000, No. 2-D S15, No. 2- D S500, No. 2-D S5000 y No.4-D. El diésel No.1-D es empleado en motores que manejan alta velocidad con cargas variables y cuando se trabaja a temperatura baja. El diésel de grado 2-D presenta una volatilidad inferior a la del 1-D, y es usado en motores con cagas elevadas y velocidades uniformes, que necesitan de una baja proporción de sulfuros. Por último, el diésel de grado 4-D se emplea en motores que sostienen cargas a baja o media velocidad constante. [13]

En el Ecuador se comercializan diversos tipos de diésel los cuales se clasifican de la siguiente manera:

Diésel No 1: Este tipo de diésel sirve para utilizarlo en motores de combustión externa ya sea para uso de la industria o como también uso doméstico por lo cual este tiene un índice bajo de cetano, por este motivo no se comercializa mucho en el país, al tener un bajo cetanaje la ignición es baja y no trabajaría bien en un motor diésel. [14]

Diésel No 2: Es un combustible utilizado para uso industrial y para motores de combustión interna que no necesitan de bujía para ignición, a simple vista cuando se lo observa debe estar limpio y no presentar agua o algún otro material que modifique su apariencia física. [15]

El diésel número 2 en el Ecuador cumple requisitos distintos, esta no es usada para los vehículos automotores, por el alto contenido de azufre, este combustible solo es usado en la industria como pesquero, eléctrico y naviero. [14]

Diésel Premium: Según Araujo como se cita en [14] el diésel premium es el que se comercializa en el país como, se lo puede encontrar en las estaciones de servicio despachadoras de combustible de todas las ciudades, por lo cual su costo es más elevado que el diésel No2.

El diésel premium se diferencia de los demás por tener un cetanaje elevado, el cual al momento de trabajar en el motor Diésel tiene una mejor ignición y trabaja mucho mejor a diferencia del diésel número 1 y número 2. [14]

2.2.6. Calidad del diésel

Según la norma ASTM que regula las especificaciones estándar para combustibles diésel, para valorar su calidad se mide ciertos componentes en las que se analiza si el diésel cumple con las especificaciones sugeridas por la norma para ser introducido al proceso, algunos de estos componentes o propiedades son punto de inflamación, punto de neblina, cantidad de agua y sedimentos, residuos de carbono, cenizas, curva de destilación, viscosidad, contenido de azufre, aromaticidad, número de cetano, índice de cetano, lubricidad, y conductividad. [16]

2.2.7. Características físico-químicas del diésel

Las características físicas-químicas del diésel son:

Punto de inflamación: El método de ensayo consiste en aproximadamente 70 ml de la muestra colocarlos en la copa de prueba. La temperatura de la muestra aumenta rápidamente al principio y luego a una velocidad constante más lenta mientras el punto de inflamación se acerca; durante este tiempo a intervalos específicos, se pasa una llama de prueba a través de la taza. El punto de inflamación es la temperatura más baja del líquido a la cual la aplicación de la llama de prueba causa que los vapores de la muestra de prueba se enciendan. [17]

Agua y sedimento: el contenido de agua y sedimentos de los combustibles es significativo porque puede causar corrosión de los equipos y problemas en el tratamiento, por lo tanto, el contenido de agua y sedimentos debe ser conocido y medido con precisión los volúmenes netos dentro del combustible. [17]

Según la norma ASTM, el porcentaje de agua y sedimentos permitidos es de 0.05%, toda cantidad superior a este porcentaje es considerada como contaminación de agua dentro del combustible. [18]

Contenido de agua: De acuerdo al estándar mencionado se obtiene el porcentaje de agua dentro de la muestra de biodiesel usando destilación, su 26 procedimiento consiste en calentar el material a ensayar a reflujo con un disolvente en agua que co-destila con el agua en la muestra, de tal manera que el disolvente condensado y el agua se separan continuamente, hasta que el agua se asienta en una sección graduada. [17]

Viscosidad cinemática a 40°C: Es una de las características más importantes y se la puede definir como la oposición de un líquido a fluir debido al razonamiento interno d sus propias moléculas. [19]

De acuerdo al estándar mencionado se obtiene la viscosidad cinemática al medir el tiempo que toma para un volumen fijo de líquido que pasa por efecto de la gravedad a través de un capilar calibrado de viscosímetro de conducción reproducible, controlada y conocida, de tal manera que la viscosidad será producto del tiempo del flujo medido y la calibración del viscosímetro. [17]

Gravedad API: Es un factor que determina la calidad del diésel, siendo una característica con propiedad incierta de su calidad, al menos que sea correlacionada con otras características. [20]

Cenizas sulfatadas: El conocer la cantidad de material de formación de ceniza presente en la muestra proporciona información sobre si el producto es adecuado para su uso en una aplicación determinada. Las cenizas pueden ser el resultado de compuestos metálicos solubles en agua o aceite o de materiales extraños sólidos como suciedad y óxido. [17]

Contenido de azufre: El método consiste en colocar la muestra en el haz emitido por una fuente de rayos X. La radiación de la característica excitada resultante X se mide y el recuento acumulado se compara con los recuentos de las muestras de calibración preparadas previamente para obtener la concentración de azufre en masa. Se requieren dos grupos de muestras de calibración, rango de concentración 0.015 a 5 azufre en masa % y 0.015 a 0.1% y 0.1 a 5.0%. [17]

Punto de nube: De acuerdo al estándar mencionado la prueba se realiza al enfriar la muestra a una velocidad especificada y examinar periódicamente la temperatura a la cual se observa una nube por primera vez en la parte inferior de la jarra de prueba, esta temperatura se registra como el punto de nube. Para productos derivados del petróleo y combustibles biodiesel, el punto de nube de un producto derivado del petróleo es un índice de la temperatura más baja de su utilidad para ciertas aplicaciones. [17]

Corrosión lámina de cobre: Su procedimiento consiste en una tira de cobre sumergirla en un volumen específico de la muestra, calentarla en condiciones específicas tanto de tiempo como temperatura, finalmente se lava y se evalúa el nivel de color y empañamiento o deslustre contra el Estándar de Corrosión de Tiras de Cobre ASTM. [17]

Número de cetano: El número de cetano guarda relación con el tiempo que transcurre entre la inyección del carburante y el comienzo de su combustión. Una combustión de calidad ocurre cuando se produce una ignición rápida seguida de un

quemado total y uniforme del carburante; cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. [17]

Temperatura de inflamabilidad: Este indicador representa la temperatura más baja en la que los vapores de cierto combustible se inflaman cuando se ponen en contacto con alguna fuente de fuego, el cual han sido sometidas a presión ambiente. Es importante por razones de seguridad para el transporte y almacenamiento de combustibles. El diésel tiene un punto de inflamación de aproximadamente 55–65 °C. [21]

2.2.8. Propiedades del diésel

En los productos derivados del petróleo se obtiene el diésel, en el Ecuador el diésel tiene que regirse a sistemas de normalización regidos por el INEN (Instituto Ecuatoriano de Normalización).

El Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) menciona en el objetivo general que esta norma establece los requisitos que debe cumplir el combustible diésel que se comercializa en el país. [22]

Se puede señalar que el diésel que sale del crudo y que se encuentra en los hornos tiene una cantidad de 9000 ppm de azufre, y al no ser un combustible tan pesado es trasladado directamente a la estación de desulfuración de diésel HDS, posterior a esto es necesario que se lo analice su funcionamiento y se elimina el azufre del diésel. [23]

El crudo ecuatoriano es pesado, por su estructura molecular y niveles altos de azufre que perjudican su refinación, por lo tanto, los vehículos que utilizan este diésel de baja calidad no prometen una extensa vida útil del motor, aunque en el Ecuador el diésel sea de baja calidad existe un factor político económico que altera su precio reduciéndolo así por un subsidio del estado, es decir el estado lo vende más barato al consumidor ecuatoriano. [23]

Según Ortiz como se cita en [23] el diésel en el Ecuador presenta las siguientes propiedades:

El cetanaje: Este indicador corresponde al porcentaje de cetano (hexadecano), en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante (hidrocarburo) sometido a prueba. El número o índice de cetano tiene relación con el tiempo que transcurre desde la inyección del carburante y el inicio correspondiente a su combustión. Se puede decir que una combustión de calidad se da cuando se produce una ignición con mayor rapidez seguida de un quemado total y uniforme del carburante. Al tener un número de cetano mayor, por lo consiguiente menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. [23]

Volatilidad: En este indicador es considerado el punto inicial de destilación de la fracción gasóleo el cual está entre 160 a 190°C, mientras que el punto final máximo es de 370°C. El residuo de la destilación va unido ligeramente a las colas de destilación, que están formadas por los componentes de la fracción con más átomos de carbono. Son los que tienen mayor punto de ebullición y de mayor masa molecular. [23]

Azufre: El azufre se encuentra naturalmente en el petróleo, al no ser eliminado completamente dentro del proceso de refinación, causará daños relacionado a la contaminación del combustible. La reducción del límite de azufre en el diésel a 0.05 % es una tendencia mundial. La relación del contenido de azufre en el diésel con las emisiones de partículas y el SO₂ está claramente establecida. Para poder cumplir con los requerimientos de niveles bajos de azufre, es necesario construir capacidades adicionales de desulfuración. Así como las unidades de desintegración catalítica (FCC), son primordiales para la producción de gasolina, la hidro desintegración que es fundamental para la producción de diésel. En ambos procesos la cuestión se enfoca en la selección de la materia prima. [23]

Densidad y Viscosidad: La inyección de diésel en el motor, está controlada por volumen o por tiempo de la válvula de solenoide. Las variaciones en la densidad y viscosidad del combustible resultan en variaciones en la potencia del motor, emisiones y consumo. La densidad influye tanto en el tiempo de inyección de los equipos ya sean mecánicamente controladas como bombas, inyectores, etc. [23]

Aromáticos: Los aromáticos son moléculas del combustible que contienen al menos un anillo de benceno. El contenido de aromáticos afecta la combustión y la formación

de PMOs (emisiones de partículas contaminantes) y de las emisiones de hidrocarburos poli aromáticos. El contenido de aromáticos influye en la temperatura de la flama y, por lo tanto, en las emisiones de Nox (óxido de nitrógeno) durante la combustión. [23]

Lubricidad: Las bombas de diésel, a falta de un sistema de lubricación externa, dependen de las propiedades lubricantes del diésel para asegurar una operación apropiada. Se piensa que los componentes lubricantes del diésel son los hidrocarburos más pesados. Los procesos de refinación para remover el azufre del diésel tienden a reducir los componentes del combustible que proveen de lubricidad natural. A medida que se reducen los niveles de azufre, el riesgo de una lubricidad inadecuada aumenta. [23]

Emisiones contaminantes: Los contaminantes que producen los motores reconocidos por la legislación son CO, HC, NOx, humos y partículas. Para poder analizar la producción de contaminantes es necesario conocer los mecanismos de formación. Debido a que su principio de funcionamiento es distinto en los MEP (motor de encendido provocado) y en los MEC (motor de encendido por compresión), los contaminantes producidos también son distintos. [23]

2.2.9. Normas ASTM para el Método de prueba del diésel

Las normas que se emplean para caracterizar al diésel son las siguientes mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Normas empleadas para caracterizar al diésel (DO)

| Norma | Método | Significado | Uso |
|--------------------|---|---|--|
| ASTM D92-18 | Prueba estándar para puntos de destello y fuego por Cleveland Open Cup Tester | Es una medida de la tendencia de muestra para ensayo a formar una mezcla inflamable con aire en condiciones controladas de laboratorio. | Se empleará para medir y describir las propiedades de materiales, productos o conjuntos en respuesta al calor y a una llama de ensayo en condiciones de laboratorio controladas y no se utilizará para describir o evaluar el peligro de incendio. |

| | | | |
|--------------------------------|--|--|--|
| ASTM D445-19 | Método de ensayo estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (cálculo de la viscosidad dinámica) | Muchos productos derivados del petróleo, y algunos materiales no derivados del petróleo, se utilizan como lubricantes, y el funcionamiento correcto del equipo depende de la viscosidad adecuada del líquido que se utiliza. | Es importante para la estimación de las condiciones óptimas de almacenamiento, manipulación y operación. El rango de viscosidades cinemáticas cubiertas por este método de ensayo es de 0,2 mm ² /s hasta 300 000 mm ² /s a todas las temperaturas. |
| ASTM D1533-12 | Método de ensayo para agua en líquidos aislantes mediante valoración coulométrica Karl Fischer | Se puede deducir que al tener mayor contenido de agua, éste líquido no es adecuado para algunas aplicaciones eléctricas debido al deterioro de ciertas propiedades. | Es empleada para muestras de ensayo que se encuentran debajo del 100 % de saturación relativa de agua en aceite. El método de prueba coulométrica es conocido por su alto grado de sensibilidad (típicamente 10 µg H ₂ O). |
| ASTM D1796-11(2016) | Método de ensayo estándar para agua y sedimentos en fuelóleos por el método de centrifuga (procedimiento de laboratorio) | Al tener un contenido de agua alto dentro del combustible por muy significativo que sea puede causar corrosión del equipo y problemas en el procesamiento. | Deduce de una manera más detallada el contenido del agua y los sedimentos en fuelóleos comprendidos entre el 0 % y el 30 % de volumen a través del proceso de centrifugación. |

2.2.10. Filosofía Lean Manufacturing

La metodología Lean Manufacturing ha sido una herramienta con mayor aplicación denominada como un sistema integrado socio-tecnológico de mejora de procesos, teniendo como objetivo principal eliminar desperdicios o actividades que no agregan

ningún valor al cliente. Al eliminar desperdicios la calidad aumenta mientras que los tiempos y costos de producción disminuyen en poco tiempo. [24]

La filosofía Lean Manufacturing ha sido la base para identificar y entregar propuestas de mejoras utilizando como bases técnicas el uso de Diagrama de Flujo de Valor(VSM) y los Diagramas de Ishikawa, las herramientas determinantes para la identificación y descripción de mudas en el proceso productivo, mediante los cuales se ha podido poner en evidencia los principales desperdicios de los procesos, pudiendo ofrecer una mejora que dé cuenta de un nuevo proceso más limpio y eficiente. [25]

2.2.11. Value Stream Mapping (VSM)

El mapeo de la cadena de valor denominada con sus siglas VSM es definida como una herramienta que permite interpretar mediante la ilustración gráfica el estado actual y futuro de un sistema de producción o servicio, teniendo como fin que los usuarios se visionen a un mejor entendimiento de las actividades que necesitan ser eliminadas. El uso de esta herramienta alinea y distingue el verdadero valor del producto o servicio como ninguna otra herramienta puede ejecutarla. El punto fuerte de esta herramienta es su utilidad y su simplicidad. [26]

Para tener un mejor resultado en la aplicación de la filosofía Lean Manufacturing, ésta debe comenzar por una identificación necesaria de su situación existente mediante el análisis de materiales e información. De esta forma, una vez se tengan los flujos, se podrá realizar un estudio para evaluar los distintos desperdicios existentes y disminuirlos o eliminarlos si es posible. El uso de la herramienta VSM dentro de la metodología Lean, es hoy en día una de las principales técnicas empleadas debido a su elevada funcionalidad dentro de cualquier empresa que desee añadirle valor a sus productos o servicios. El VSM compara el estado actual y el estado futuro del flujo de valor del producto, lo que permite reducir los desperdicios en el proceso, enfocándose en las áreas que le agregan valor al producto, definiéndola como aquellas acciones requeridas para la transformación de los elementos utilizados en la fabricación de un producto inicial en producto o servicio final. Una vez reconocida toda la información pertinente, el VSM permite ilustrar de manera gráfica dicha cadena de valor mediante un proceso estandarizado. En pocas palabras se puede decir que, el VSM es un

diagrama de todas las actividades necesarias en la actualidad para mover un producto u operación a través de los principales flujos esenciales para cada uno de ellos. [27]

CAPÍTULO III

DISEÑO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

En función del propósito esta investigación es aplicada debido a que se pretende buscar una mejora dentro del proceso que mantiene actualmente la planta de generación térmica con lo que respecta al proceso de purificación, logrando así proponer una alternativa que conlleve a la mejora del mismo.

Según la naturaleza de los datos empleados esta investigación tiene carácter cuantitativo, ya que nos estamos basando en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición, consiguiendo resultados generalizables.

En función de los medios para obtener datos es de laboratorio, recurriendo a métodos hipotéticos-deductivos y a métodos cuantitativos, obteniendo resultados en cuanto a las características físicas-químicas del diesel, buscando un control absoluto de las variables independientes y así poder dar validez a lo expuesto dentro de la investigación.

Debido al grado de manipulación de las variables esta investigación es de tipo experimental, debido a que al proceso de purificación le estamos incorporando un cambio y en función del mismo ya que se está manipulando ciertas variables y en base a esta misma manipulación vamos a determinar qué resultados se obtienen con respecto al proceso antes mencionado; permitiéndonos establecer una o varias hipótesis y contrastarla a través del método científico.

3.1.2. Diseño de la investigación

En la presente investigación se pretende analizar el proceso de purificación de diésel mediante la herramienta VSM, identificando el proceso que requiere de mejora, contribuyendo a disminuir el consumo excesivo de este combustible por parte de operación y mantenimiento en las diversas actividades como remoción de búnker en piezas y parte mecánicas, además se reducirá las emisiones de CO₂ en la extracción de este combustible fósil a partir del petróleo lo que permite ser amigable con el ambiente. Al analizar el proceso de purificación de diésel se determina si este recurso puede ser recuperado reduciendo excesivas cantidades de residuos de diésel en el proceso de purificación y proponiendo estrategias de mejora. Mediante las pruebas que se realizan en laboratorio se procura obtener deducciones óptimas en cuanto al grado de inflamación de este residuo, analizando si este residuo posee mejores propiedades y características físicas-químicas que el diesel comun que se emplea en las maquinas y equipos.

La presente investigación consta de cuatro etapas :

Primera etapa: Diagnóstico

Se procede a realizar un análisis en el proceso de purificación que actualmente mantiene la Planta de generación mediante el empleo de la herramienta VSM el cual ha permitido visualizar e interpretar el estado actual del proceso antes mencionado y con ella podemos realizar un diagrama de proceso en donde se detallan cada una de sus actividades llevadas a cabo para la generación de energía, luego se obtiene el diagnóstico en base a las muestras tomadas en el tanque 102 (almacenamiento), 103 (sin sedimentar), 103 (sedimentado) y 105 (de servicio); en donde se toma en cuenta la caracterización de los siguientes elementos:

- Contenido de agua
- Contenido de agua y sedimentos
- Punto de inflamación
- Viscosidad cinemática a 40°C
- Densidad a 15°C
- Densidad relativa 60/60°F

- Gravedad API

Segunda etapa: Identificación de los puntos críticos del proceso de purificación.

Mediante el uso de la herramienta VSM hemos podido identificar el punto crítico en el proceso de generación, basándonos en la experiencia y en ciertas falencias que se han venido suscitando dentro del mismo. Viéndose reflejado en la herramienta VSM se visualiza que una vez ingresado el tanquero con el combustible en este caso diésel al cumplir con las especificaciones este permanece en un tanque de almacenamiento el cual se lo etiqueta con T-102 , desde aquí empieza el análisis basado en lo teórico y experimental donde al ser impulsado por una bomba es trasladado a las purificadoras para ser sometidos a dicho proceso de purificación; una vez purificado si no cumple con las especificaciones o los estándares requeridos dentro del proceso es llevado a un tanque de almacenamiento de residuos sin ser sedimentado pero si cumple con las especificaciones es trasladado al tanque de servicio 105. El punto crítico del proceso se centra en el proceso de purificación ya que al no ser sometido a ningún otro proceso esos residuos que no cumplen con las especificaciones son trasladados a otra ciudad sin darles ningún tratamiento, ocasionado mayor consumo de esta materia prima y a su vez gastos para la misma planta.

Tercera etapa: Definir acciones de mejora (Propuesta)

Se pone en ejecución la propuesta enfocada en mejorar el proceso de purificación, la cual sería aplicando un proceso de sedimentación; es decir si nosotros hacemos un sedimentado con este proceso vamos a mejorar las características físicas-químicas del diésel.

La etapa del sedimentado consiste en:

Tomar el residuo del diésel sin sedimentar en el tanque T-103 ,mediante una bomba impulsarla hacia el tanque sedimentador, dejándolo por un lapso de 8 días, ya que basado en la experiencia se recomienda que entre más tiempo se deje sedimentar dicho residuo mejores características físicas-químicas obtendríamos de aquello.

Después se procede a tomar la muestra para ser llevada a laboratorio y analizar cada uno de los elementos que caracterizan el residuo DO recuperado.

Una vez obtenido los resultados de los análisis con las especificaciones que se requieren para ser reutilizado este residuo se procede a impulsar mediante otra bomba a un tanque de almacenamiento para ser utilizado en un generador eléctrico auxiliar y a vez ser incorporado al proceso de generación eléctrica.

El residuo acumulado en el sedimentador es impulsado mediante una bomba al tanque de lodos T-601.

Cuarta etapa: Análisis comparativo

En esta etapa se realizan comparaciones en base al VSM actual que ha venido utilizando la Planta de generación con el VSM propuesto ,considerando los resultados que se obtuvieron de las muestras tomadas en los tanques de almacenamiento T-102, tanque de residuos sin sedimentar de DO T-103, tanque de residuos sedimentado de DO T-103,tanque de servicio T-105 y concluir si mejoraron sus características físicas-químicas para tener validez en lo propuesto.

3.2. Los métodos y las técnicas

3.2.1. Métodos de investigación

Para la ejecución del proyecto de investigación se tomaron muestras en el tanque 102 (almacenamiento), 103 (sin sedimentar), 103 (sedimentado) y 105 (de servicio), las cuales fueron llevadas a un laboratorio permitiendo determinar las características físicas-químicas de las respectivas muestras y dichos resultados obtenidos han sido sometido a analisis.

Para la caracterización de cada una de las variables de estudio se aplicaron los siguientes métodos con sus respectivas normas mencionadas en la Tabla 2 mostrada a continuación:

Tabla 2. Caracterización de cada variable y su respectivo método

| Caracterización de la variable | Metodo empleado | Norma |
|---------------------------------------|--|----------------------------|
| Contenido de agua | Método de ensayo estándar para agua en líquidos aislantes mediante valoración coulométrica Karl Fischer | ASTM D1533-12 |
| Contenido de agua y sedimentos | Método de ensayo estándar para agua y sedimentos en fuelóleos por el método de centrifuga (procedimiento de laboratorio) | ASTM D1796-11(2016) |
| Punto de inflamación | Método de prueba estándar para puntos de destello y fuego por Cleveland Open Cup Tester | ASTM D92-18 |
| Viscosidad cinemática a 40°C | Método de ensayo estándar para la viscosidad cinemática de líquidos transparentes y opacos (y cálculo de la viscosidad dinámica) | ASTM D445-19 |
| Densidad a 15°C | Método De Prueba Estándar Para Densidad, Densidad Relativa Y Gravedad API De Líquidos Mediante Densímetro Digital | ASTM D4052-18 ^a |
| Densidad relativa 60/60°F | | |
| Gravedad API | | |

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

1.1. Análisis de la situación actual (Diagnóstico)

Aplicando la herramienta VSM se procede a realizar un mapa de flujo de valor en donde se analiza todo el proceso desde el ingreso del combustible hasta la salida del servicio que en este caso es la generación de energía.

Al ingresar el tanquero se receipta el combustible, siendo sometido a una inspección de calidad en donde se toma en consideración si el combustible cumple con las cantidades correctas solicitadas mediante sondeo, caso contrario pasa a ser devuelto al proveedor. Una vez cumplido los requerimientos se realiza un control de calidad en donde se toman en consideración algunas de las propiedades del combustible para ser ingresado al proceso de generación; al ser aprobado este control se lo almacena en un tanque denominado T-102, el cual es impulsado por bombas de alimentación y es trasladado a las purificadoras. Una vez purificado surge la novedad que se almacena residuos en grandes cantidades debido a que gran parte del combustible no es purificado en su totalidad, este combustible diésel es almacenado en un tanque de residuos sin sedimentar cuya denominación es T-103 y la otra parte que fue purificado cumpliendo con los requerimientos de purificación es traslado a un tanque de servicio T-105, el cual es impulsado por bombas Supply de diésel para cada uno de los grupos generadores HYUNDAI.

Gráfico 1. VSM actual en la recepción, purificación y recepción de diésel.

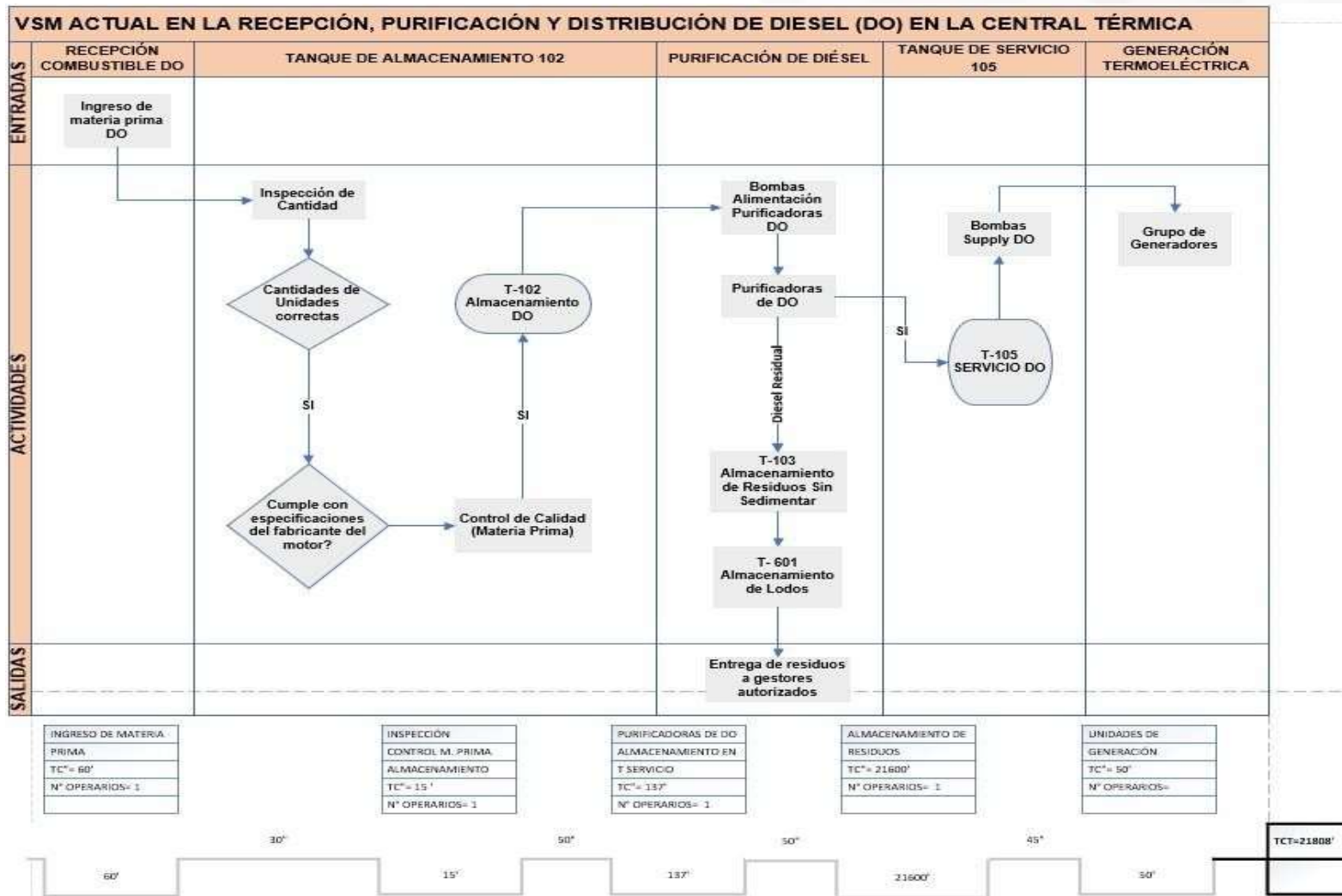


Gráfico 2. Esquema de tratamiento de combustible.

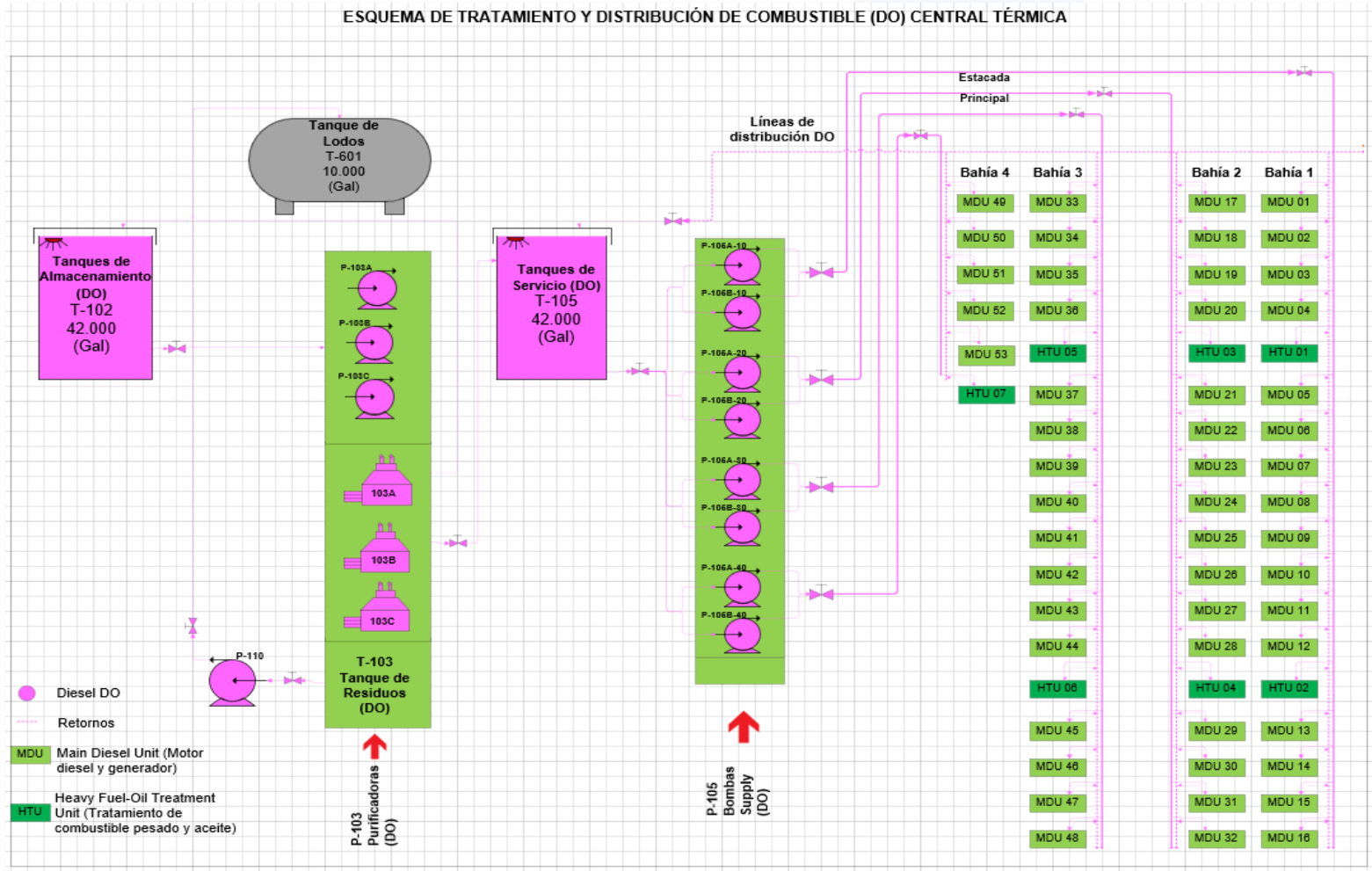
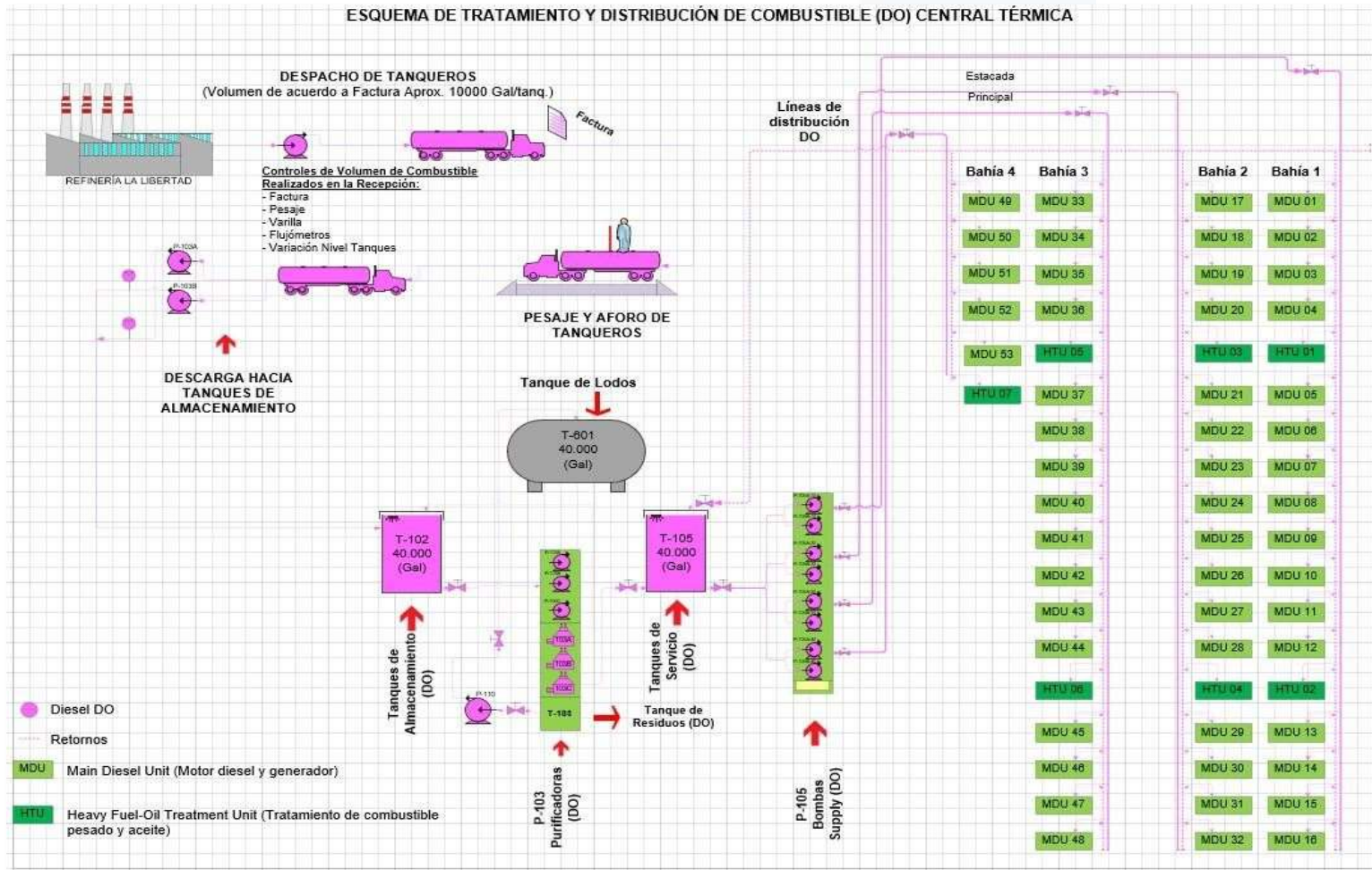


Gráfico 3. Esquema de tratamiento y distribución de combustible.



4.2. Análisis del punto crítico

Con la ayuda del diagnóstico realizado mediante el uso de la herramienta VSM se ha logrado interpretar que surgen tiempos prolongados dentro del proceso de purificación, ya que al ser almacenado el diésel residual permanece en espera por un lapso de 15 días lo cual equivale a un tiempo de control de 21600 minutos siendo este el punto crítico, visualizando un alto nivel del mismo y a su vez permitiendo hacer varias tomas de muestras de este residuo de forma empírica dejándolo sedimentar en envases plásticos por un lapso de 8 días.

Después del transcurso de estos días se observa que el residuo sedimentado contiene partículas sólidas en la parte inferior del envase siendo el motivo de investigación para realizar pruebas de laboratorio tomando en consideración cuatro muestras de los tanques antes mencionado y así poder establecer una comparación respecto a sus características físicas-químicas.

Por tal motivo se pretende indagar en el proceso de purificación debido a que existen grandes cantidades de residuos de este combustible diésel que es almacenado sin darles ni un tratamiento respectivo en donde se pueda demostrar que las características físico-químicas de este diésel sin sedimentar contengan características similares o aun mejores que las del diésel que usan para las unidades de generación.

Gráfico 4. Toma de muestras del diésel.



4.3. Análisis comparativo

Siendo analizado el proceso actual para la generación e identificando el punto crítico en el proceso de purificación ha permitido dar una estrategia de solución para que el diésel que se almacena en el tanque de residuos sea sometido a un proceso adicional de sedimentación, optimizando tiempos debido a la espera para el traslado de este residuo el cual puede ser reducido al incorporar al proceso un sedimentador, ya que el tiempo de control total en el proceso actual es de 21808 minutos mejorando el proceso con la alternativa del sedimentador a un tiempo total de 6022 minutos; con los resultados de las pruebas de laboratorio se ha comprobado que este residuo de diésel posee mejores características físicas-químicas realizando pruebas de campo en un generador auxiliar mediante algunas pruebas de carga al 30%, 45%, 60%, 75% y 85% se ha demostrado que la potencia obtenida es mejor empleando el diésel sedimentado, ayudando a optimizar esta materia prima y a su vez reduciendo costos por traslado de dicho combustible sin ser tratado.

Tabla 3. Pruebas del generador auxiliar.

| PRUEBAS DEL GENERADOR AUXILIAR | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|-----------|-------------|-----------------|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|------------------|-----------------|-----------------|------------|
| DATOS | | | | | | | | | | | | |
| PARÁMETROS | NM | UNID | EN VACIO | | 30% CARGA | | 45% CARGA | | 60% CARGA | | 75% | 85% |
| | | | T-105 | T-105 | T-103 SD | T-105 | T-103 SD | T-105 | T-103 SD | T-103 SD | T-103 SD | |
| Potencia | P | Kw | 0 | 22 | 24 | 33 | 35 | 43 | 44 | 56 | 61 | |
| Factor de Potencia | FP | L | 0.0 | 0.89 | 0.92 | 0.94 | 0.94 | 0.91 | 0.92 | 0.93 | 0.91 | |
| Velocidad del generador | VG | RPM | 1806 | 1803 | 1803 | 1803 | 1803 | 1800 | 1800 | 1797 | 1791 | |
| Presión de Aceite | PA | PSI | 44 | 38 | 38 | 38 | 38 | 36 | 36 | 38 | 42 | |
| Temperatura Generador | TG | °C | 69 | 86 | 86 | 87 | 87 | 87 | 87 | 87 | 85 | |
| Voltaje de Bateria | BV | V | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | 27.2 | |
| Frecuencia Generador | FG | Hz | 60 | 60.1 | 60.1 | 60.1 | 60.1 | 60 | 60.1 | 60.1 | 60.1 | |

Gráfico 4. VSM propuesto en la recepción, purificación y distribución de diésel.

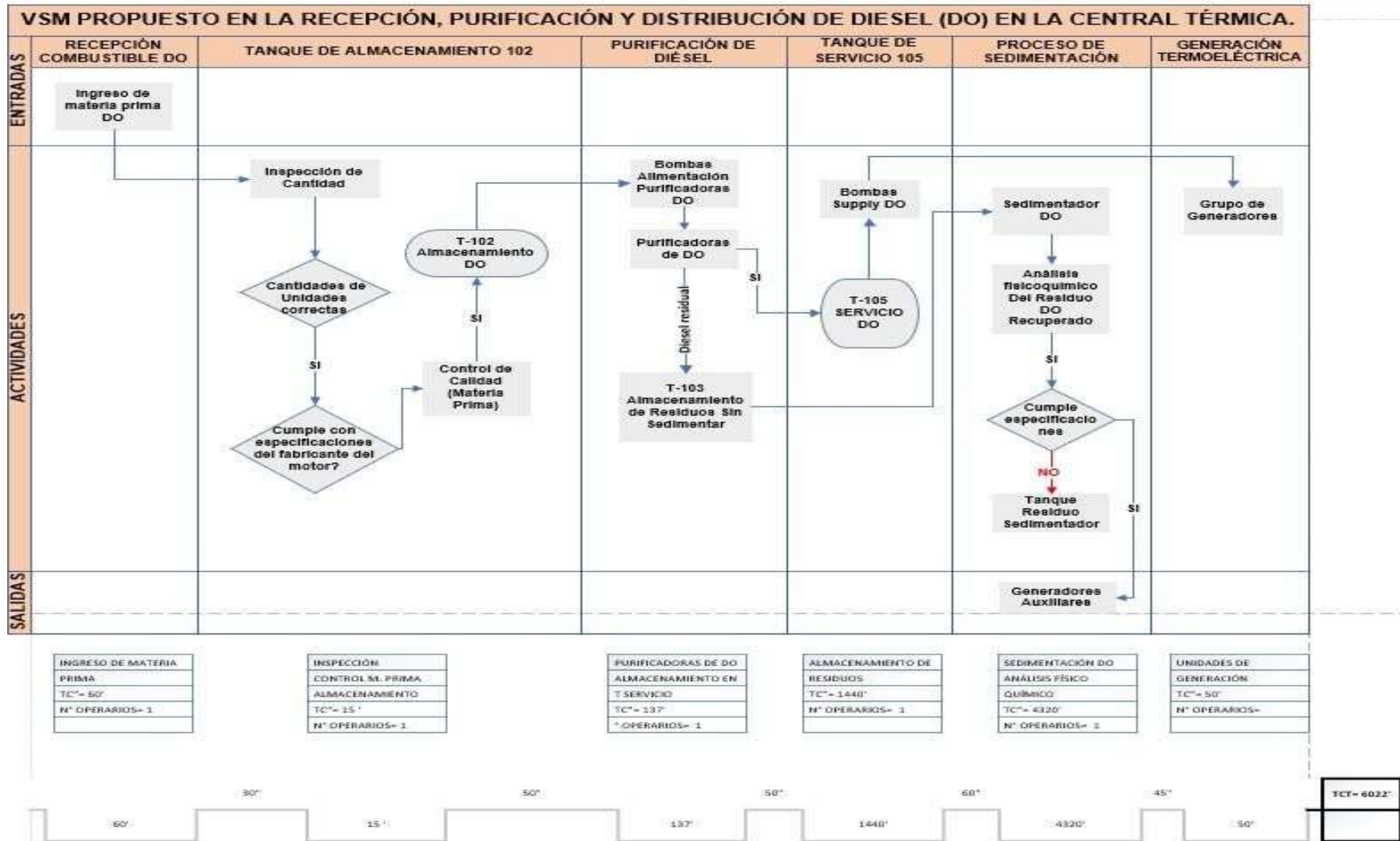
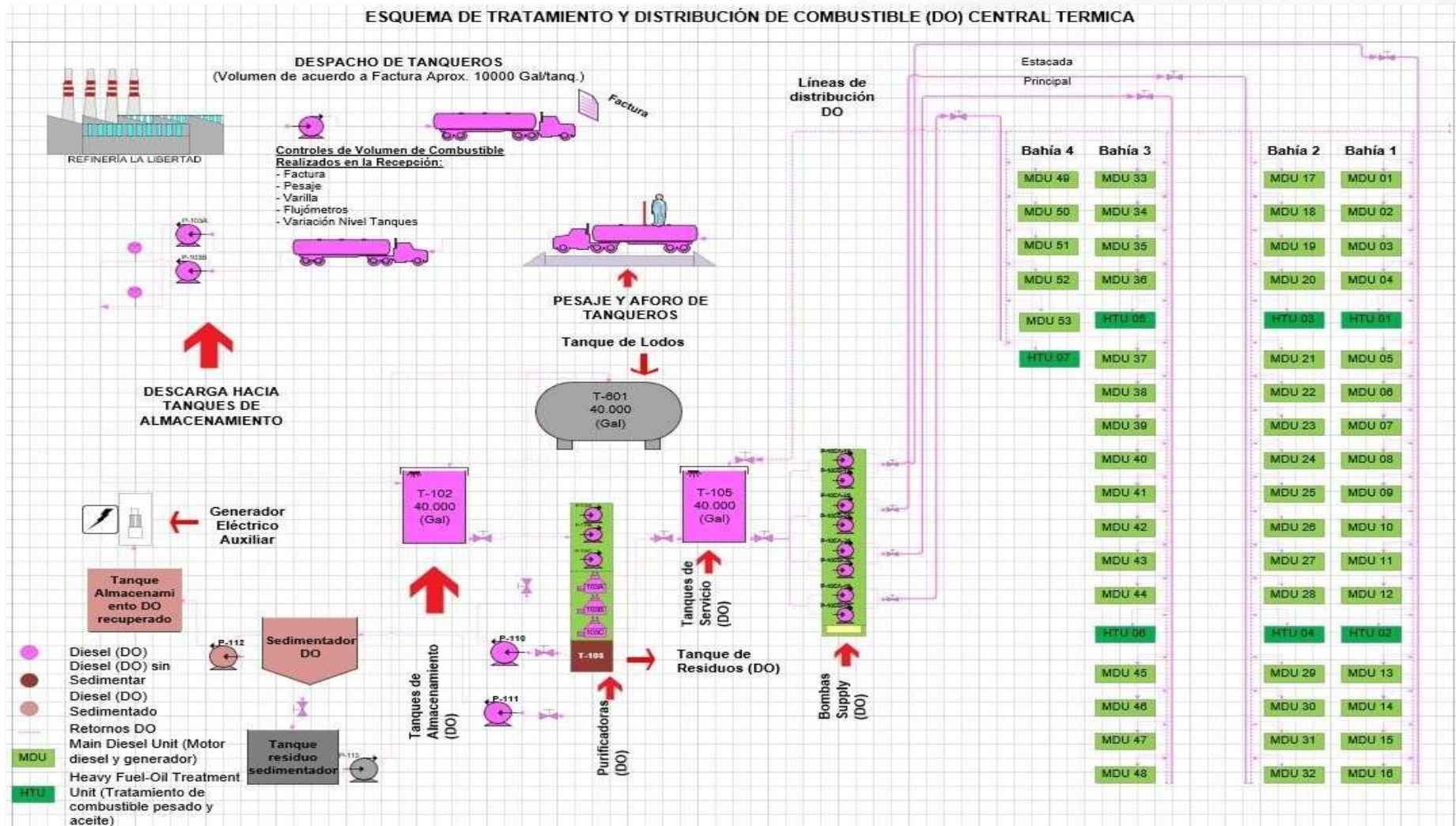


Gráfico 5. Esquema propuesto de la distribución y tratamiento de diésel.



4.4. Cuadro comparativo de las muestras tomadas.

Mediante las pruebas de laboratorio de las muestras tomadas se han establecido las características físico-químicas del diésel y se ha efectuado una comparación con los límites permisibles en el diésel N°2 el cual se lo emplea en las plantas de generación térmica, dando como resultado que el diésel sedimentado si se rige a los límites específicos y posee mejores características en cuanto al contenido de agua que se encuentran presentes en el mismo existe menor contenido de agua en el diésel sedimentado lo que permite considerar que este combustible es aún más limpio que el diésel que emplea habitualmente la planta de generación el cual se lo almacena en un tanque de servicio denominado T-105..

Tabla 4. Resultado de los ensayos de las muestras tomadas en el tanque T-102, T-103 sin sedimentar y sedimentado y T-105.

| RESULTADOS DE ENSAYOS DO | | | | | | | |
|--------------------------------|--------|----------------------|-------------------|--------|--------------------|----------------------|--------------|
| Ensayo realizado | T-102 | T-103 sin sedimentar | T-103 sedimentado | T-105 | Unidad | Método | Valor óptimo |
| Contenido de agua | 39.89 | 282.96 | 54.28 | 62.6 | mg/kg | ASTM D1533-12 | 120 |
| Contenido de agua y sedimentos | < 0,1 | 0.1 | < 0,1 | < 0,1 | % (V/V) | ASTM D1796-11 (2016) | 0.05 |
| Punto de inflamación | 62.0 | 85.5 | 73.5 | 62.0 | °C | ASTM D92-18 | 68.25 |
| Viscosidad cinemática a 40°C | 2.693 | 3.164 | 2.817 | 2.711 | mm ² /s | ASTM D445-19 | 3.5 |
| Densidad a 15°C | 0.8401 | 0.8446 | 0.8419 | 0.8408 | g/mL | PE1 / ASTM D4052-18a | 0.85 |
| Densidad relativa 60/60°F | 0.8406 | 0.8451 | 0.8423 | 0.8412 | --- | PE1 / ASTM D4052-18a | 0.85 |
| Gravedad API | 36.8 | 35.9 | 36.5 | 36.7 | API | PE1 / ASTM D4052-18a | 37 |

En la presente tabla de comparación se puede analizar que existe una mejora del combustible diésel sedimentado en un 5%, tomando en consideración que presenta un menor contenido de agua de un 6.93% en comparación con el diésel utilizado para la generación, siendo uno de los elementos que permiten dar una respuesta efectiva al problema de investigación ya que al evidenciar mejoras en sus propiedades permite deducir que si es un diésel reutilizable para ser incorporado al proceso de generación.

Tabla 5. Comparación del diésel purificado y el sedimentado en porcentaje.

| Ensayo realizado | T-103 (Sedimentado) | T-105 (Purificado) |
|---------------------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Contenido de agua | 45.23 | 52.16 |
| Contenido de agua y sedimentos | 100 | 100 |
| Punto de inflamación | 107.69 | 72.09 |
| Viscosidad cinemática a 40°C | 80.48 | 77.45 |
| Densidad a 15°C | 99.04 | 98.91 |
| Densidad relativa 60/60°F | 99.09 | 98.96 |
| Gravedad API | 98.65 | 99.19 |
| Mejor diésel | 90.02% | 85.54% |

4.5. Verificación de la Hipótesis

Se comprueba mediante el desarrollo de los resultados obtenidos y presentados anteriormente que la hipótesis planteada tiene una aprobación veraz debido a que el combustible diésel mejora sus propiedades en un 5% en comparación con el diésel empleado para la generación, tomando en consideración el análisis de las pruebas físico-químicas y ponderando un valor óptimo de dicho combustible, todas las características tomadas en cuenta para el análisis efectivo del mismo y que han sido sometidas a pruebas de laboratorio se encuentran dentro de los límites permisibles y existiendo un menor contenido de agua en comparación con el diésel empleado, considerando en reutilizar el diésel que se encuentra en el tanque de residuos sometiéndolo a una sedimentación prolongada mediante un tanque sedimentador ayudando a optimizar esta materia prima y logrando ser más amigable con el medio ambiente.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Mediante el uso de la herramienta VSM se ha logrado identificar cada uno de los procesos que se llevan a cabo en la planta de generación térmica; desde la recepción del combustible hasta la salida del servicio la cual corresponde a la generación y distribución de energía.
- El uso de la herramienta VSM ha permitido identificar el punto crítico dentro del proceso de generación, el cual se centra en el proceso de purificación ya que al observar empíricamente excesivas cantidades de este residuo almacenado en el tanque de residuos y por el tiempo de control total que se muestra en el mapeo de flujo de valor, ha sido uno de los factores que ha conllevado a indagar en sus características y propiedades físico-químicas permitiendo hacer uso de toma de muestras en los diferentes tanque que se involucran para el proceso de purificación y por lo consiguiente se incorporan en la generación de energía.
- Con las pruebas de laboratorio se ha logrado establecer un cuadro comparativo de las diferentes muestras realizadas en los diferentes tanques, y se ha determinado que la muestra tomada en el tanque T-103 sedimentado posee mejores características físico-químicas ya que se aproxima más a los límites establecidos por las normas INEN de las características del diésel N°2 el cual se emplea en la planta para la generación de energía, considerando que hay una reducción en el contenido de agua de un 6.93% y en las demás características y propiedades se reflejan valores semejantes al óptimo.
- Al implementar una actividad adicional después del proceso de purificación, el cual sería la sedimentación adecuada de los residuos que no se utilizan y se los almacena en un tanque sería lo más factible para la planta de generación ya que esto ayudaría a optimizar tiempos en el proceso, evitando que este diésel residual permanezca en la espera de traslado por un lapso de tiempo, el cual debería ser aprovechado para ser incorporado al mismo.

5.2. Recomendaciones

- Simular mediante la aplicación de software el proceso de generación de energía para tener una mejor visualización de cada una de sus actividades y procesos que se ejecutan en el mismo.
- Indagar en otra herramienta que permita analizar de forma más minuciosa procesos que se asemejen al investigado o que se empleen para empresas de servicio público, el cual permita tener información con mayor relevancia en el tema.
- Considerar la posibilidad de añadir una mejora en el proceso de purificación el cual sería introducir un tanque sedimentador que permita ayudar a la reutilización del diésel almacenado en el tanque de residuos.
- Realizar una valoración económica mediante una relación beneficio/costo para determinar qué tan factible será para la planta de generación implementar esta alternativa de reutilización de diésel residual.

Referencias bibliográficas

- [1] S. D. Romano y P. A. Sorichetti, «Obtención y caracterización del biodiesel,» *ANALES AFA*, pp. 288-293, 2003.
- [2] R. Fernández Fernández, A. Dago Morales y E. Linchenat Dennes, «Desarrollo de un modelo SIMCA de reconocimiento de patrones para la clasificación de combustible diésel.,» *Revista Tecnología Química*, vol. 19, nº 2, pp. 34-41, 2009.
- [3] P. Alcocer -Quinteros, F. Pincay-de la Rosa, J. Murillo-Villaprado y B. Miranda-Casanova, «Diseño del sistema de recuperación de fuel oil de los residuos del proceso de filtración,» *Revista Alternativas*, vol. 21, nº 3, pp. 60-67, 2020.
- [4] V. Bazán Salazar, «Calidad del diesel de Costa Rica entre los años 2006-2010,» *Revista de Ciencias y Tecnología*, vol. 31, nº 2, 2015.
- [5] S. M. Arrieta Chacón, «Análisis de costo asociado al mejoramiento de la calidad del combustible en Colombia.,» [Master dissertation, Universidad de los Andes], Bogotá, 2006.
- [6] G. A. Bolaños Marín, «Diseño de un sistema de control para la comprensión de gas en una planta de generación eléctrica de 30 megavatios.,» Facultad de Ingeniería Mecánica, Electrónica y Biomédica., Villavicencio, Colombia, 2022.
- [7] I. R. Soto Soto y L. J. Werner Rodríguez, «Evaluación técnica y económica de una central termoeléctrica en la región de los Ríos,» [Master dissertation, Universidad Austral de Chile], Chile, 2009.
- [8] C. M. Correa Posada, «Modelo de optimización para las plantas térmicas de generación de ciclo combinado en el despacho económico.,» [Master dissertation, Universidad Nacional de Colombia], Colombia, 2009.

- [9] C. A. Cajas Maldonado y A. D. Janeta Melo , «Planificación de mantenimiento basado en el método de confiabilidad de RCM para motores estacionarios de la planta Termopichincha S.A, central Guangopolo,» [Master dissertation, Escuela Politécnica Nacional], Quito, 2009.
- [10] P. C. Martínez Nodal, E. Rosa Domínguez, I. Rodríguez Rico , V. E. Izquierdo Díaz y J. Leiva Mas, «Alternativas sostenibles para el tratamiento de las aguas residuales olesosas generadas en las centrales eléctricas que operan con diesel.,» *Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar*, vol. 49, nº 2, pp. 74-82, 2015.
- [11] A. Muentes y M. Jaramillo, «Mejora del proceso de tratamiento de combustible en la Unidad de Negocio Termopichincha-central Quevedo Aplicando PMBOK (Project Management Body Of Knowledge).,» [Master dissertation, Universidad de las Fuerzas Armadas], Sangolquí-Ecuador, 2018.
- [12] M. L. Núñez Isaza y L. P. Prada Villamizar, «Desempeño de biocombustibles en motores diésel,» *Enérgica*, nº 38, pp. 95-100, 2007.
- [13] J. A. Álava Sornoza y K. A. Elizalde Saavedra, «Diseño y simulación de un sistema para filtrado y almacenaje de combustible diésel,» [Master dissertation, Escuela Superior Politécnica del Litoral], Guayaquil, 2022.
- [14] J. C. Echeverría Echeverría , «Análisis de las propiedades físicoquímicas del biodiésel a base del aceite de Higuierilla B10.,» [Master dissertation, Universidad Técnica del Norte], Ibarra, 2018.
- [15] A. M. Cóndor Sisalima y E. F. Narváez León, «Estudio de la influencia de tres tipos de aditivos utilizados en el diésel 2 y diésel premium en un vehículo Hyundai H100 modelo 2004,» [Master dissertation, Universidad Técnica Salesiana], Cuenca, 2011.
- [16] J. M. Orjuela Ramos, «Optimización por técnicas metaheurísticas aplicadas a unidades destilación (CDU)- Hidroruptura (HC) para mantener rendimiento y

- calidad del diésel obtenido.» [Master dissertation, Universidad Nacional de Colombia], Colombia, 2017.
- [17] D. A. Pantoja Cabrera, «Caracterización de las Propiedades Físicoquímicas de Biodiesel Extraído de Aceite Reciclado de Origen Vegetal.» [Master dissertation, Colegio de Ciencias e Ingeniería], Quito, 2018.
- [18] J. A. Salas, «Aditivos para combustible diésel como parte del mantenimiento preventivo,» *Ingeniería Industrial*, vol. 12, pp. 69-76, 2012.
- [19] V. Macian Martínez , B. V. Tormo Martínez , Y. A. Gomez Estrada y V. Bermúdez , «Revisión del proceso de la degradación en los aceites lubricantes en motores de gas natural comprimido y diesel,» *DYNA: Ingeniería e Industria*, vol. 88, nº 1, pp. 49-58, 2013.
- [20] E. F. Jaya Fierro y P. A. Mancheno Bravo , «Determinación de las características de funcionamiento y rendimiento de un motor de encendido por compresión al utilizar mezclas de biodiésel,» [Master dissertation, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo], Riobamba, 2009.
- [21] J. M. Riesco Avila , «Propiedades fisicoquímicas de combustibles alternativos obtenidos mediante pirólisis de residuos,» *Revista Jóvenes en la Ciencia*, vol. 16, 2022.
- [22] «Normas INEN,» 2012. [En línea]. Available: <https://acortar.link/5xjvez>.
- [23] M. A. Ortiz Vallejo, «Estudio comparativo del uso del Diesel entre Europa y Ecuador, utilizado para motores de vehículos.» [Master dissertation, Universidad Central del Ecuador], Quito, 2014.
- [24] A. S. Tejeda, «Mejoras de Lean Manufacturing en los sistemas productivos,» *Ciencias y Sociedad*, vol. 36, nº 2, 2011.

- [25] I. Escaida-Villalobos, P. Jara-Váldes y M. Letzkus-Palavecino, «Mejora de Procesos Productivos mediante Lean Manufacturing,» *Trilogía*, vol. 28, nº 39, pp. 26-55, 2016.
- [26] P. D. de Basurto Uraga y P. R. de Arbulo López, «El value stream mapping una herramienta basica para hacer progresos hacia la producción ajustada.,» *Ingeniería de Organización*, 2003.
- [27] L. A. Sánchez Barros, «Diseño y aplicación de la herramienta VSM en una empresa del sector Aeronáutico,» [Master dissertation, Escuela Técnica Superior de Ingeniería], Sevilla, 2023.

Anexos

Anexo 1. Informe de resultados de laboratorio T-102 (recepción)



INFORME DE RESULTADOS

Laboratorio de Control Químico de la
Central Guangopolo – Unidad
TERMOPICHINCHA – CELEC EP

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE
con acreditación
N° OAE LE C 15-003

Dirección: Calle Sebastián de Benalcázar y Pedro Fermín Cevallos, junto al reservorio de Guangopolo, Parroquia Conacota, Cantón Quito

| | |
|--------------------|--------------------|
| Código del informe | IR2019 102 9-161 1 |
|--------------------|--------------------|

| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | | | |
|----------------------------|------------------------------------|----------|----------------------|
| Nombre | Central Santa Elena | Contacto | Ing. Fernando Pincay |
| Dirección | km 2 1/2 vía Ancón. Santa Elena | Teléfono | ----- |

Nota 1.- El nombre, dirección, contacto y teléfono son datos suministrados por el cliente.

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| Descripción de la muestra | Combustible - Diesel | | |
| Código muestra | M201 91 029- 16 11 | Fecha de toma de muestra | 24/10/2022 |
| Muestra tomada por | Ing. Fernando Pincay | Fecha de recepción de la muestra | 29/10/2022 |
| Punto de toma de muestra | Tanque de Almacenamiento | Fecha de ejecución de los ensayos | 05/11/2022 |
| Descripción de los ensayos | Análisis físico químico | Fecha de entrega del informe | 06/11/2022 |
| Observaciones: | T -102-DO S P Diesel sin purificar taque de recepción Tanque 102 diesel (recepción sin purificar) | | |

Nota 2.- La descripción de la muestra, el responsable de la toma de muestra, el punto de la toma de muestra, la fecha de la toma de muestra y las observaciones son datos suministrados por el cliente.

Nota 3.- La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados de los ensayos aplican a la muestra tal como se recibió.

| RESULTADOS DE LOS ENSAYOS | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Ensayo realizado | Resultado | Unidad | Método |
| (*) Contenido de agua | 39,89 | mg/kg | ASTM D1533-12 |
| (*) Contenido de agua y sedimentos | < 0,1 | % (V/V) | ASTM D1796-11 (2016) |
| (*) Punto de inflamación | 62,0 | °C | ASTM D92-18 |
| (*) Viscosidad cinemática a 40 °C | 2,693 | mm ² /s | ASTM D445-19 |
| (1) Densidad a 15°C | 0,8401 | g/mL | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (2) Densidad relativa 60/60°F | 0,8406 | --- | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (3) Gravedad API | 36,8 | °API | PE1 / ASTM D4052-18a |

(*) Los ensayos realizados, NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

(1) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad a 15°C, $U = \pm 0,000 26$ g/mL (K=2).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,000 25$ (K=2).

(3) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Gravedad API, $U = \pm 0,065$ °API (K=2).

Revisado y aprobado por:

Quim. Alex Portilla
Responsable de Laboratorio

Informe elaborado por: Mayra Garzón

El Laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos solo están relacionados con la muestra identificada en este informe de resultados.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe de resultados, sin la aprobación escrita del Laboratorio de Control Químico.

Informe de resultados: Código: F1-PG22 Versión: 6.0 Fecha de emisión: 2022-08-06

Página: 1 de 1

Anexo 2. Informe de resultados de laboratorio T-103 (sin sedimentar)



INFORME DE RESULTADOS

Laboratorio de Control Químico de la
Central Guangopolo – Unidad
TERMOPICHINCHA – CELEC EP

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE
con acreditación
N° OAE LE C 15-003

Dirección: Calle Sebastián de Benalcázar y Pedro Fermín Cevallos, junto al reservorio de Guangopolo, Parroquia Canacota, Cantón Quito

| | |
|--------------------|---------------------|
| Código del informe | IR2019 1 02 9-161 3 |
|--------------------|---------------------|

| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | | | |
|----------------------------|--------------------------------------|----------|----------------------|
| Nombre | Central Santa Elena | Contacto | Ing. Fernando Pincay |
| Dirección | kms 2 1/2 vía Ancón, Santa Elena. | Teléfono | ----- |

Nota 1.- El nombre, dirección, contacto y teléfono son datos suministrados por el cliente.

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| Descripción de la muestra | Combustible - Diesel | | |
| Código muestra | M201 91 029- 16 13 | Fecha de toma de muestra | 04/10/2022 |
| Muestra tomada por | Ing. Fernando Pincay | Fecha de recepción de la muestra | 29/10/2022 |
| Punto de toma de muestra | Tanque de Almacenamiento | Fecha de ejecución de los ensayos | 05/11/2022 |
| Descripción de los ensayos | Análisis físico químico | Fecha de entrega del informe | 06/11/2022 |
| Observaciones: | T -103-SD P Diesel de tanque de lodos de separadoras sin sedimentar Tanque 103 purificadoras de diesel. | | |

Nota 2.- La descripción de la muestra, el responsable de la toma de muestra, el punto de la toma de muestra, la fecha de la toma de muestra y las observaciones son datos suministrados por el cliente.

Nota 3.- La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados de los ensayos aplican a la muestra tal como se recibió.

| RESULTADOS DE LOS ENSAYOS | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Ensayo realizado | Resultado | Unidad | Método |
| (*) Contenido de agua | 282,96 | mg/kg | ASTM D1533-12 |
| (*) Contenido de agua y sedimentos | 0,1 | % (V/V) | ASTM D1796-11 (2016) |
| (*) Punto de inflamación | 85,5 | °C | ASTM D92-18 |
| (*) Viscosidad cinemática a 40 °C | 3,164 | mm ² /s | ASTM D445-19 |
| (1) Densidad a 15°C | 0,8446 | g/mL | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (2) Densidad relativa 60/60°F | 0,8451 | --- | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (3) Gravedad API | 35,9 | °API | PE1 / ASTM D4052-18a |

(*) Los ensayos realizados, NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

(1) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad a 15°C, $U = \pm 0,000 26$ g/mL (K=2).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,000 25$ (K=2).

(3) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Gravedad API, $U = \pm 0,065$ °API (K=2).

Revisado y aprobado por:

Quím. Alex Portilla

Responsable de Laboratorio

Informe elaborado por: Mayra Garzón

El Laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos solo están relacionados con la muestra identificada en este informe de resultados.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe de resultados, sin la aprobación escrita del Laboratorio de Control Químico

Informe de resultados Código: F1-PG22 Versión: 6.0 Fecha de emisión: 2022-08-06

Página: 1 de 1

Anexo 3. Informe de resultados de laboratorio T-103 (sedimentado)



INFORME DE RESULTADOS

Laboratorio de Control Químico de la
Central Guangopolo – Unidad
THERMOPICHINCHA – CELEC EP

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE
con acreditación
N° OAE LE C 15-003

Dirección: Calle Sebastián de Benalcázar y Pedro Fermín Cevallos, junto al reservorio de Guangopolo, Parroquia Conacota, Cantón Quito

| | |
|--------------------|---------------------|
| Código del informe | IR2019 1 02 9-161 4 |
|--------------------|---------------------|

| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | | | |
|----------------------------|-------------------------------------|----------|----------------------|
| Nombre | Central Santa Elena | Contacto | Ing. Fernando Pincay |
| Dirección | km 4 1/2 vía Ancón. Santa Elena. | Teléfono | ----- |

Nota 1.- El nombre, dirección, contacto y teléfono son datos suministrados por el cliente.

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|------------------------------|---|-----------------------------------|------------|
| Descripción de la muestra | Combustible - Diesel | | |
| Código muestra | M201 91 029- 16 14 | Fecha de toma de muestra | 24/10/2022 |
| Muestra tomada por | Ing. Fernando Pincay | Fecha de recepción de la muestra | 29/10/2022 |
| Punto de toma de muestra | Tanque de Almacenamiento | Fecha de ejecución de los ensayos | 05/11/2022 |
| Descripción de los ensayos | Análisis físico químico | Fecha de entrega del informe | 06/11/2022 |
| Observaciones: | T -103-SD S Diesel de tanque de lodos de separadoras sedimentado Tanque 103 purificadoras de diesel | | |

Nota 2.- La descripción de la muestra, el responsable de la toma de muestra, el punto de la toma de muestra, la fecha de la toma de muestra y las observaciones son datos suministrados por el cliente.

Nota 3.- La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados de los ensayos aplican a la muestra tal como se recibió.

| RESULTADOS DE LOS ENSAYOS | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Ensayo realizado | Resultado | Unidad | Método |
| (*) Contenido de agua | 54,28 | mg/kg | ASTM D1533-12 |
| (*) Contenido de agua y sedimentos | < 0,1 | % (V/V) | ASTM D1796-11 (2016) |
| (*) Punto de inflamación | 73,5 | °C | ASTM D92-18 |
| (*) Viscosidad cinemática a 40 °C | 2,817 | mm ² /s | ASTM D445-19 |
| (1) Densidad a 15°C | 0,8419 | g/mL | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (2) Densidad relativa 60/60°F | 0,8423 | --- | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (3) Gravedad API | 36,5 | °API | PE1 / ASTM D4052-18a |

(*) Los ensayos realizados, NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

(1) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad a 15°C, $U = \pm 0,000 26$ g/mL (K=2).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,000 25$ (K=2).

(3) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Gravedad API, $U = \pm 0,065$ °API (K=2).

Revisado y aprobado por:

Quím. Alex Portilla
Responsable de Laboratorio

Informe elaborado por: Mayra Garzón

El Laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos solo están relacionados con la muestra identificada en este informe de resultados.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe de resultados, sin la aprobación escrita del Laboratorio de Control Químico.

Informe de resultados Código: F1-PE22 Versión: 6.0 Fecha de emisión: 2022-08-06

Página: 1 de 1

Anexo 4. Informe de resultados de laboratorio T-105 (servicio)



INFORME DE RESULTADOS

Laboratorio de Control Químico de la
Central Guangopolo – Unidad
THERMOPICHINCHA – CELEC EP

Laboratorio de ensayo
acreditado por el SAE
con acreditación
N° OAE LE C 15-003

Dirección: Calle Sebastián de Benalcázar y Pedro Fermín Cevallos, junto al reservorio de Guangopolo, Parroquia Conacota, Cantón Quito

| | |
|--------------------|---------------------|
| Código del informe | IR2019 1 02 9-161 2 |
|--------------------|---------------------|

| IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|----------|----------------------|
| Nombre | Central Santa Elena | Contacto | Ing. Fernando Pincay |
| Dirección | km 2 1/2 vía Ancón Santa Elena | Teléfono | ----- |

Nota 1.- El nombre, dirección, contacto y teléfono son datos suministrados por el cliente.

| IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA | | | |
|------------------------------|--|-----------------------------------|------------|
| Descripción de la muestra | Combustible - Diesel | | |
| Código muestra | M201 91 029- 16 12 | Fecha de toma de muestra | 24/10/2022 |
| Muestra tomada por | Ing. Fernando Pincay | Fecha de recepción de la muestra | 29/10/2022 |
| Punto de toma de muestra | Tanque de Almacenamiento | Fecha de ejecución de los ensayos | 05/11/2022 |
| Descripción de los ensayos | Análisis físico químico | Fecha de entrega del informe | 06/11/2022 |
| Observaciones: | T -105-00 P Diesel purificado tanque de uso diario Tanque 105 diesel purificado) | | |

Nota 2.- La descripción de la muestra, el responsable de la toma de muestra, el punto de la toma de muestra, la fecha de la toma de muestra y las observaciones son datos suministrados por el cliente.

Nota 3.- La muestra fue suministrada por el cliente y los resultados de los ensayos aplican a la muestra tal como se recibió.

| RESULTADOS DE LOS ENSAYOS | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------|----------------------|
| Ensayo realizado | Resultado | Unidad | Método |
| (*) Contenido de agua | 62,60 | mg/kg | ASTM D1533-12 |
| (*) Contenido de agua y sedimentos | < 0,1 | % (V/V) | ASTM D1796-11 (2016) |
| (*) Punto de inflamación | 62,0 | °C | ASTM D92-18 |
| (*) Viscosidad cinemática a 40 °C | 2,711 | mm ² /s | ASTM D445-19 |
| (1) Densidad a 15°C | 0,8408 | g/mL | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (2) Densidad relativa 60/60°F | 0,8412 | --- | PE1 / ASTM D4052-18a |
| (3) Gravedad API | 36,7 | °API | PE1 / ASTM D4052-18a |

(*) Los ensayos realizados, NO están incluidos en el alcance de la acreditación del SAE.

(1) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad a 15°C, $U = \pm 0,000 26 \text{ g/mL}$ (K=2).
(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,000 25$ (K=2).
(3) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Gravedad API, $U = \pm 0,065 \text{ °API}$ (K=2).

Revisado y aprobado por:

Quim. Alex Portilla
Responsable de Laboratorio

Informe elaborado por: Mayra Garzón

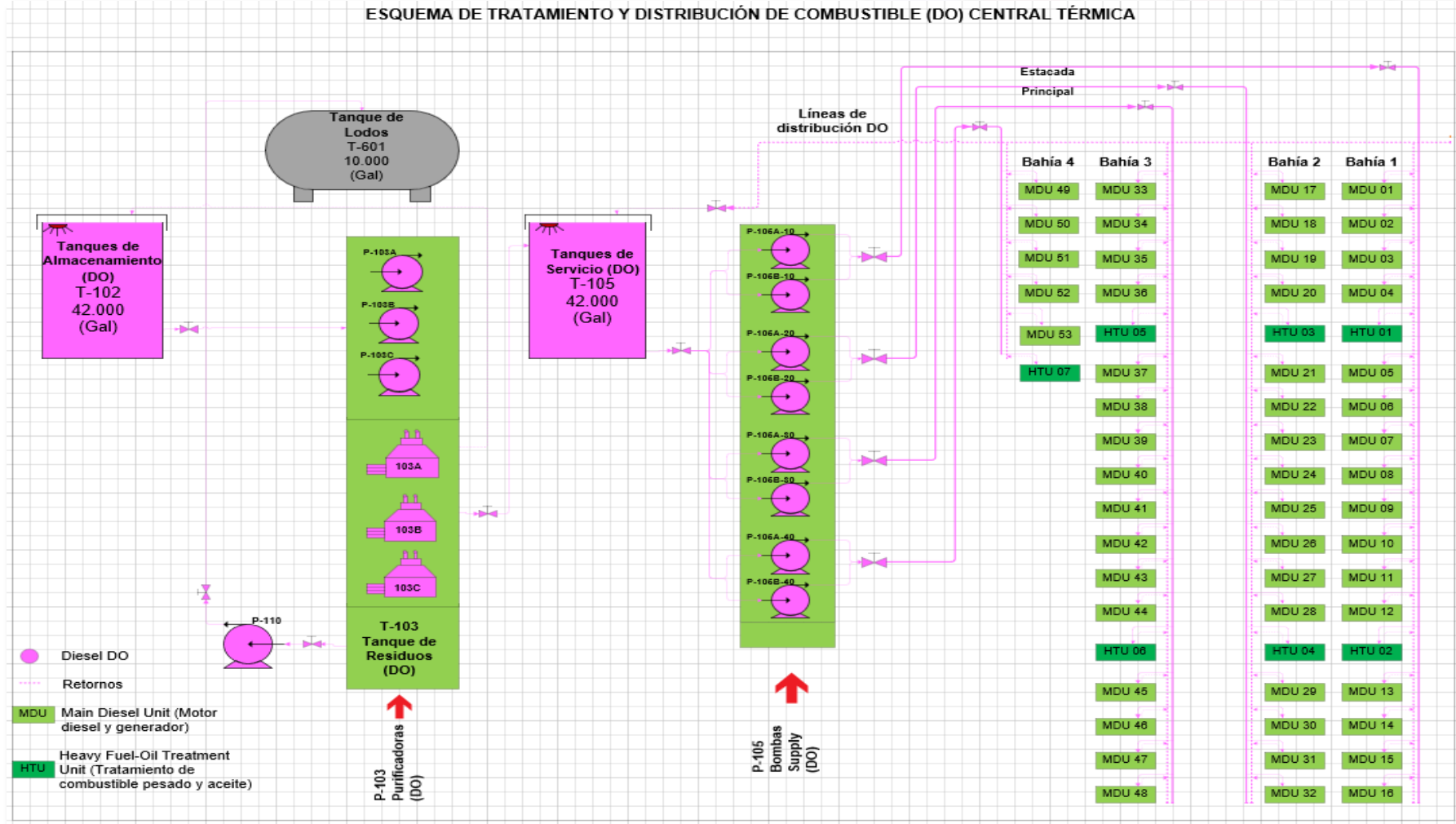
El Laboratorio no se responsabiliza por la información proporcionada por el cliente.
Los resultados de los ensayos solo están relacionados con la muestra identificada en este informe de resultados.
Se prohíbe la reproducción total o parcial de este informe de resultados, sin la aprobación escrita del Laboratorio de Control Químico.

Informe de resultados: Código: F1-PG22 Versión: 4.0 Fecha de emisión: 2019-08-06

Página: 1 de 1

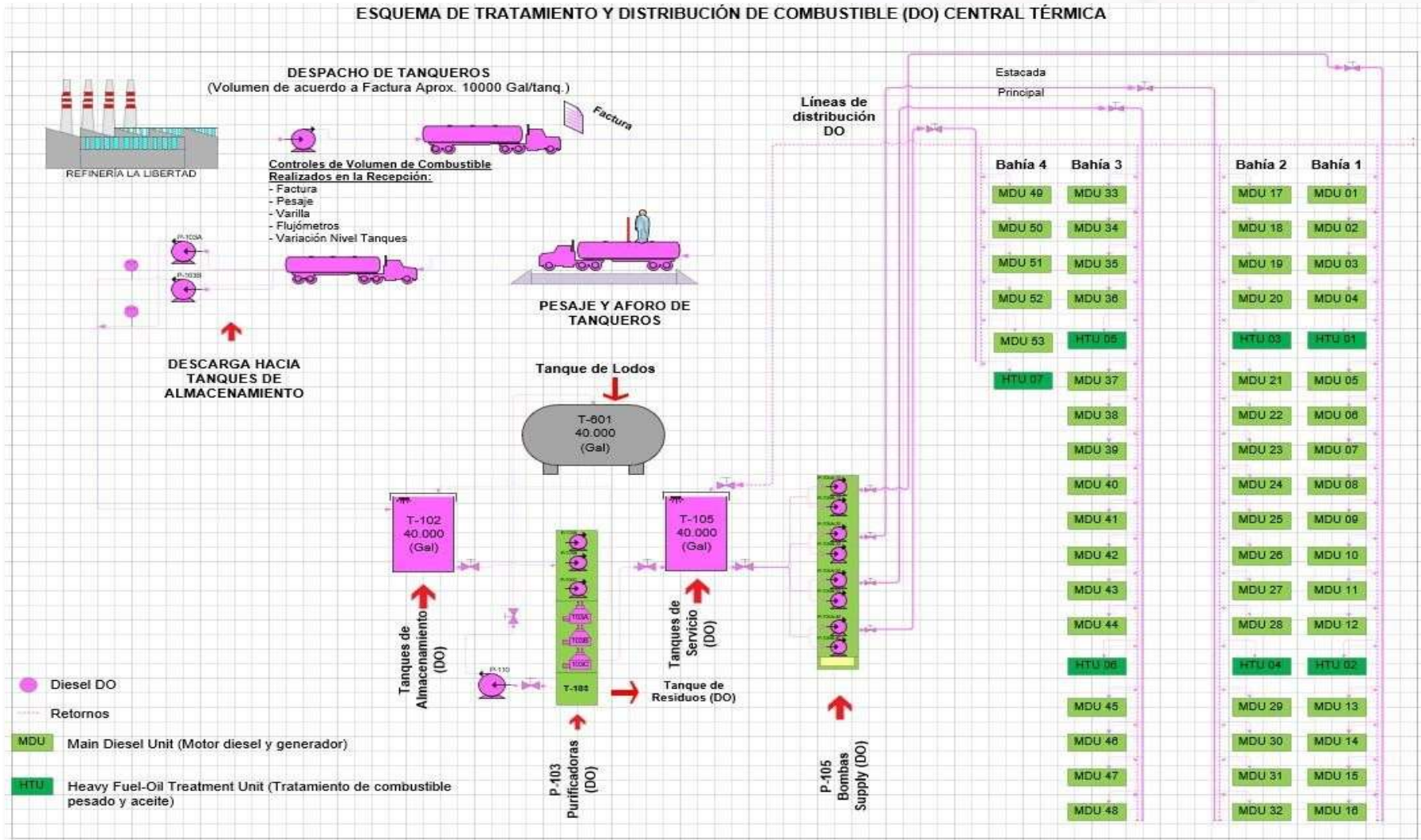
Anexo 6. Esquema de tratamiento y distribución de diésel

ESQUEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE (DO) CENTRAL TÉRMICA

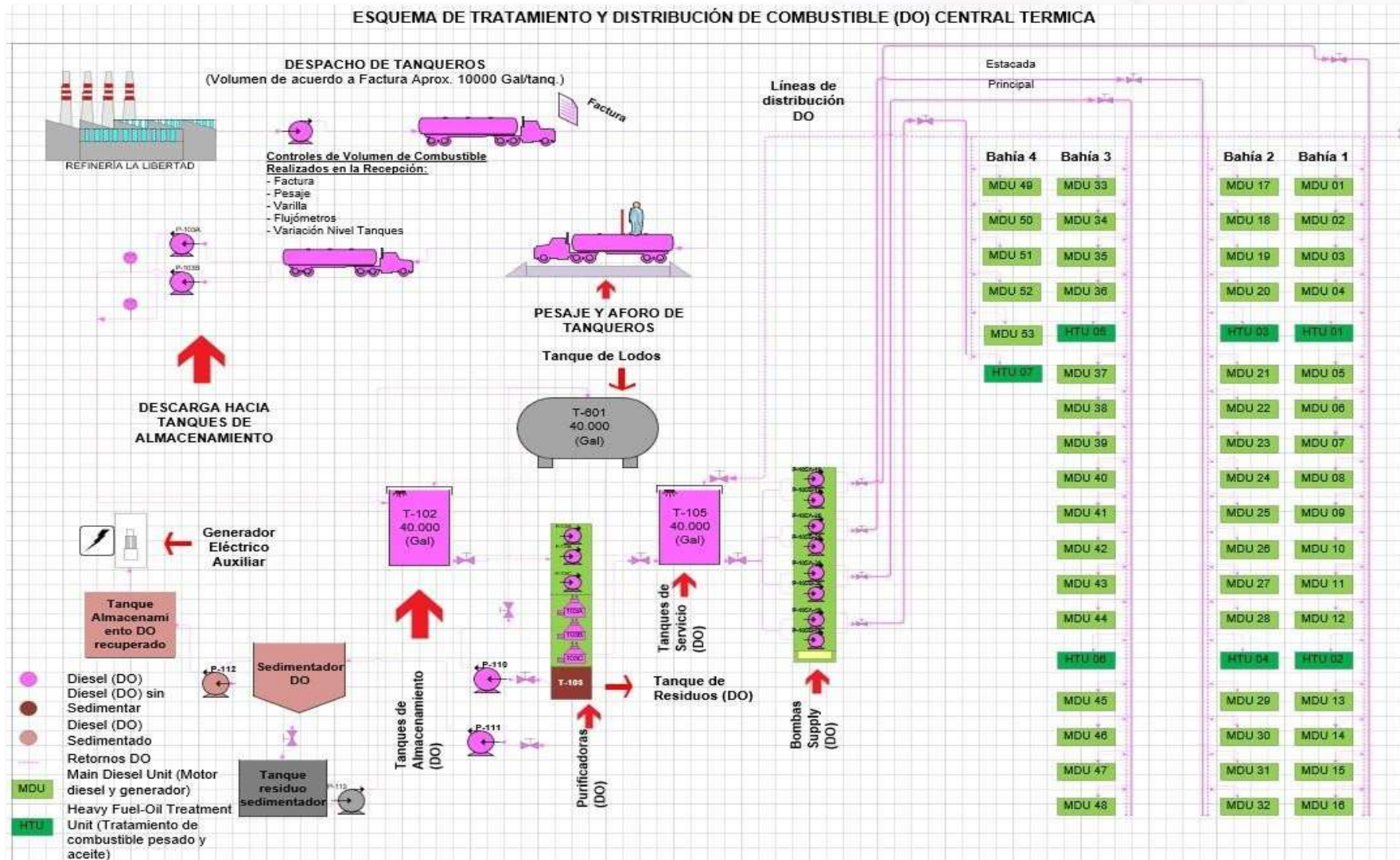


Anexo 7. Esquema de recepción, tratamiento y distribución de diésel

ESQUEMA DE TRATAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE COMBUSTIBLE (DO) CENTRAL TÉRMICA



Anexo 9. Esquema de recepción, tratamiento, distribución y sedimentador de diésel



Anexo 10. Tablero de control Purificadoras de diesel



Anexo 11. Cronómetro y contador de las purificadoras de diesel

| Cronómetro y contador 1 | | | | Apagar | Cronómetro y contador 2 | | | | Apagar | | |
|-------------------------|-------------|---|--------|-----------|-------------------------|-------------|---|--------|--------|-----------|----------|
| T.No | Establecido | Descripción | ON/OFF | | T.No | Establecido | Descripción | ON/OFF | | | |
| T00 | 15 sec | Intervalo de operación de cada válvula de solenoide | ON | | C14 | 10 min | Intervalos de suministro de agua intermitente para cerrar el recipiente | ON | | | |
| T01 | 3 sec | Tiempo de apertura del recipiente | ON | | C15 | 120 min | Intervalos de descarga de sedimentos | ON | | | |
| T02 | 19 sec | Tiempo de suministro de agua de reemplazo | ON | | T16 | 5 sec | Suministro de agua operadora para cerrar el recipiente | ON | | | |
| T03 | 20 sec | Suministro de agua selladora | ON | | C23 | 0 times | Contador de lavado del recipiente | ON | | | |
| T04 | 0 sec | suministro de agua para el lavado del recipiente | ON | | C26 | 0 min | Reiniciador del tiempo del contador de detección de agua | OFF | | | |
| Monitor | | | | Confirmar | Cancelar | Monitor | | | | Confirmar | Cancelar |

| Cronómetro y contador 3 | | | | Apagar | Cronómetro y contador 4 | | | | Apagar | |
|-------------------------|-------------|---|--------|--------|-------------------------|-------------|--|--------|-----------|----------|
| T.No | Establecido | Descripción | ON/OFF | | T.No | Establecido | Descripción | ON/OFF | | |
| C27 | 0 times | Contador de detección de agua | OFF | | mR | 1700 rpm | Velocidad mínima de revolución | ON | | |
| T28 | 40 sec | Tiempo de estabilización inicial | ON | | <R1 | 50 rpm | Velocidad de revolución diferencial para no avanzar | ON | | |
| T29 | 15 sec | Tiempo de espera de la alarma | ON | | <R2 | 40 rpm | Velocidad de revolución diferencial para no descargado | ON | | |
| C30 | 5 min | Tiempo de demora para el arranque del motor | ON | | T(H) | 60 °C | Valor fijado para la alarma de alta temperatura | ON | | |
| T31 | 15 sec | Tiempo de demora del sobreflujo | ON | | T(L) | 20 °C | Valor fijado para la alarma de baja temperatura | ON | | |
| Wc | 1.2 | Coefficiente para WD | OFF | | Monitor | | | | Confirmar | Cancelar |

Anexo 12. Cuarto de purificadoras de diesel



Anexo 13. Tanque de residuos



Anexo 14. Toma de muestras de diesel



Anexo 15. Arranque del generador auxiliar



Anexo 16. Pruebas en baja de 22 kW



Anexo 17. Pruebas de 33 a 35 kW



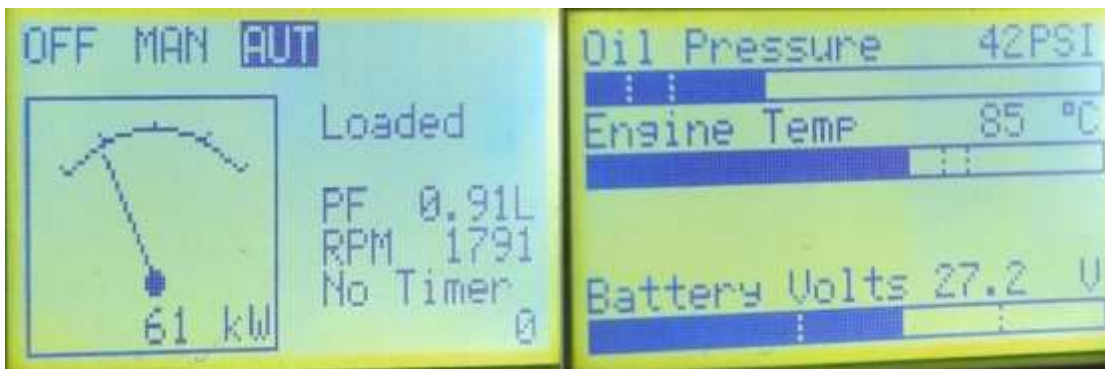
Anexo 18. Pruebas de 43 a 44 kW



Anexo 19. Pruebas a 56 kW



Anexo 20. Pruebas a máxima carga 61 kW



UNEMI
UNIVERSIDAD ESTATAL DE MILAGRO

¡Evolución académica!

@UNEMIEcuador

