



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

Proyecto de Investigación previo
a la obtención del título de
Ingeniero Industrial

Proyecto de Investigación

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL A PARTIR DE
LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA SER
REUTILIZADOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II**

Autores

Josselyn Maricel Murillo Villaprado

Fernando Vladimir Pincay de la Rosa

Director de Proyecto de Investigación

Ing. Rubén Patricio Alcócer Quinteros, Msc.

Quevedo – Los Ríos - Ecuador

2020



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Josselyn Maricel Murillo Villaprado**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Josselyn Maricel Murillo Villaprado

C.C.: 1311206427



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Fernando Vladimir Pincay de la Rosa**, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

La Universidad Técnica Estatal de Quevedo, puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Fernando Vladimir Pincay de la Rosa

C.C.: 1206106013



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. RUBÉN PATRICIO ALCOCER QUINTEROS Msc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **MURILLO VILLAPRADO JOSSELYN MARICEL**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL A PARTIR DE LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA SER REUTILIZADOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II**”, previo a la obtención del título de **INGENIERA INDUSTRIAL**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Ing. Rubén Patricio Alcocer Quinteros Msc.

C.I.: 1711046944

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICACIÓN DE CULMINACIÓN DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

El suscrito, **Ing. RUBÉN PATRICIO ALCOCER QUINTEROS Msc**, Docente de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, certifica que el estudiante, **MURILLO VILLAPRADO JOSSELYN MARICEL**, realizó el Proyecto de Investigación de grado titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL A PARTIR DE LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA SER REUTILIZADOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II**”, previo a la obtención del título de **INGENIERA INDUSTRIAL**, bajo mi dirección, habiendo cumplido con las disposiciones reglamentarias establecidas para el efecto.

.....

Ing. Rubén Patricio Alcocer Quinteros Msc.

C.I.: 1711046944

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



CERTIFICADO DEL REPORTE DE LA HERRAMIENTA DE PREVENCIÓN DE COINCIDENCIA Y/O PLAGIO ACADÉMICO

Por medio del presente me permito certificar, que el Sra. Murillo Villaprado Josselyn Maricel y Pincay de la Rosa Fernando Vladimir, estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial, una vez que se revisó el proyecto de investigación titulado “**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL A PARTIR DE LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE FILTRACIÓN PARA SER REUTILIZADOS EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO**”; tengo a bien certificar que se realizó la revisión respectiva del por medio del sistema Urkund, con un porcentaje favorable del 9%. Se adjunta imagen del sistema **Urkund**.



Ing. Patricio Alcocer Quinteros MSc.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

FACULTAD CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Tema

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FUEL OIL A
PARTIR DE LOS RESIDUOS OBTENIDOS DEL PROCESO DE
FILTRACIÓN PARA SER REUTILIZADOS EN LA CENTRAL
TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II.**

Presentado al Consejo Académico de Facultad como requisito previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial.

Aprobado por:

Ing. Luis Mera Chinga MSc
PRESIDENTE DE TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Rogelio Navarrete Gómez MOL
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE TESIS

Ing. Leonardo Baque Mite MSc
MIEMBRO DE TRIBUNAL DE TESIS

**QUEVEDO – LOS RÍOS – ECUADOR
2020**

Agradecimiento

Por la culminación de este proyecto y la formación como Ingeniera Industrial agradezco en primera instancia a Dios por darme salud y vida en el transcurso de la carrea y mantenerme siempre dentro del margen del camino del bien. A mis padres Stalin Murillo y Rosita Villaprado por brindarme siempre apoyo incondicional durante largos años de estudios, a mis hermanos Jair Murillo y Andrés Murillo por darme la fuerza y perseverancia necesaria a través de sus consejos, a mi esposo Fernando Pincay por ser ese pilar en mi vida motivándome día tras día a ser mejor y jamás dejarme desvanecer.

Expreso mi agradecimiento a los docentes de la Universidad Técnica Estatal de Quevedo UTEQ en especial al Ing. Patricio Alcócer por sus consejos y apoyo para culminar mi carrera, aun siendo Director de este proyecto de investigación siempre estuvo al pendiente de cada una de las correcciones necesarias brindando su respaldo, predisposición y conocimientos aportados para cumplir el objetivo propuesto, al Ing. Leonardo Baque, por ser el maestro no solo en el aula sino ejemplo de vida y a todos mis compañeros que me acompañaron y brindaron su ayuda durante estos 5 años de estudios.

Agradecimiento

Agradezco a mis padres por darme la sabiduría necesaria para seguir adelante, a mi esposa e hija por todo el apoyo brindado, por la paciencia, los consejos ofrecidos para obtener este gran logro.

A todos los docentes que conforman la carrera de Ingeniería Industrial por las enseñanzas otorgadas, el apoyo incondicional en especial al Ing. Patricio Alcócer aparte de ser tutor de este proyecto de investigación es un amigo más que me ha motivado a continuar durante varios años de estudios, de igual manera al Ing. Leonardo Baque que siempre ha estado predispuesto a darme su ayuda incondicional a lo largo de la carrera.

Además, quiero agradecer a la Central Termoeléctrica Quevedo II en especial al Ing. José Camacho, Ing. Edwin Taco, Freddy Chiluiza, Ing. José Boza por haber permitido realizar este proyecto y su ayuda durante el respectivo desarrollo del mismo.

Dedicatoria

Este proyecto de investigación se lo dedico a mis padres quienes me dieron la vida y que con su apoyo me han ayudado a seguir adelante, formándome, aconsejándome y guiándome para ser cada día mejor persona, amiga, hija, compañera, madre, esposa; también quiero dedicarle este logro a una persona muy especial en mi vida mi hija Katesha Pincay aun siendo una niña de tan solo 3 años de edad es el motor de mi vida que me motiva e impulsa para seguir adelante. No esta demás mencionar que sin la ayuda de mis suegros no hubiese alcanzado esta meta ya que han sido un apoyo importante durante esta larga trayectoria es por eso que este logro también se los dedico a ellos.

A mis compañeras, amigas y casi hermanas las famosas “brujas” integrantes de sueños y logros desde que se inició esta gran meta en la carrera de Ing. Industrial con los cuales aprendí trabajo en grupo y a luchar por ser profesional. Además, quiero dedicar parte de este logro a unas bellas mujeres que siempre estuvieron junto a mí cuando más necesite, Erika Huácter, Estefanía Huácter y en especial a mi cuñada Fernanda Pincay.

A mi esposo Fernando Pincay de la Rosa que me ha brindado apoyo incondicional siendo una guía constante en este alcanzable sueño.

Dedicatoria

Este proyecto de investigación se lo quiero dedicar en primer lugar a Dios por permitirme haber culminado con éxito estos 5 años de estudios, a mi madre Gladys Elvira de la Rosa, a mi padre Fernando Pincay Herrera, mis hermanos(as) Jair Pincay de la Rosa, Cristhian Pincay de la Rosa, Fernanda Pincay de la Rosa por estar siempre orientándome con cada palabra, consejo de motivación, a mi esposa Josselyn Murillo Villaprado por no dejarme caer en cada intento y estar presta a escucharme para solucionar cada problema presentado durante esta larga trayectoria, a mi hija Katesha Pincay Murillo por la paciencia y el entendimiento de saber esperar en los tiempos que no podía dedicarle a ella a pesar de tan temprana edad es mi mayor inspiración.

No está de menos dedicarles este logro a mis amistades de siempre, compañeros de aula y de grandes historias compartidas durante varios años como lo son Ingrid Cedeño, Selena Araque, Isamar Moran. Raúl Pincay, Alex Guerrero, Freddy Chiluiza, Marlon Zambrano, Hernán Gutiérrez.

Resumen

Este proyecto se llevó a cabo en la Central Termoeléctrica Quevedo II, el objetivo general empleado es diseñar un sistema de recuperación de fuel oil en la planta de tratamiento de combustible a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración para ser reutilizados en las calderas auxiliares para la generación de vapor y en otras actividades desempeñadas dentro de la misma, analizando cada uno de los resultados alcanzados en los ensayos se obtuvo que el residuo puede ser utilizado en la generación de vapor con un punto de inflamación mayor de (73.5°C) con respecto al combustible utilizado en la generación eléctrica de la central (62.0°C); además el contenido de agua en el fuel oil sedimentado reduce un 6.71%; los métodos analítico, deductivo, inductivo, se utilizaron en la presente investigación, además la técnica Cuasi experimental y las fuentes de recopilación de la información. El estudio realizado ha permitido obtener resultados favorables en cuanto a la recuperación de Fuel Oil que corresponden a un 76.5% de los residuos obtenidos después del proceso de filtración, además se creó mediante software un sistema de recuperación de Fuel Oil conllevando a obtener mejoras dentro del proceso de generación actual en la Central y a su vez se muestra una amplia bibliografía actualizada respecto al tema de estudio. En conclusión, se recupera 375.1653949 galones de Fuel Oil durante las 12 horas de generación se está beneficiando la empresa con \$ 636.05 en el transcurso del año.

Palabras claves: Central Termoeléctrica, Calderas, Fuel Oil, Residuo, Sedimentación.

Abstract

This project was carried out at the Quevedo II Thermoelectric Power Plant, the general objective used is to design a fuel oil recovery system in the fuel treatment plant from the waste obtained from the filtration process to be reused in the boilers auxiliaries for the generation of steam and in other activities carried out within it, analyzing each of the results achieved in the tests it was obtained that the residue can be used in the generation of steam with a flash point greater than (73.5 ° C) with respect to the fuel used in the power generation of the plant (62.0 ° C); furthermore, the water content in the sedimented fuel oil reduced 6.71%; the analytical, deductive and inductive methods were used in the present investigation, in addition to the quasi-experimental technique and the sources of information collection. The study carried out has allowed obtaining favorable results in terms of the recovery of Fuel Oil, which corresponds to 76.5% of the waste obtained after the filtration process, in addition, a Fuel Oil recovery system was created through the software, leading to improvements within of the current generation process in the Central and at the same time shows a wide updated bibliography on the subject of study. In conclusion, 375.1653949 gallons of Fuel Oil are recovered during the 12 hours of generation, the company is benefiting with \$ 636.05 in the course of the year.

Keywords: Thermoelectric Power Plant, Boilers, Fuel Oil, Waste, Sedimentation.

Índice

Introducción.....	1
CAPÍTULO I.....	3
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Problema de investigación.	4
1.1.1. Planteamiento del problema.....	4
1.2. Objetivos.....	7
1.2.1. Objetivo General.....	7
1.2.2. Objetivos Específicos.	7
1.3. Justificación.	8
CAPÍTULO II.....	9
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
2.1. Marco conceptual.....	10
2.1.1. Central Termoeléctrica.	10
2.1.2. Calderas.	10
2.1.3. Clasificación de las calderas.	11
2.1.4. Combustible.....	12
2.1.5. Diésel.	13
2.1.6. Fuel Oil.	13
2.1.7. Residuo.	14
2.1.8. Contaminación Material.	14
2.1.9. Sedimentación.....	15
2.1.10. SOLIDWORKS.	16
2.1.11. ANSYS.	17
2.2. Marco referencial.....	20
2.2.1. Heavy Fuel Oil (HFO).	20
2.2.2. Fuel Oil (HFO 6).....	21
2.2.3. Diésel.	21
2.2.4. Proceso actual del tratamiento de combustible.....	23
2.2.5. Contaminación por la generación de energía eléctrica térmica en Ecuador.	28
2.2.6. Métodos y criterios de validación.....	28
2.2.7. Diagramación.....	31

CAPÍTULO III	34
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	34
3.1. Localización.....	35
3.2. Tipo de investigación.....	36
3.3. Métodos de investigación.	36
3.3.1. Método Analítico.	36
3.3.2. Método deductivo – inductivo.	36
3.4. Fuentes de recopilación de información.	37
3.5. Diseño de la Investigación.	37
3.6. Instrumento de investigación.	37
3.7. Tratamiento de los datos.	37
3.8. Talento humano y materiales.....	38
CAPÍTULO IV	39
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Resultados.....	40
4.1.1. Cálculo del volumen de fuel oil a recuperar a partir de los residuos obtenidos en el tanque de lodos.	40
4.1.2. Modelación del sistema de recuperación para los residuos de fuel oil en la Central Termoeléctrica Quevedo II.....	47
4.1.3. Determinación mediante pruebas de laboratorio el grado de inflamación del fuel oil recuperado.	64
4.1.4. Comprobación del sistema de recuperación para los residuos de fuel oil mediante estudios de análisis económico costo/beneficio.	67
4.2. Discusión de los Resultados.	72
CAPÍTULO V	74
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	74
5.1. Conclusiones.....	75
5.2. Recomendaciones.	76
CAPÍTULO VI	77
BIBLIOGRAFÍA	77
Bibliografía.....	78
CAPÍTULO VII.....	83
ANEXOS.....	83

PLANOS.....	101
-------------	-----

Índice de Tablas

Tabla 1. Modelos y capacidades de Ansys.	18
Tabla 2. Características del fuel oil comercial.....	22
Tabla 3. Símbolos de la Norma ASME para elaborar Diagramas de Flujo.....	32
Tabla 4. Datos del tanque de residuos.	40
Tabla 5. Datos de las medidas del tanque de Fuel Oil.....	41
Tabla 6. Datos para cálculo de volumen de los tanques 102 y 105 a recuperar.	41
Tabla 7. Volumen final del tanque 102 y 105.	43
Tabla 8. Datos de la cantidad de Fuel Oil que se encuentra almacenado y en servicio.	44
Tabla 9. Recuperación del Fuel Oil y eficiencia obtenida.....	45
Tabla 10. Datos para el cálculo del residuo existente en 12 hrs de generación.....	45
Tabla 11. Cantidad de Fuel Oil (a recuperar) en diversos escenarios.	46
Tabla 12. Valores de diseño de la rugosidad de tubos.....	58
Tabla 13. Factor de fricción para tubo de 112.	59
Tabla 14. Resistencia de válvulas y acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería.....	59
Tabla 15. Resultados de las pruebas tomadas en el laboratorio.	65
Tabla 16. Materiales a utilizar.	67
Tabla 17.. Materiales consumibles.	69
Tabla 18. Valor total de costos.	70
Tabla 19. Costos adicionales.	70
Tabla 20. Cálculo de B/C en varios períodos de generación.....	71

Índice de Figuras

Figura 1. Caldera pirotubulares.	11
Figura 2. Caldera acuotubulares.	12
Figura 3. Fuel oil	13
Figura 4. Verificación y Validación estática y dinámica.	30
Figura 5. Ubicación geográfica de la Central Termoeléctrica Quevedo II.....	35
Figura 6. Histograma del Fuel Oil a recuperar.	47
Figura 7. Diseño del sistema de recuperación para los residuos de Fuel Oil.	48
Figura 8. Vista frontal del diseño del sistema de recuperación.	48
Figura 9. Vista lateral derecha del diseño del sistema de recuperación.	49
Figura 10. Vista lateral izquierda del diseño del sistema de recuperación.....	49
Figura 11. Vista superior del diseño del sistema de recuperación.	50
Figura 12. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (Parte 1).....	51
Figura 13. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (Parte 2).....	52
Figura 14. Diagrama de Flujo de Proceso del Sistema de Recuperación de FO.	53
Figura 15. Diagrama de Flujo de Información del Sistema de Recuperación de FO.	54
Figura 16. Coeficiente de resistencia de entrada.	57

Índice de Anexos

Anexo 1. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible sin purificar tanque 102.....	84
Anexo 2. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible purificado tanque 105.....	85
Anexo 3. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible en el tanque de lodos sin sedimentar tanque 103.	86
Anexo 4. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible en el tanque de lodos sedimentado tanque 103.	87
Anexo 5. Muestras del residuo obtenido en el tanque de lodos para ser sedimentado.	88
Anexo 6. Combustible dentro del tanque de purificación.	88
Anexo 7. Tanque de residuo después de la filtración-	89
Anexo 8. Planta de tratamiento de combustible- Purificadoras.	89
Anexo 9. Quemador del caldero auxiliar.	90
Anexo 10. Caldera auxiliar.....	90
Anexo 11. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (parte 1).....	91
Anexo 12. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (parte 2).....	92
Anexo 13. Diagrama de Flujo de Proceso del Sistema de Recuperación de FO.....	93
Anexo 14. Diagrama de Flujo de Información del Sistema de Recuperación de FO.....	94
Anexo 15. Diagrama de Moddy.	95
Anexo 16. Diseño general del sistema de recuperación para los residuos del FO.	96
Anexo 17. Vista frontal del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO..	97
Anexo 18. Vista lateral derecha del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.	98
Anexo 19. Vista lateral izquierda del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.	99
Anexo 20. Vista superior del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.	100
Anexo 21. Ensamble Sedimentador de FO.	102
Anexo 22. Subensamble Estructura Metálica.	103
Anexo 23. Placa de la Brida.	104
Anexo 24. Tanque de Sedimentación.....	105

Índice de Ecuación

Ecuación 1. Fórmula para calcular peso del tanque de residuos con sedimentos.	40
Ecuación 3. Fórmula general para cálculo de volumen del tanque 102 y 105 por medio de integral.	41
Ecuación 3. Cantidad de residuo en 6 hrs de generación.	44
Ecuación 4. Fórmula para calcular el Fuel Oil filtrado en 12 hrs de generación sin eficiencia.	45
Ecuación 5. Fórmula para calcular el FO a recuperar en 12 hrs de generación con eficiencia.	46
Ecuación 6. Ecuación de la energía del sistema.	55
Ecuación 7. Carga total.....	55
Ecuación 8. Velocidad de fluido de la bomba.	56
Ecuación 9. Fórmula de la pérdida en la entrada de la bomba.	56
Ecuación 10. Fórmula para el numero de Reynold.....	57
Ecuación 11. Fórmula de la pérdida de energía en la válvula de la línea de descarga.	60
Ecuación 12. Fórmula de la pérdida de energía en codos a 90°.	61
Ecuación 13. Fórmula de la pérdida por fricción en la línea de descarga.	61
Ecuación 14. Fórmula de la pérdida en la salida.	62
Ecuación 15. Fórmula de la pérdida total.	62
Ecuación 16. Fórmula para la carga total de la bomba.....	63
Ecuación 17. Fórmula para la potencia suministrada a la bomba.....	63
Ecuación 18. Fórmula para el cálculo del peso específico.	63
Ecuación 19. Fórmula para cálculo del B/C.	71
Ecuación 20. Cálculo del B/C en 12 hrs de generación.....	71

Código Dublín

Título:	Diseño de un Sistema de Recuperación de Fuel Oil a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración para ser reutilizados en la Central Termoeléctrica Quevedo II				
Autores:	Fernando Vladimir Pincay de la Rosa Josselyn Maricel Murillo Villaprado				
Palabras claves:	Central Termoeléctrica	Calderas	Fuel Oil	Residuo	Sedimentación
Fecha de publicación:	29-mar- 2020				
Editorial:	Quevedo UTEQ 2020				
Resumen	Este proyecto se llevó a cabo en la Central Termoeléctrica Quevedo II, el objetivo general empleado es diseñar un sistema de recuperación de fuel oil en la planta de tratamiento de combustible a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración para ser reutilizados en las calderas auxiliares para la generación de vapor y en otras actividades desempeñadas dentro de la misma, analizando cada uno de los resultados alcanzados en los ensayos se obtuvo que el residuo puede ser utilizado en la generación de vapor con un punto de inflamación mayor de (73.5°C) con respecto al combustible utilizado en la generación eléctrica de la central (62.0°C); además el contenido de agua en el fuel oil sedimentado reduce un 6.71%; los métodos analítico, deductivo, inductivo, se utilizaron en la presente investigación, además la técnica Cuasi experimental y las fuentes de recopilación de la información. El estudio realizado ha permitido obtener resultados favorables en cuanto a la recuperación de Fuel Oil que corresponden a un 76.5% de los residuos obtenidos después del proceso de filtración, además se creó mediante software un sistema de recuperación de Fuel Oil conllevando a obtener mejoras dentro del proceso de generación actual en la Central y a su vez se muestra una amplia bibliografía actualizada respecto al tema de estudio. En conclusión, se recupera 375.1653949 galones de Fuel Oil durante las 12 horas de generación se está beneficiando la empresa con \$ 636.05 en el transcurso del año.				

	Palabras claves: Central Termoeléctrica, Calderas, Fuel Oil, Residuo, Sedimentación. Abstract: This project was carried out at the Quevedo II Thermoelectric Power Plant, the general objective used is to design a fuel oil recovery system in the fuel treatment plant from the waste obtained from the filtration process to be reused in the boilers auxiliaries for the generation of steam and in other activities carried out within it, analyzing each of the results achieved in the tests it was obtained that the residue can be used in the generation of steam with a flash point greater than (73.5 ° C) with respect to the fuel used in the power generation of the plant (62.0 ° C); furthermore, the water content in the sedimented fuel oil reduced 6.71%; the analytical, deductive and inductive methods were used in the present investigation, in addition to the quasi-experimental technique and the sources of information collection. The study carried out has allowed obtaining favorable results in terms of the recovery of Fuel Oil, which corresponds to 76.5% of the waste obtained after the filtration process, in addition, a Fuel Oil recovery system was created through the software, leading to improvements within of the current generation process in the Central and at the same time shows a wide updated bibliography on the subject of study. In conclusion, 375.1653949 gallons of Fuel Oil are recovered during the 12 hours of generation, the company is benefiting with \$ 636.05 in the course of the year. Keywords: Thermoelectric Power Plant, Boilers, Fuel Oil, Waste, Sedimentation.
Descripción:	127 hojas: dimensiones, 29 x 21 cm + CD – ROM 3085
URI	

Introducción

Los combustibles tienen una función importante en nuestra sociedad, se los utiliza para el funcionamiento de máquinas industriales, en los vehículos de transporte y de carga, principalmente y a su vez el emplazamiento de Centrales Termoeléctricas que permiten mediante la quema de combustibles la obtención de la Energía Eléctrica que se utiliza para distintas finalidades. Es así, como en la actualidad los combustibles tales como el fuel oil se han convertido en una necesidad, la cual es satisfecha por las industrias dedicadas al refinamiento del petróleo. [1]

Parte del proceso de generación termoeléctrica implica el uso de combustibles fósiles como el fuel oil, en la etapa de filtración la misma que genera importantes residuos sin que sean tratados de forma adecuada, siendo llevado a tanques de almacenamiento para ser transportados a otra ciudad sin darles ninguna importancia

Diseñar un sistema de recuperación de residuos de fuel oil, después del proceso de filtración revierte gran importancia desde el punto de vista de protección ambiental y por ende de tipo económico en industrias de generación termoeléctrica, ya que actualmente utilizan combustibles fósiles para la generación de energía eléctrica, manteniendo un sistema de purificación de diésel adecuado utilizados en los motores de combustión interna Hyundai 9H21/32; siendo este tipo de combustible no reutilizado para ninguna otra operación dentro de la empresa.

En el trabajo de investigación se ha realizado, mediante pruebas de campo, el nivel de sedimentación del diésel obtenido a partir de los residuos después del proceso de filtración, para ello se necesitó pruebas de laboratorio para la debida verificación del grado de inflamación del mismo; lo cual ha permitido continuar con el desarrollo de esta investigación.

Es por esto la necesidad de reutilizar este fuel oíl en diferentes actividades tales como el funcionamiento de calderas auxiliares, remoción de combustible bunker de partes y elementos de máquinas en la central termoeléctrica Quevedo II.

CAPÍTULO I
CONTEXTUALIZACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. Planteamiento del problema.

La Central Termoeléctrica Termopichincha CELEC EP al ser una empresa que cuenta con gran capacidad de generación de energía, aproximadamente 47.6 MW, energía suficiente para alimentar a 50 poblaciones pequeñas, en la actualidad existen elevados consumos de fuel oil lo que conlleva a excesivos costos para diversas actividades dentro de la central, así mismo este residuo contamina en gran parte al medio ambiente ; como consecuencia del mal uso que se les da a los residuos de este combustible luego del proceso de filtración, dando iniciativa a mejorar dicho proceso para beneficio de la empresa y la comunidad en general.

1.1.2. Diagnóstico.

En el área de mantenimiento se utiliza cada 8 días 100 litros de fuel oil para la remoción de combustible (bunker) de partes y elementos mecánicos, los cuales generan gastos adicionales a la empresa; luego que el combustible pasa por el proceso de filtración se clasifica el fuel oil óptimo para la generación de energía eléctrica y los residuos del mismo, después del proceso antes mencionado una gran parte de este combustible es utilizado para los mantenimientos respectivos que se le da a los equipos causando un elevado consumo de fuel oil.

El proceso de filtración en la central es poco óptimo porque los residuos que se separan aún contienen cantidades de fuel oil disueltos en el mismo, el cual es almacenado en un tanque de lodos, después de ser filtrado y utilizado este combustible es desechado en excesivas cantidades para después transportar a otra ciudad, lo que genera un impacto ambiental negativo provocando un alto índice de contaminación en las fuentes de agua lo cual se desconoce que 1 litro de fuel oil usado puede contaminar 1000 litros de agua y conllevando

a tener máquinas obsoletas porque no cumplen en su totalidad con las funciones previstas; lo cual estos residuos pueden ser recuperado mediante un proceso de sedimentación durante un determinado tiempo comprobando mediante pruebas de laboratorio si el grado de inflamación del fuel oil recuperado es similar al fuel oil óptimo que se emplea en la central para poder ser reintegrado al proceso de generación o empleado en diversas labores, principalmente las que se llevan a cabo en el área de mantenimiento; observando esta situación se debe fomentar la recuperación de este combustible mediante el diseño de un sistema de recuperación de fuel oil a partir de los residuos obtenidos del proceso de filtración para ser reutilizados en la Central Termoeléctrica Quevedo II.

1.1.2.1. Pronóstico.

La consecuencia de no solucionar este problema adecuadamente repercutiría a la empresa y al medio ambiente en general, derivando en situaciones como siguen:

- ✓ Costos de operación elevado.
- ✓ Excesivos costos de mantenimiento.
- ✓ Mayor cantidad de CO₂ al medio ambiente.

1.1.2.2. Formulación del problema.

¿Las cantidades excesivas de residuos de fuel oil afectan en gran parte a la empresa por los costos excesivos en operación?

1.1.3. Sistematización del problema.

- ¿Cuál será el nivel de sedimentación en el fuel oil obtenido a partir de residuos después del proceso de filtración?
- ¿El fuel oil utilizado en la generación de energía eléctrica tendrá el mismo grado inflamación con el que se pretende recuperar?
- ¿La recuperación de fuel oil permitiría reducir los costos de operación en la Central Termoeléctrica?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema de recuperación para los residuos de fuel oil en la Central Termoeléctrica Quevedo II.

1.2.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Calcular el volumen de fuel oil a recuperar a partir de los residuos obtenidos en el tanque de lodos.
- ✓ Modelar el sistema de recuperación para los residuos de fuel oil en la Central Termoeléctrica Quevedo II.
- ✓ Determinar mediante pruebas de laboratorio el grado de inflamación del fuel oil reciclado.
- ✓ Comprobar el sistema de recuperación para los residuos de fuel oil mediante estudios de análisis económico costo/beneficio.

1.3. Justificación.

En la presente investigación se diseñó un sistema de recuperación para los residuos de fuel oil para luego ser empleados en diversas labores que necesiten del uso de este residuo recuperado dentro de la empresa , contribuyendo a disminuir el consumo excesivo de este combustible por parte de mantenimiento, remoción de búnker en piezas y partes mecánicas, además se reduciría las emisiones de CO₂ en la extracción de este combustible fósil a partir del petróleo lo que le permite ser amigable con el ambiente.

Al reutilizar esta materia prima tiene como objetivo reducir los costos de producción, disminuyendo excesivas cantidades de residuos de diésel después del proceso de filtración. Las pruebas realizadas en laboratorio se procuró obtener deducciones óptimas en cuanto al grado de inflamación de este residuo, recuperando sus propiedades y características físicas-químicas, aplicar alternativas posibles que puedan ser implementadas e incorporadas dentro de la misma infraestructura a través del diseño de un sistema de recuperación en residuos de fuel oil tomando en cuenta que resultaría más provechoso para la Central la reutilización de estos residuos recuperados lo que justifica la importancia de esta investigación.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

2.1. Marco conceptual.

2.1.1. Central Termoeléctrica.

Una central termoeléctrica es una instalación en donde la energía mecánica que se necesita para mover el rotor del generador, y por tanto obtener la energía eléctrica, se lo hace a partir del encendido en fuel oil de las máquinas de combustión interna para así generar gases que son llevados a una caldera para hervir el agua. El vapor generado tiene una gran presión, y se hace llegar para calentar tanques, planta de tratamiento de combustible obteniendo un HFO óptimo para ser utilizados en las máquinas. [2]

Una central termoeléctrica se forma de una caldera y una turbina que mueve el generador eléctrico. La caldera es el elemento fundamental, y en ella se produce la combustión del carbón, fuelóleo o gas. [2]

2.1.2. Calderas.

Una caldera, en la industria, es una máquina, recipiente cerrado o un dispositivo industrial diseñado para generar vapor; en el cual el agua se evapora en forma continua por la aplicación de calor por medio de gases. Este vapor se genera a través de la transferencia de calor a presión constante, en el cual el fluido generalmente en estado líquido, se calienta y cambia ese ciclo a vapor saturado. [3]

2.1.3. Clasificación de las calderas.

2.1.3.1. Calderas pirotubulares.

Son aquellas en las que los gases de la combustión circulan por el interior de los tubos y el líquido se encuentra en una cámara atravesada por 8 tubos. Son de aplicación, principalmente, cuando la presión de trabajo es inferior a los 22 bar. [4]

El vapor producido por estas calderas suele tener un título de vapor cercano a 1, es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es bajo (3 %), no siendo necesario, en la mayoría de casos, instalar equipos auxiliares complementarios. [4]

Figura 1. Caldera pirotubulares.



Fuente: (MARVIN AGUILAR,2015) [4]

2.1.3.2. Calderas acuotubulares.

Son aquellas calderas en las que el fluido de trabajo se desplaza por el interior de tubos durante su calentamiento y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Son de aplicación cuando se requiere una presión de trabajo por encima de los 22 bar. [4]

En el caso de las calderas de vapor, el título de vapor es muy bajo (0,85), es decir, que el contenido de agua por unidad de masa es muy alto (15 %) sino se le añaden subconjuntos de secadores del vapor, tales como recalentadores o sobrecalentadores. [4]

Figura 2. Caldera acuotubulares.



Fuente: (MARVIN AGUILAR,2015) [4]

2.1.4. Combustible.

Es un material que cuando cambia o transforma su estructura química es por causa a una oxidación violenta con desprendimiento de calor, es capaz de independizar ciertas cantidades de energía. Estas cantidades dependerán del tipo de combustible y de su naturaleza. Esta liberación de la energía debido a su quema o combustión se realiza a una forma utilizable por el ser humano de forma directa o mediante algún mecanismo. Uno de los problemas de ciertos combustibles, es que después de la combustión y liberación de la energía, dejan ciertos residuos en el ambiente como el hollín. [5]

2.1.5. Diésel.

Es un líquido denso y aceitoso con valores de densidad de 0,9 g/ml y destila a temperaturas de 275°C y 325°C, y sus componentes son formados por hidrocarburos de más de 18 átomos de carbono. [6]

El diésel se considera un combustible más eficiente, por lo general contiene aditivos que ayuda a mejorar las cualidades y prestaciones de motores, cuantas más calidades tengan éstos, mejor rendimiento a nivel de potencia y de cuidado de todos los elementos que formen parte del equipo. [7]

2.1.6. Fuel Oil.

Son derivados del petróleo, preparados mediante mezclas de fracciones pesadas (principales de la destilación y de los procesos de conversión) con diluyentes (destilados livianos) hasta cumplir los requerimientos de calidad (viscosidad, metales, azufre) exigido fuel oil para su uso como combustible. [8]

Figura 3. Fuel oil



Fuente: (PETROPAR,2013) [8]

2.1.7. Residuo.

Este producto no llega a destilar y el fuel oil que se extrae de una base desde la torre es un líquido negro y viscoso de excelente poder calorífico alrededor de 10.000 cal/g, este combustible generalmente es muy usado como combustible en fábricas de cemento y vidrio, además puede ser sometido a una segunda destilación fraccionada en la que se trabajan a presiones muy reducidas. [9]

2.1.8. Contaminación Material.

La contaminación material, consiste generalmente de agua o sedimentos.

Agua: La presencia de agua es detectada normalmente en todos los sistemas de combustión en forma visual o bien mediante el uso de hidrokit. Puede entrar al tanque durante la recepción del combustible, a través de filtraciones especialmente de los tanques de almacenamiento. Se puede encontrar tanto como agua dulce o salada. El agua puede estar en estado disuelta, encerrada o libre. [10]

Agua disuelta: Cuando se muestra en solución en el combustible. La cantidad de agua disuelta que puede haber en el combustible, depende de la temperatura de éste y de su composición química (los aromáticos son los principales causantes de la cantidad de agua que un combustible puede disolver), la cantidad de agua disuelta es pequeña y se mide en partes por millón. Un 10% de aromáticos puede retener 54 ppm de agua. El agua no puede ser sacada si no existe un equipo apropiado en el sistema de manipulación de combustibles. [10]

Agua encerrada: Se encuentra en suspensión dentro del combustible a manera de gotas muy pequeñas que no son visibles a simple vista, pero al aumentar le da un aspecto lechoso o nublado al combustible. El agua puede quedar atrapada en el combustible mediante la condensación de humedad atmosférica en la mezcla vapor-aire en el tanque cuando desciende la temperatura ambiente. Esta agua puede ser diluida en el combustible mediante acción mecánica, como por ejemplo bombas. La mayor parte de esa agua atrapada saldrá del combustible siempre y cuando éste no contenga contaminantes tales como surfactantes que mantienen en suspensión el agua. El agua atrapada se puede extraer mediante acción coercitiva de filtros separadores. [10]

Agua libre: Toda el agua que no está en forma de solución en el combustible recibe el nombre de agua libre. Este término se usa para indicar que el agua se ha decantado en el combustible o que se ha integrado a gotas grandes, permitiendo de este modo ser extraída del sistema por medio de drenajes. [10]

Sedimentos: El sedimento aparece en el combustible como polvo, suciedad, granos y escamas. Estos sólidos o sedimentos pueden venir de estanques de alimentación, receptáculos ferrosos o container, filtros o filtros separadores, válvulas, bombas, medidores, cañerías, mangueras, empaquetaduras, diagramas y sellos. El óxido es el tipo más común de contaminación sólida. Las partículas dañinas de sedimentos pueden ser extremadamente pequeñas, las superiores a 10 micrones se consideran gruesas y las inferiores de 10 micrones se consideran finas. Las partículas inferiores a 150 micrones pueden ser retiradas por filtros separadores. [10]

2.1.9. Sedimentación.

Se lo define al proceso natural por el cual las partículas más pesadas que el agua, que se encuentran en su cavidad en suspensión, son removidas por la acción de la gravedad. [11]

La sedimentación, “es el proceso en el cual los sedimentos se depositan en determinadas zonas de la superficie”. Los sedimentos son materias sólidas, en forma de partículas o granos, que se encuentran en la superficie terrestre y que son producto de un conjunto de procesos y fenómenos naturales como los vientos, las lluvias, las variaciones de temperatura, el arrastre de aguas o la acción de agentes químicos. [12]

2.1.10. SOLIDWORKS.

SOLIDWORKS es un software de diseño CAD 3D (diseño asistido por computadora) para modelar piezas y ensamblajes en 3D y planos en 2D. El software que ofrece un abanico de soluciones para cubrir los aspectos implicados en el proceso de desarrollo del producto. Sus productos ofrecen la posibilidad de crear, diseñar, simular, fabricar, publicar y gestionar los datos del proceso de diseño. [13]

La labor de SOLIDWORKS en el proceso de desarrollo del producto es muy específica, las soluciones ayudan a acelerar el proceso ahorrando tiempo y dinero dando paso a la innovación de los productos. [13]

Cuando en la mayoría de las empresas la cadena de valor es un proceso secuencial en el que necesitan terminar las fases anteriores para iniciar las nuevas, las soluciones de SOLIDWORKS permiten llevar el proceso en paralelo en lugar de secuencialmente, con el fin de ganar tiempo y poder tomar mejores decisiones empresariales creando mejores diseños. [13]

2.1.11. ANSYS.

Ofrece un conjunto de software que abarca toda una gama de la física, ayudando a las empresas a obtener el mejor valor para la inversión en simulación de ingeniería, ya que cuenta con las más avanzadas herramientas de Computer-Aided Engineering (CAE) en el área de fluidodinámica, análisis estructural y electromagnetismo y multifísica. [14]

El desarrollo de productos guiados por simulación lleva la ingeniería a un nuevo nivel; el de la excelencia y precisión del software, junto con su increíble escalabilidad de ingeniería y arquitectura adaptativa, definen la tecnología ANSYS además de cualquier otra herramienta de CAE. Estas ventajas agregan valor al proceso de proyecto de ingeniería, proporcionando eficiencia, generando innovación y reduciendo restricciones físicas, permitiendo pruebas simuladas que serían prácticamente imposibles de realizar con prototipos físicos. [14]

2.1.11.1. Simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD).

La dinámica de fluidos computacional (CFD) es una de las herramientas con sorprendente flexibilidad, precisión y amplitud de aplicación. Pero un CFD serio, del tipo que suministra información para ayudarlo a optimizar sus diseños, puede estar fuera de alcance a menos que elija su software con cuidado. Para obtener resultados serios de CFD, necesita un software serio. Ansys CFD va más allá de los resultados cualitativos para ofrecer predicciones cuantitativas precisas de interacciones y compensaciones de fluidos. Estas ideas revelan oportunidades inesperadas para su producto, oportunidades que incluso los analistas de ingeniería experimentados pueden perder. [15]

2.1.11.2. Flujos multifásicos.

Lo más probable es que la simulación de fluidos contenga flujos multifásicos como ebullición, cavitación, flujos multifásicos dispersos, flujos inmiscibles y flujos con partículas. Ansys CFD proporciona la gama más amplia de turbulencias sofisticadas y modelos físicos para simular con precisión los desafíos más difíciles para que pueda predecir con confianza el rendimiento de su producto. [15]

Gran cantidad de las simulaciones de fluidos contienen flujos multifásicos. Ya sea que esté diseñando un transporte súper rápido y necesite contrarrestar la acumulación de hielo, desarrollando una prueba de enzimas en la sangre, entregando y derritiendo compuestos de polvo metálico inauditos para la fabricación aditiva, o diseñando un sistema de filtración para proporcionar agua potable limpia en una ubicación remota, Estás resolviendo problemas multifásicos. [15]

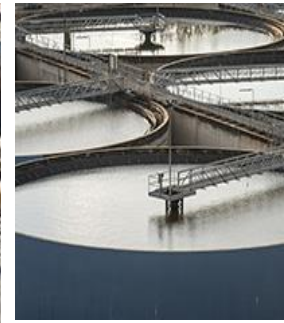
2.1.11.3. Modelos y Capacidades de flujos multifásicos para interacción.

A continuación, se muestra la tabla para encontrar los modelos y capacidades de Ansys que pueden resolver problemas de simulación multifase en flujos líquidos y sólidos.

Tabla 1. Modelos y capacidades de Ansys.

Modelos multifase	Flujos de lodo	Sedimentación
	Movimiento de un líquido que transporta partículas sólidas dispersas.	Las partículas suspendidas se depositan en el fluido y descansan contra una barrera.
	Transporte de lodos, hidrotransporte y	Procesamiento de minerales y residuos.

procesamiento de
minerales.



Euler-Euler
Modela
gotitas,
burbuja o
partículas
dispersas en
una fase fluida
continua. Las
partículas
dispersas
actúan como
un continuo y
no se rastrean
individualmen
te.

Modelo de Eulerian
Modela con
precisión múltiples fases
separadas pero
interactivas, incluidos
líquidos, gases o sólidos
en cualquier combinación.

Modelo de mezcla
Simplifica el modelo de
Eulerian cuando la carga
de la fase dispersa es
pequeña.

Euler-Granular
utiliza un enfoque
euleriano para modelar
partículas dispersas en un
fluido continuo. El
movimiento de partículas
de tamaño uniforme se
modela utilizando
promedios, no
individualmente.



Interacciones
partícula-partícula
importantes

FUENTE: ANSYS

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

2.2. Marco referencial.

2.2.1. Heavy Fuel Oil (HFO).

Búnker, como se conoce en Ecuador, es un combustible residual de alto poder calorífico de bajo costo relativo. Por lo general, según las especificaciones internacionales, el HFO ecuatoriano se cataloga como fuel oil N° 6. Sus aplicaciones son numerosas en diferentes tipos de industrias, esencialmente el HFO se usa en motores navíos mercantes, en combustión por vaporización en calderos industriales, así como en centrales termoeléctricas, entre otros. [16]

Es un combustible líquido que se obtiene por el proceso llamado desintegración térmica o visbreaking, en dicho proceso se hace una ruptura de moléculas grandes en moléculas más pequeñas lo cual permite la reducción de la viscosidad del producto inicial para posteriormente realizar la mezcla con el diluyente cutter stock, con el fin de cumplir los parámetros que indican en las normativas correspondientes, que para el Ecuador es la norma INEN 1983, segunda revisión. [16]

La composición de este crudo varía sustancialmente debido al método de producción del HFO y a la calidad del petróleo del proceso de refinación. Como consecuencia, sus propiedades termodinámicas tales como la viscosidad, la densidad y la capacidad calórica también muestran una común variabilidad y dependencia al proceso de producción. Esta característica del crudo induce incertidumbre en la determinación de funciones características en el modelamiento computacional del HFO, sin embargo, la inexactitud computacional puede ser mitigada con un amplio proceso de caracterización del bunker ecuatoriano. [17]

Para el caso ecuatoriano, el HFO es el resultado de diluir combustibles más ligeros como el diésel con el producto que se obtiene al llevar a cabo el proceso de cracking 1 terminó en el residuo de la torre de fraccionamiento a presión atmosférica. Esta etapa garantiza obtener las exigencias técnicas y de bombeo dinámicas del operador. Como consecuencia natural de este proceso de refinamiento el HFO es catalogado como un fluido altamente viscoso por lo que se transporta fácilmente por tierra (utilizando camiones o tráiler), para su utilización es necesario bajar sus niveles de viscosidad y se requiere utilizar un sistema de precalentamiento y calentamiento, tal como propongo en este proyecto. [16]

2.2.2. Fuel Oil (HFO 6).

El fuel oil contiene mezclas complejas de componentes con un peso molecular relativamente elevado. Contiene hidrocarburos aromáticos policíclicos (fenantrenos, benzopirenos, antracenos) y en pequeña proporción hidrocarburos aromáticos menos pesados (tolueno, etilbenceno, xileno). Esta mezcla de hidrocarburos puede representar hasta el 50% del crudo original (petróleo). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs) son un conjunto de productos químicos hidrocarbonados que se encuentran en gran cantidad como componentes naturales del petróleo, debido a su formación anaerobia y por tanto a la tendencia a formar moléculas que solamente contienen átomos de carbono e hidrógeno. El fuel oil se usa como combustible para plantas de energía eléctrica, calderas y hornos. [18]

2.2.3. Diésel.

El diésel es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre 850 kg/m³ (0,850 g/cm³), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción. Su poder calorífico es de 8.800 kcal/kg. Es generalmente más simple de refinar que la gasolina y el coste 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. [18]

2.2.3.1. Clasificación del fuel oil.

En Refinería Esmeraldas se produce dos tipos de fuel oil, fuel oil 4 A y el fuel oil No. 6, cada uno de ellos con las siguientes características:

Tabla 2. Características del fuel oil comercial

Requisitos	Unidad	4 A		4 B		6		Método de ensayo
		min.	máx.	min.	máx.	min.	máx.	
Densidad Relativa a (15,6 °C/15,6 °C)		Informar		Informar		Informar		ASTM D1298 ASTM D93
Punto de Inflamación	°C	60	-	60	-	60	-	ASTM D93
Punto de Escurrecimiento	°C	-	12	-	12	-	15	ASTM D97
Viscosidad cinemática a 50 °C	mm ² /s ²	400	510	420	510	510	600	ASTM D445
Contenido de agua y sedimento	% v/v	-	0,5	-	1,0	-	-	ASTM D2709
Contenido de cenizas	% p/p	-	0,1	-	0,2	-	0,2	ASTM D482
Contenido de azufre	% p/p	-	1,5	-	2,3	-	2,5	ASTM D4294

FUENTE: INEN ECUADOR

ELABORADO: ENRIQUE TANCREDO YUNDA MÉNDEZ

2.2.3.2. Obtención del fuel oil.

El fuel oil se lo obtiene en la Refinería de Esmeraldas a partir de una mezcla del fuel oil base más un diluyente llamado cutter stock. Esta mezcla se realiza en un tanque de mezclado o blending fuel oil, que finalmente esta mezcla toma el nombre de fuel oil comercial. El fuel oil base, en la Refinería Esmeraldas se obtiene a partir de la mezcla de residuos que resultan de ciertos procesos a los cuales es sometido el petróleo para su refinación, como la destilación atmosférica, destilación al vacío y visbreaking. En casos particulares los residuos de la destilación atmosférica y destilación al vacío no se someten al proceso de viscoreducción (visbreaking) con la finalidad de obtener un fuel oil comercial con ciertas características. [16]

Normalmente, el residuo atmosférico es ingresado a la columna de vacío y este residuo de vacío ingresa al proceso de viscoreducción o visbreaking con el fin de reducir la viscosidad de esta corriente mediante el craqueo térmico. De esta forma se reduce el tamaño de las moléculas, lo cual permite disminuir la viscosidad del fuel oil base. [16]

A esta corriente que sale del proceso de visco reducción se le añade una cantidad de aceite cíclico proveniente de la Unidad de Craqueo Catalítico de Lecho Fluidizado (FCC) con el fin contribuir en la reducción de la viscosidad del fuel oil base que llegará al tanque de mezclado para finalmente ser mezclado con el cutter stock. [16]

2.2.4. Proceso actual del tratamiento de combustible.

El proceso actual del tratamiento de combustible de la Central Quevedo comprende:

- **Recepción de Combustible.**

El combustible líquido es suministrado por los carros tanques y luego es bombeado directamente a los tanques de almacenamiento. Para determinar la cantidad de producto en el tanque es necesario el uso de una vara de medir en buenas condiciones y la tabla de conversión del tanque. La tabla de conversión del tanque es un listado que indica el volumen contenido a cada nivel de producto dado. [19]

- **Almacenamiento de Combustible.**

El almacenamiento diario se lo realiza en tanques cuyo material de construcción sea resistente a la corrosión y apropiado para evitar la formación de contaminantes internos. Estos tanques no deben estar formados por materiales con alto contenido de cobre o recubiertos de zinc. La capacidad de cada uno de ellos es de 600.000 galones de HFO y de un tanque de 100000 galones de Fuel Oil y están instalados en el patio de depósito, a una distancia de 100 metros desde la central termoeléctrica y se abastecen desde el camión cisterna por medio de una bomba de descarga. [19]

- **Transferencia de Combustible.**

El fuel oil y HFO es bombeado desde los depósitos de almacenamiento principales, hacia el tanque intermedio para combustible, a través de la línea de transferencia de fuel oil y HFO. El tanque intermedio está equipado en su interior con medidores de nivel, los mismos que controlan el accionamiento de la válvula automática de la línea de transferencia según el nivel del tanque intermedio sea alto o bajo. [19]

- **Sedimentación de Combustible.**

El contenido de agua y sólidos que se manifieste en el combustible debe ser controlado. El agua, por tener una densidad mayor al combustible, se depositará en el fondo del tanque. Para verificar la cantidad de agua en el fondo del tanque, se puede recurrir al sistema de control por reacción química de un medio con el agua. Se introduce un peso dentro del tanque que lleva una sustancia que reacciona con el agua verificándose así la presencia de agua. (Pastas de Agua). [19]

La sedimentación del combustible pesado HFO se lleva a cabo en 3 tanques de capacidad de 50.000 galones cada uno. La sedimentación implica el asentamiento por gravedad de las partículas sólidas suspendidas en un líquido. Puede dividirse en dos clases: sedimentación de materiales arenosos y desimantación de limos. Por lo general, en la sedimentación conlleva la separación del agua contenida en el combustible por efectos de condensación, o sea también por efectos mismos de la refinación, también se generarán sólidos residuales como los sedimentos arenosos, productos que se trata de un combustible pesado o residuo de petróleo. [16]

- **Purificación de Combustible.**

Desde el tanque intermedio de HFO y fuel oil el combustible pasa a la fase de purificación. La planta dispone de cuatro purificadoras de HFO y tres de fuel oil, las cuales entran en funcionamiento según sea el número de motores en operación. El objetivo de la purificación del combustible es el separar el agua y eliminar las impurezas. El circuito de HFO y fuel oil alimenta al tanque de servicio instalado en el tejado de la cámara de máquinas auxiliares, por medio de la bomba con purificadora, luego de que la pasta diluida ha sido eliminada por acción de las cuatro purificadoras. [19]

- **Tanques de suministro o servicio.**

La planta CELEC EP dispone de tres tanques de suministro con capacidad para 40.000 galones, en los cuales recibe el combustible que ha sido procesado en las purificadoras, de aquí el combustible está listo para ser utilizado en los motores de combustión interna denominados MDO. [16]

- **Bombas de alimentación.**

El combustible es suministrado a las unidades HTU o plantas de tratamientos para su mejoramiento de condiciones de temperatura para su uso en las unidades de generación, es bombeado hasta las mismas a través de un sistema de bombeo, uno por cada bahía, el cual tiene dos bombas, una de servicio y una de stand by, trabajando de manera alternada de acuerdo a la programación de mantenimientos. [16]

- **Sistema HTU.**

El combustible que ingresa al sistema de HTU es recirculado a través de intercambiadores de calor para lograr una temperatura de trabajo de 140°C y puede ser suministrado a las unidades de generación, no sin antes de haber pasado por otro sistema de filtrado automático. [16]

- **Preparación y calentamiento de combustible.**

El combustible que se recibe en el tanque 101 A-B, pasa a un separador de partículas que eleva la temperatura de 40 a 60 grados, luego a un booster que les da una temperatura a 140 grados y finalmente ingresa al sistema de inyección de la máquina. [16]

- **Verificación.**

Se verifican las condiciones y permisibles que necesita la máquina previa al encendido. [16]

- **Encendido del motor.**

Se da el encendido mediante el Panel de control local (PCL) quitando el bloqueo mecánico e inyectando aire comprimido en las toberas de 9 cilindros para que este empuje los pistones y el motor comience a girar. [16]

- **Sincronización de la Unidad.**

Una vez que está la unidad en vacío se procede a cerrar el disyuntor iniciando la producción de energía con salida a 13,8 kilovoltios. [16]

2.2.5. Contaminación por la generación de energía eléctrica térmica en Ecuador.

Todo tipo de generación de energía eléctrica mediante plantas térmicas conlleva a causar cierto tipo de contaminación para el medio ambiente y principalmente el agua, estos contaminantes se relacionan con la tecnología que se utilice para generar electricidad. Los principales residuos se generan en las centrales de generación térmicas en el Ecuador, esto se debe al uso de combustibles fósiles como fuel oil, el cual genera cenizas y humos como: SO_x (óxidos de azufre), CO_2 (dióxido de carbono) y NO_x (óxidos de nitrógeno). Además, producen un cambio en la temperatura del agua y muchas veces su contaminación debido al manejo impropio de los combustibles antes mencionados. [20]

2.2.6. Métodos y criterios de validación.

La validación de un modelo computacional puede ser considerada desde dos puntos de vista distintos: validación interna o externa.

Validación interna (o verificación): Consiste en construir la representación de manera correcta (resolver correctamente las ecuaciones). Uno de los objetivos de la verificación es asegurar el acuerdo entre las especificaciones del sistema y que el sistema hace. Además, asegura que no hay errores introducidos por quien traduce la formulación matemática en un código computacional. Es muy fundamental y necesaria ya que implica la demostración de la capacidad del modelo de arribar a un resultado único y correcto de acuerdo al planteo matemático representativo del modelo. En este tipo de validación se comprueban aspectos tales como la convergencia de la solución y la satisfacción del equilibrio y el correcto funcionamiento matemático-computacional, pero no se asegura la capacidad predictiva del modelo. [21]

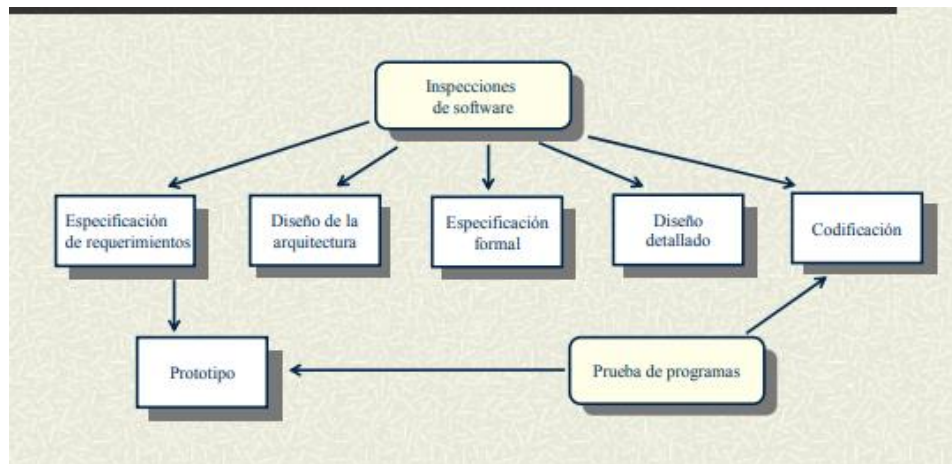
Validación externa: Consiste en construir la representación correcta (resolver las ecuaciones correctas). Su objetivo es asegurar que los resultados del modelo son veraces con relación al comportamiento del sistema que se estudia. Admitiendo que una base de conocimientos ha sido verificada, la validación asegura que el conocimiento que contiene representa correctamente y simula un mando de conocimientos. [21]

Simulación: es una de las herramientas multidisciplinar, que puede ser de tipo discreto o continuo. La simulación discreta es una herramienta compuesta de relaciones matemáticas, probabilísticas y estadísticas que sirve para analizar las causas de los cambios de un evento a otro en un sistema por medio de distribuciones de probabilidad y condiciones lógicas, por lo general propuestas en un computador. [22]

Dentro del proceso de Verificación y validación se utilizan dos técnicas de comprobación y análisis de sistemas:

- Las inspecciones del software examinan y demuestran las representaciones del sistema como el documento de requerimientos, los diagramas de diseño y el código fuente del programa. Se aplica a todas las etapas del proceso de desarrollo. Las inspecciones se complementan con algún tipo de análisis automático del texto fuente o documentos asociados. Las inspecciones del software y los análisis automatizados son técnicas de verificación y validación estáticas debido a que no requieren que el sistema se ejecute. [23]
- Las pruebas del software radican en contrastar las respuestas en base a una implementación del software a series de datos de prueba y examinar las respuestas del software y su comportamiento operacional, para comprobar que se ejecute conforme a lo requerido. Llevar a cabo las pruebas es una técnica dinámica de la verificación y validación ya que requiere disponer de un prototipo ejecutable del sistema. [23]

Figura 4. Verificación y Validación estática y dinámica.



Fuente: (Libro Ingeniería de Programación,2009) [23]

En la representación se muestra el lugar que ocupan las inspecciones y las pruebas dentro del proceso de desarrollo de software. Las flechas indican las fases del proceso en las que se utilizan las técnicas. Las inspecciones de software se pueden utilizar en todas las etapas del proceso, mientras que las técnicas de prueba sólo se pueden cuando está disponible un prototipo o código ejecutable. Las técnicas de inspección incluyen inspección de programas, análisis automatizado de código fuente y verificación formal. Sin embargo, las técnicas estáticas sólo pueden comprobar la correspondencia entre un programa y su especificación (verificación) y no puede probar que el software es de utilidad operacional, y mucho menos que las características no funcionales del software son las correctas. Por lo tanto, para validar un sistema de software, siempre se requieren llevar a cabo ciertas pruebas. Aunque en la actualidad las inspecciones se utilizan ampliamente, las pruebas de los programas es aún la técnica de verificación y validación predominante. [23]

2.2.6.1. Beneficios de verificar y validar.

El objetivo último del proceso de verificación y validación es establecer la seguridad de que el sistema software este hecho basado en un propósito. Esto significa que el sistema debe ser lo suficientemente bueno para su uso pretendido. El nivel de confianza requerido depende del propósito del sistema, las expectativas de los usuarios del sistema y el entorno de

mercado actual del sistema. Entre los beneficios de implementar estos procesos se pueden encontrar: [24]

- Asegurar que los requerimientos del usuario se cumplan.
- Remover los defectos del producto fuera del ciclo de vida del proyecto, reduciendo el volver a trabajar sobre el mismo aspecto, y reduciendo los costos por la baja calidad.
- Asegurar que las necesidades de los usuarios son comprendidas y asegurar que los productos satisfagan el entorno previsto para el que fueron desarrollados.
- Mejorar la calidad de los procesos y los productos.
- Mejorar la productividad y el rendimiento.

2.2.7. Diagramación.

Diagramar es representar gráficamente hechos, situaciones, movimientos, relaciones o fenómenos de todo tipo por medio de símbolos que clarifican la interrelación entre diferentes factores y/o unidades administrativas, así como la relación causa-efecto que prevalece entre ellos. [25]

Este recurso constituye un elemento de juicio invaluable para individuos y organizaciones de trabajo; aquellos, porque así pueden percibir en forma analítica y detallada la secuencia de una acción, lo que contribuye sustancialmente a conformar una sólida estructura de

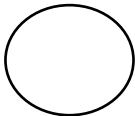
pensamiento que fortalece su capacidad de decisión. Y las organizaciones, porque les permite dar seguimiento a sus operaciones mediante diagramas de flujo, elemento fundamental para descomponer en partes procesos complejos, lo cual facilita su comprensión y contribuye a fortalecer la dinámica organizacional y a simplificar el trabajo. [25]

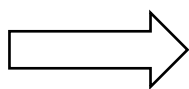
2.2.7.1. Símbolos usados en los diagramas de flujos.

Un diagrama de flujo elaborado con un lenguaje gráfico incoherente o no accesible transmite un mensaje deformado e impide comprender el procedimiento que se pretende estudiar. De ahí la necesidad de contar con símbolos que tengan un significado preciso, y de convenir reglas claras para utilizarlos. [25]

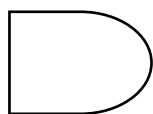
Los símbolos de diagramación que se emplean internacionalmente son elaborados por las instituciones siguientes:

Tabla 3. Símbolos de la Norma ASME para elaborar Diagramas de Flujo.

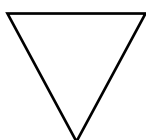
Simples	
Símbolo	Representa
	Operación. Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento.
	Inspección. Indica que se verifica la calidad y/o cantidad de algo.



Desplazamiento o transporte. Indica el movimiento de los empleados, material y equipo de un lugar a otro.



Depósito provisional o espera. Indica demora en el desarrollo de los hechos.



Almacenamiento permanente. Indica el depósito de un documento o información dentro de un archivo, o de un objeto cualquiera en un almacén.

Fuente:(HARSHBARGERS, IL, 1988) [25]

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Localización.

Esta investigación se ha realizado en la Central Termoeléctrica Quevedo II, ubicada en el km1½, vía El Empalme, sector la Virginia diagonal al Club de Tropas de la Policía Nacional.

Figura 5. Ubicación geográfica de la Central Termoeléctrica Quevedo II



Fuente: GOOGLE MAPS

3.2. Tipo de investigación.

Esta investigación es de tipo exploratoria y diagnóstica en virtud de haber tenido que levantar información primaria y secundaria en el estado del arte para así poder determinar los problemas que se presentan.

3.3. Métodos de investigación.

3.3.1. Método Analítico.

Este método se aplicó en el análisis los diferentes procesos de recuperación y lograr establecer soluciones necesarias para ser aplicada en el desarrollo y aplicación del trabajo de investigación llevado a cabo.

3.3.2. Método deductivo – inductivo.

Para iniciar con el proceso de investigación y posterior desarrollo se realizó un proceso de observación con el fin de conocer las principales falencias con respecto al proceso de filtración de Fuel Oil objeto de estudio partiendo desde los conocimientos teóricos generales a los específicos mediante información que nos brinda la empresa, de esta manera se pudo iniciar con el proceso de experimentación y desarrollo aplicables, con el fin de solucionar los principales inconvenientes presentes en el área de tratamiento de combustible.

3.3.2.1. Técnica Cuasi – experimental.

Para este tipo de trabajo investigativo la técnica utilizada fue la cuasi experimental, donde se realizó toma de muestras para luego llevada a su respectivo análisis de laboratorio y así poder establecer propiedades y características dando solución al desarrollo del problema.

3.4. Fuentes de recopilación de información.

La información recabada provino de fuentes primarias de la Central donde se realizó el estudio y secundarias, como libros, reglamentos, artículos y varias páginas web relacionadas al tema de recuperación de fuel oil.

3.5. Diseño de la Investigación.

Para obtener resultados confiables se tomaron varias muestras respecto al residuo del fuel oil en varios volúmenes, como fueron desde 1 litro hasta 100 litros de dicho combustible, para luego en el transcurso de 72 horas ser llevadas al laboratorio químico de la Central Termoeléctrica Guangopolo de la ciudad de Quito.

3.6. Instrumento de investigación.

3.7. Tratamiento de los datos.

Para el tratamiento de datos obtenidos por medio de la observación directa se utilizará el programa SOLIWORDS para la correspondiente esquematización del diseño del sistema de

recuperación de fuel oil. También se empleará el programa de EXCEL para los debidos cálculos de costos-beneficios. Adicionar el programa para la simulación

3.8. Talento humano y materiales.

Los autores correspondientes que contribuirán al respectivo desarrollo del proyecto, el jefe encargado de la Central que permite el acceso a las instalaciones de la empresa; además de libros, cuadernos, lapiceros, computadoras, pendrive, etc.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Cálculo del volumen de fuel oil a recuperar a partir de los residuos obtenidos en el tanque de lodos.

En el tanque de residuos que ha pasado por el proceso de filtración de fuel oil tiene medidas de 470 cm de largo x 70 cm de ancho x 40 cm de altura con una capacidad de 1316000 cm³ que corresponden a 347.65 galones estadounidense.

Tabla 4. Datos del tanque de residuos.

DATOS DEL TANQUE DE LODOS		
MEDIDAS DEL TANQUE	UNIDAD (cm)	
LARGO	L	470
ANCHO	A	70
ALTURA	H	40
VOLÚMEN		1316000 cm ³

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Ecuación 1. Fórmula para calcular peso del tanque de residuos con sedimentos.

$$PESO = VOLÚMEN * DENSIDAD_{sedimento} \quad (1)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Cálculo del peso de tanque de residuos con sedimentos.

$$PESO = 329m^3 * 2.65 \frac{kg}{m^3} = 871.85kg$$

Tabla 5. Datos de las medidas del tanque de Fuel Oil.

VOLUMEN (V)	ALTURA (h)	RADIO (r)
151.4165014m ³	6.89 m	X

FUENTE: CELEC EP**ELABORADO:** MURILLO, PINCAY (2020)**Tabla 6.** Datos para cálculo de volumen de los tanques 102 y 105 a recuperar.

VOLUMEN	FECHA	TANQUES		RADIO	UNIDADES
		102	105		
INICIAL	0/10/2019	5.312	4.013	2.64	m
FINAL	02/10/2019	3.038	6.245		m

FUENTE: CELEC EP**ELABORADO:** MURILLO, PINCAY (2020)

En la tabla 4 se muestran dos fechas distintas de las cuales la primera es el Fuel Oil que se mantiene en reposo y la segunda es la que se obtiene al filtrar, donde el tanque 102 es de almacenamiento el cual se mantiene para la recepción de tanqueros y el 105 es el que se utiliza para el arranque de cada una de las unidades de generación.

Ecuación 2. Fórmula general para cálculo de volumen del tanque 102 y 105 por medio de integral.

$$V = \pi \int_a^b y^2 dx \quad (2)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Cálculo del volumen del tanque 102 en fecha 01/10/2019.

$$V = \pi \int_0^{5.312} 2.64^2 dx$$

Desarrollo de la fase 1 primitiva en integral.

$$\int 2.64^2 dx = [2.64^2 * x]_0^{5.312}$$

Fase 2 de evaluación del volumen del tanque 102.

$$V = \pi[2.64^2 * 5.32] = 116.3096618\text{m}^3 * \frac{264.72\text{gal}}{1\text{m}^3} = 30789.5\text{gal}$$

Cálculo del volumen del tanque 105 en fecha 01/10/2019.

$$V = \pi \int_0^{4.013} 2.64^2 \, dx$$

Desarrollo de la fase 1 primitiva en integral.

$$\int 2.64^2 \, dx = [2.64^2 * x]_0^{4.013}$$

Fase 2 de evaluación del volumen del tanque 105.

$$V = \pi[2.64^2 * 4.013] = 87.86722001\text{m}^3 * \frac{264.72\text{gal}}{1\text{m}^3} = 23260.2\text{gal}$$

Cálculo del volumen del tanque 102 en fecha 04/10/2019.

$$V = \pi \int_0^{3.038} 2.64^2 \, dx$$

Desarrollo de la fase 1 primitiva en integral.

$$\int 2.64^2 \, dx = [2.64^2 * x]_0^{3.038}$$

Fase 2 de evaluación del volumen del tanque 102.

$$V = \pi[2.64^2 * 3.038] = 66.51896695\text{m}^3 * \frac{264.72\text{gal}}{1\text{m}^3} = 17608.9\text{gal}$$

Cálculo del volumen del tanque 105 en fecha 04/10/2019.

$$V = \pi \int_0^{6.245} 2.64^2 dx$$

Desarrollo de la fase 1 primitiva en integral.

$$\int 2.64^2 dx = [2.64^2 * x]_0^{6.245}$$

Fase 2 de evaluación del volumen del tanque 102.

$$V = \pi[2.64^2 * 6.245] = 136.7382978m^3 * \frac{264.72gal}{1m^3} = 36197.4gal$$

Tabla 7. Volumen final del tanque 102 y 105.

VOLUMEN	FECHA	TANQUES		UNIDADES
		102	105	
INICIAL	01/10/2019	30789.5	23260.2	gal
FINAL	02/10/2019	17608.9	36197,4	gal

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

En la tabla 5 se muestra el nivel del T102 en condición inicial (antes del proceso de filtración) y final (después del proceso de filtración), donde el T105 sube de nivel cuando el combustible filtrado se bombea desde la planta de tratamiento.

Tabla 8. Datos de la cantidad de Fuel Oil que se encuentra almacenado y en servicio.

	DIFERENCIA DE VOLUMEN INICIAL Y FINAL	UNIDADES
T-102	13180.6	gal
T-105	12937.2	gal

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

En la tabla 6 se muestra la cantidad de galones que se utilizó en el proceso de filtración dando como resultado dos cantidades diferentes, la cual T-102 representa el volumen de Fuel Oil que se encuentra almacenado y el T-105 el volumen de Fuel Oil en servicio; obteniendo un residuo que se detalla en la ecuación 16.

Ecuación 3. Cantidad de residuo en 6 hrs de generación.

$$RESIDUO = T102 - T105 = 13180.6gal - 12937.2gal = 243.4 gal \quad (3)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Cálculo del sedimento existente dentro del residuo en litros.

$$SEDIMENTO = \left(243.4gal * \frac{3.785L}{1gal} \right) * 0.15 L = 138.19035 L$$

Cálculo de Fuel Oil a recuperar.

$$FO_{total recuperado} = \left(243.4gal * \frac{3.785L}{1gal} \right) - 138.19035 L = 783.07865 L$$

Tabla 9. Recuperación del Fuel Oil y eficiencia obtenida.

RECUPERACIÓN FO	UNIDAD	EFICIENCIA DEL SISTEMA
783.07865	L	0,9

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Cálculo del Fuel Oil a recuperar con la eficiencia del sistema en 6 hrs.

$$FO_{\text{recuperado ef.sist}} = 783.07865 \text{ L} * 0.9 = 704.770785 \text{ L} * \frac{1 \text{ gal}}{3.785 \text{ L}} = 186.201 \text{ gal}$$

Por cada 13180.6 gal de Fuel Oil en proceso de filtración se generan 243.4 gal de residuos y de estos se podría recuperar 186.201 gal.

Tabla 10. Datos para el cálculo del residuo existente en 12 hrs de generación.

ALMACENADO	EN SERVICIO	GENERACIÓN EN 12 HRS
13180.6 gal	12937.2 gal	26066.4 gal

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Ecuación 4. Fórmula para calcular el Fuel Oil filtrado en 12 hrs de generación sin eficiencia.

$$FO_{\text{filtrado sin eficiencia}} = \frac{T-102}{T-105} * GENERACIÓN EN 12 HRS \quad (4)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Fuel Oil filtrado en 12 hrs de generación sin eficiencia.

$$FO_{\text{filtrado sin eficiencia}} = \frac{13180.6 \text{ gal}}{12937.2 \text{ gal}} * 26066.4 \text{ gal} = 26556.81228 \text{ gal}$$

Residuo obtenido del FO en 12 hrs de generación.

$$RESIDUO_{Sin\ eficiencia} = 26556.81228gal - 26066.4gal = 490.41228gal$$

Ecuación 5. Fórmula para calcular el FO a recuperar en 12 hrs de generación con eficiencia.

$$FO_{recuperado\ con\ efic} = \frac{RESIDUO\ EN\ 12\ HRS}{RECUPERACIÓN\ CON\ EFICIENCIA\ EN\ 6\ HRS} * RESIDUO\ EN\ 6\ HRS \quad (5)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Recuperación de FO en 12 hrs de generación con eficiencia.

$$FO_{recuperado\ con\ eficiencia} = \frac{490.41228\ gal}{186.201\ gal} * 243.4\ gal = 375.1653949\ gal$$

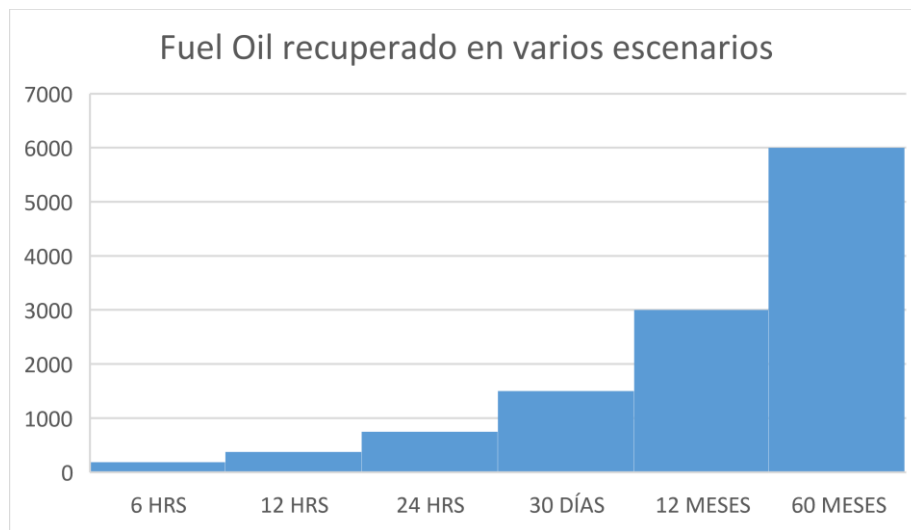
Tabla 11. Cantidad de Fuel Oil (a recuperar) en diversos escenarios.

RECUPERACIÓN	gal
6 HRS	186,201
12 HRS	375,165395
24 HRS	750,33079
30 DÍAS	1500,66158
12 MESES	3001,32316
60 MESES	6002,64632

FUENTE: CELEC EP

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 6. Histograma del Fuel Oil a recuperar.



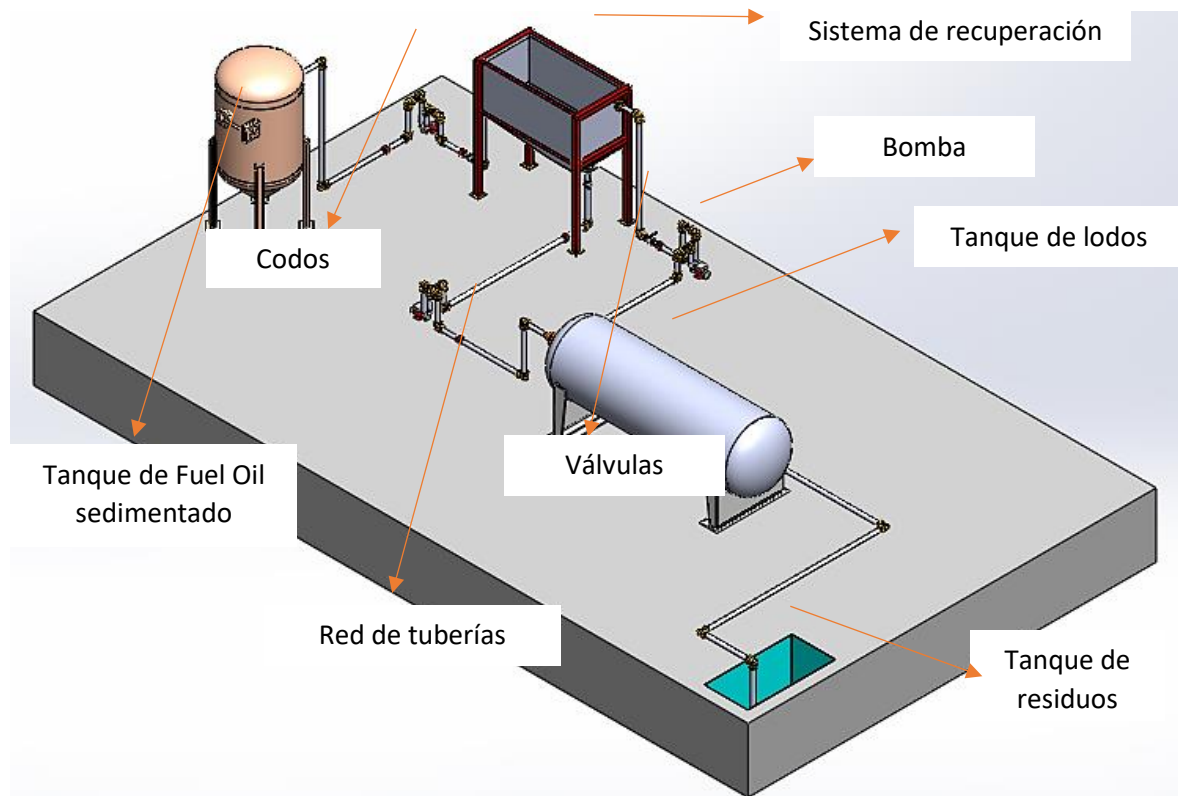
ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

4.1.2. Modelación del sistema de recuperación para los residuos de fuel oil en la Central Termoeléctrica Quevedo II.

Mediante el software SOLIWORDS 2018 se realizó la estructura del sistema de recuperación mediante el proceso de sedimentación utilizando materiales que se encuentran en nuestro medio, además recuperándose materiales y accesorios que se encuentran dentro de la Central.

A continuación, se puede visualizar en la figura 7 el diseño del sistema de recuperación para los residuos de Fuel Oil con sus respectivos elementos, el cual cuenta con un tanque de residuos donde se depositan todos los restos de combustible siendo estos transferidos a un sistema de recuperación, impulsada por una bomba de 1 HP para poder reutilizar dicho recurso y a su vez poder ser almacenado dentro de un tanque donde permanecerá el Fuel Oil sedimentado.

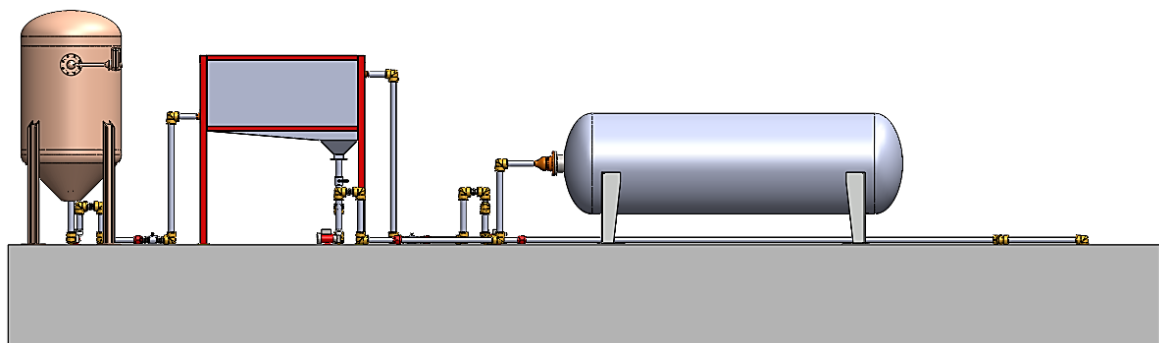
Figura 7. Diseño del sistema de recuperación para los residuos de Fuel Oil.



ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

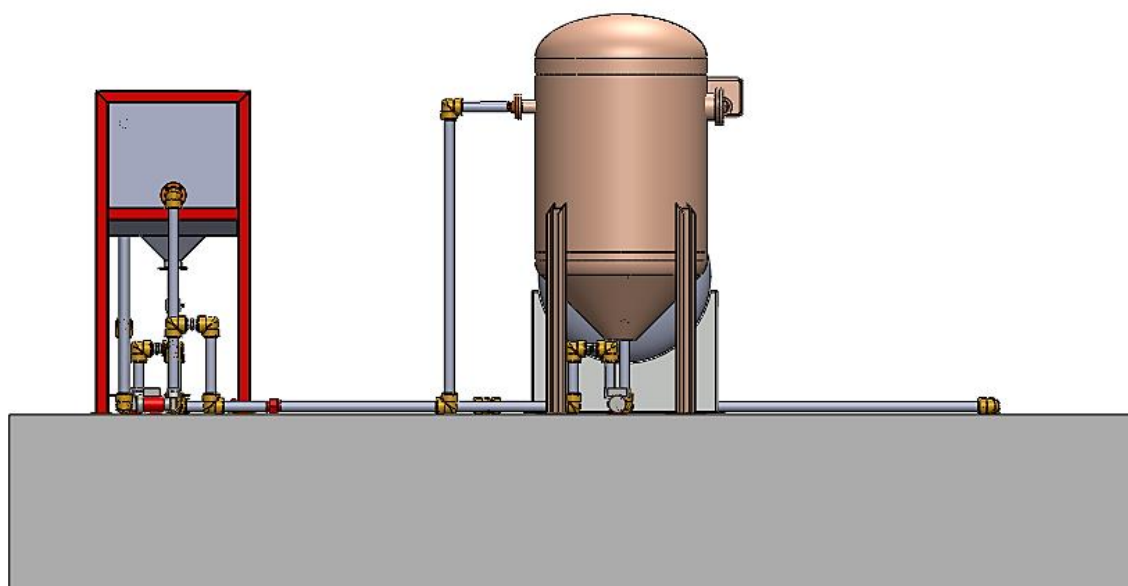
Además, se pueden observar en las figuras 8, 9, 10 y 11 las diferentes vistas del diseño dando un mejor enfoque en su estructura demostrando que este sistema de recuperación conlleva a una mejora dentro del proceso actual que mantiene la Central.

Figura 8. Vista frontal del diseño del sistema de recuperación.



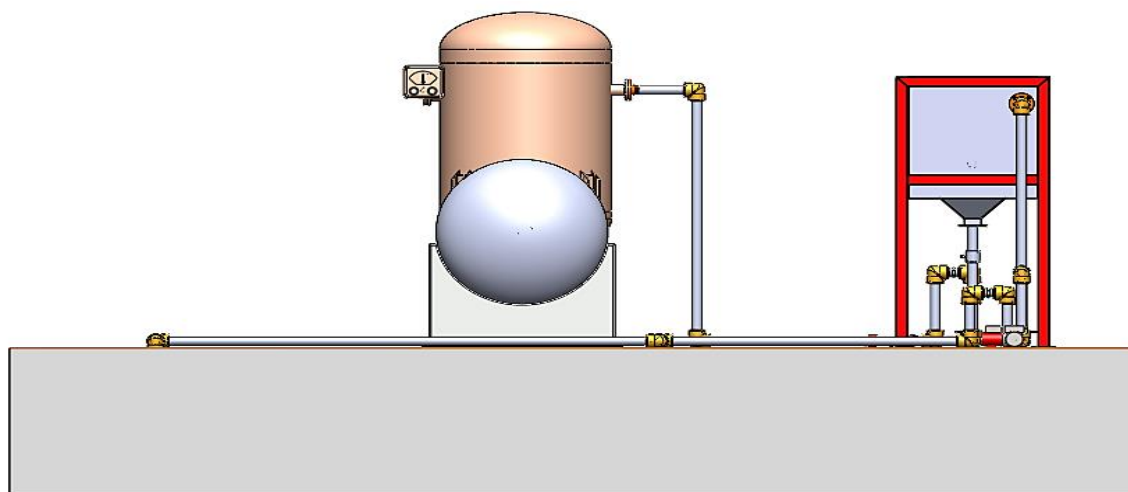
ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 9. Vista lateral derecha del diseño del sistema de recuperación.



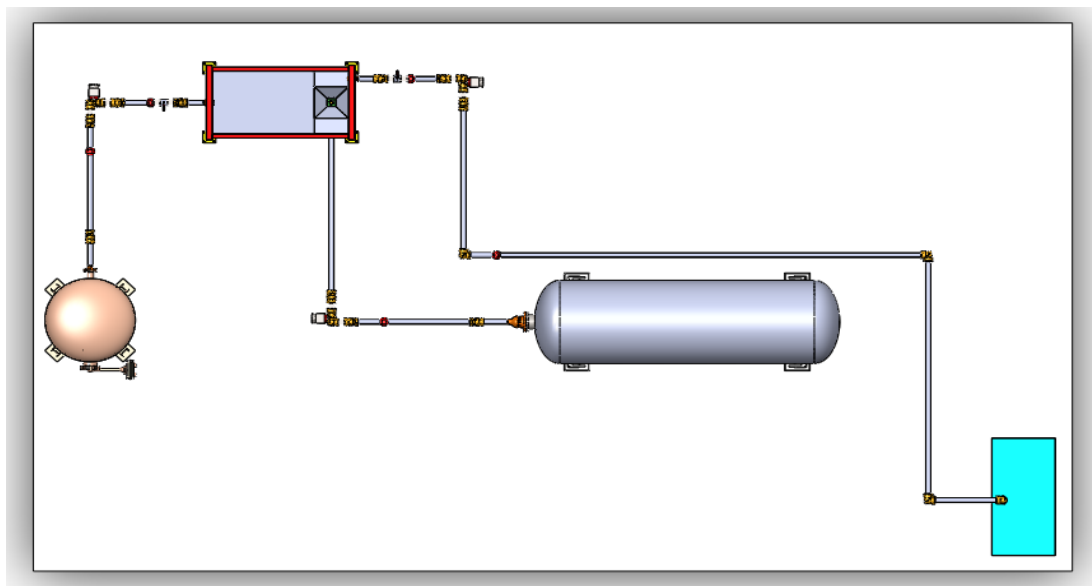
ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 10. Vista lateral izquierda del diseño del sistema de recuperación.



ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 11. Vista superior del diseño del sistema de recuperación.

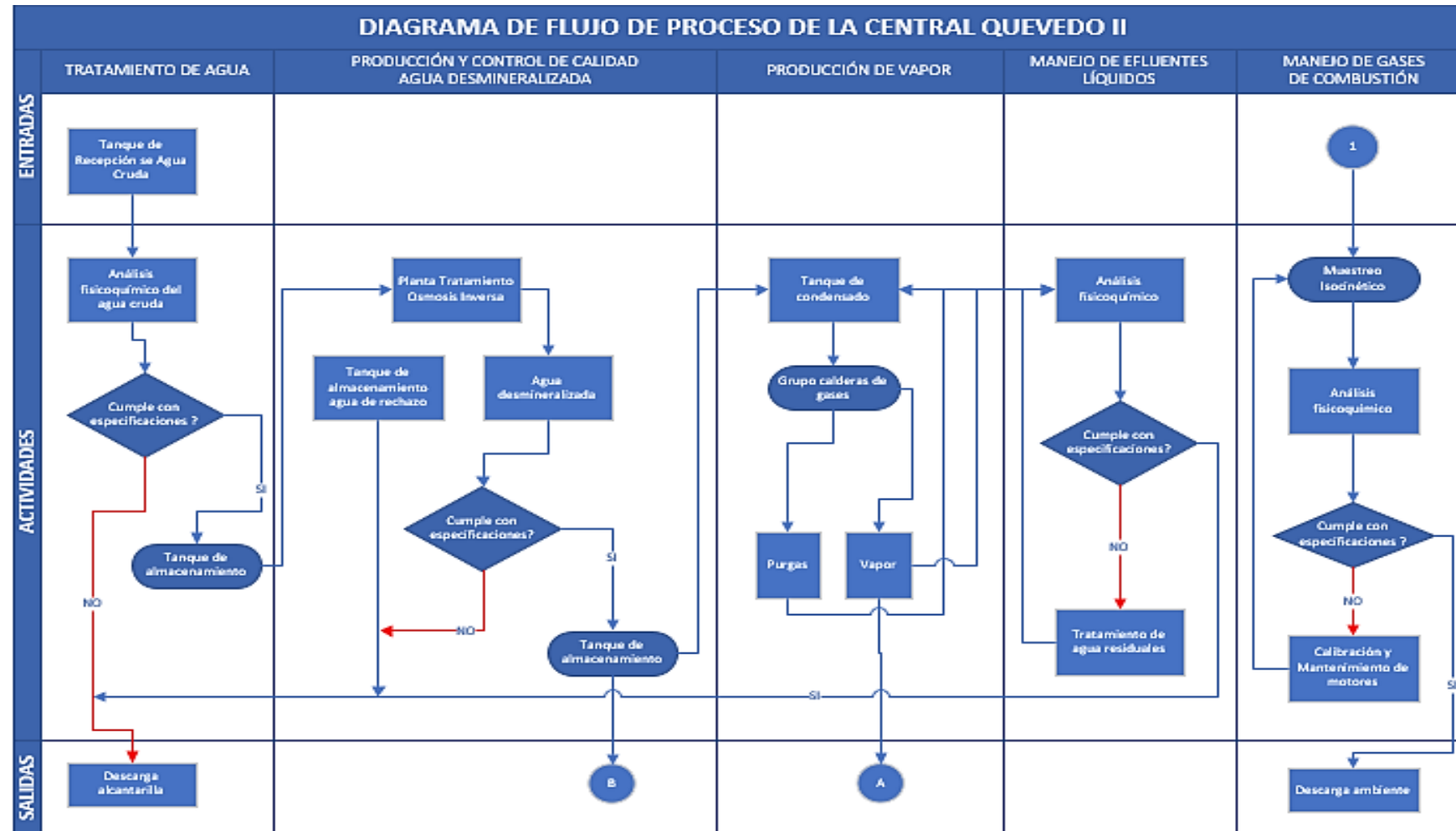


ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

La Central actualmente cuenta con un proceso ampliamente detallado en las que se manifiestan las entradas, varias actividades u operaciones y salidas; así como también se muestra el proceso del sistema de recuperación de Fuel Oil, el cual ha sido elaborado mediante programa Visio y se demuestran en las figuras 7 y 8 a continuación:

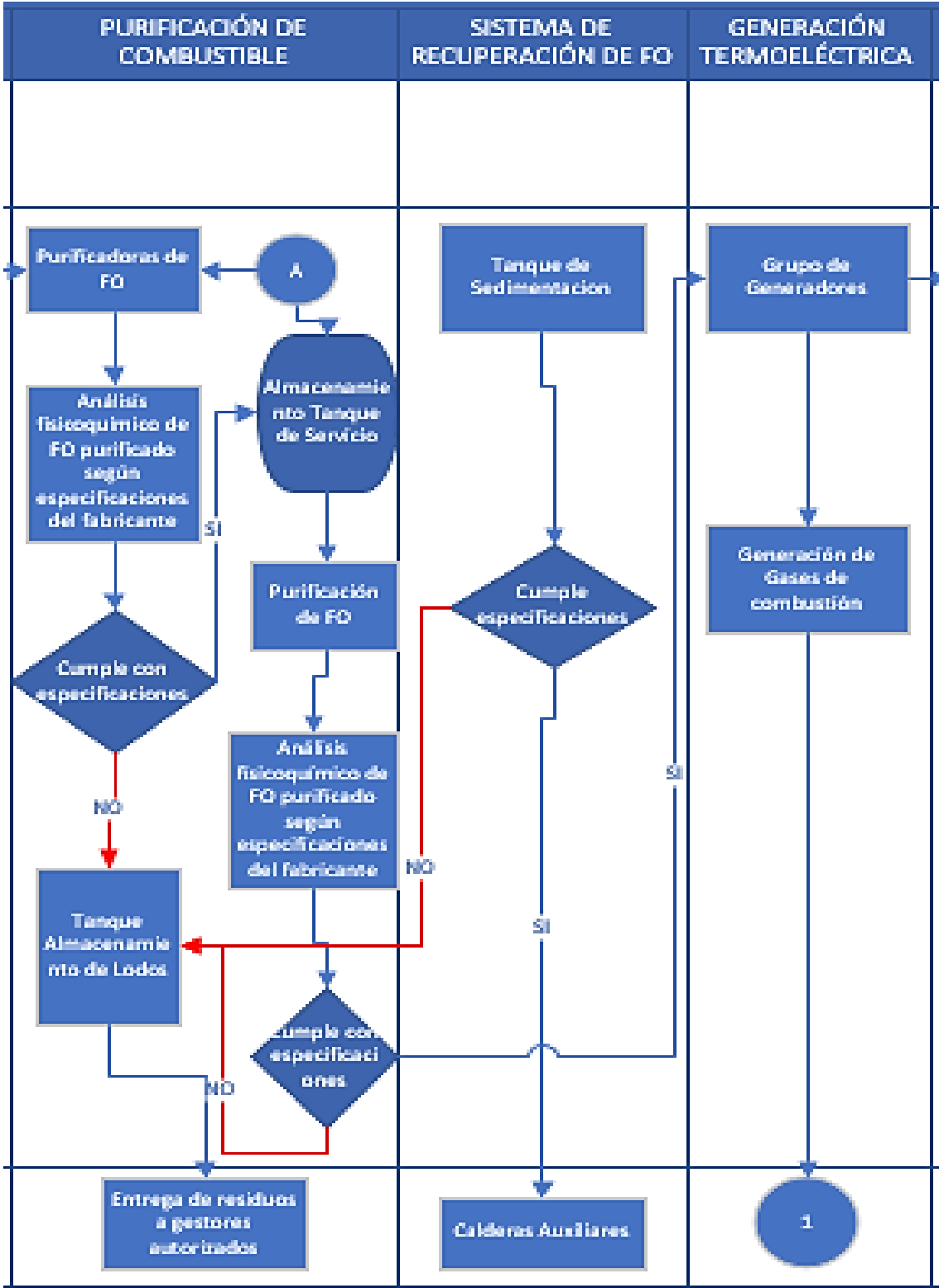
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO DE LA CENTRAL QUEVEDO II							
ENTRADAS	RECEPCIÓN	CONTROL DE CALIDAD MATERIA PRIMA	PURIFICACIÓN DE COMBUSTIBLE	SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE FO	GENERACIÓN TERMOELÉCTRICA	CONTROL DE ENERGÍA	TRANSMISIÓN DE ENERGÍA
ACTIVIDADES	Ingreso de materia prima FO Inspección de Cantidad ¿Cantidades de Unidades correctas? ¿Cumple con especificaciones del fabricante del motor? Almacenamiento Temporal Tratamiento de aditivos químicos Almacenamiento Tanques de Sedimentación Almacenamiento interno en la Central Control de Calidad (Materia Prima)	A Almacenamiento Tanques de Sedimentación Purificadoras de FO Análisis físicoquímico de FO purificado según especificaciones del fabricante ¿Cumple con especificaciones? Tanque Almacenamiento de Lodos Entrega de residuos a gestores autorizados	A Almacenamiento Tanque de Servicio Purificación de FO Análisis físicoquímico de FO purificado según especificaciones del fabricante ¿Cumple con especificaciones? Tanque de Sedimentación ¿Cumple especificaciones? Calderas Auxiliares	Grupo de Generadores Generación de Gases de combustión 1	Disponibilidad de Generación de energía (CENACE) Unidades de Control de Energía Transformadores (Alta Tensión)	Celda de Alto Voltaje Subestación de Energía Subestación TRANSELECTRIC S.A. Transmisión de Energía	DEVOLUCIÓN AL PROVEEDOR

Figura 13. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (Parte 2).



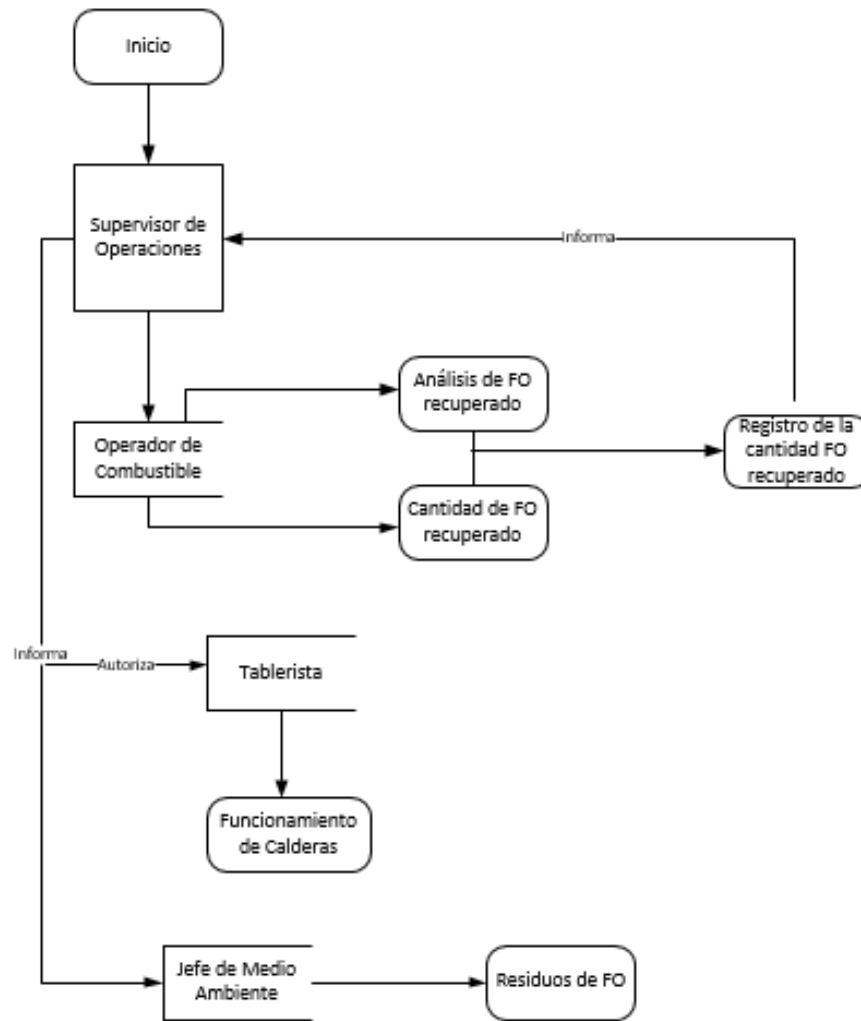
ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 14. Diagrama de Flujo de Proceso del Sistema de Recuperación de FO.



ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Figura 15. Diagrama de Flujo de Información del Sistema de Recuperación de FO.



ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

4.1.2.1. Cálculo de la potencia de la bomba para poder transportar el FO desde la planta de tratamiento de combustible hasta el tanque de sedimentación.

Datos

$$Q = 6 \times 10^{-4} m^3/s$$

$$e_M = 0.8$$

$$\gamma = 8285.53 N/m^3$$

$$A_s = 9.51 \times 10^{-4} m^2$$

Ecuación de la energía del sistema

Ecuación 6. Ecuación de la energía del sistema.

$$\frac{\rho_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} + h_A - h_L = \frac{\rho_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} \quad (6)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Como $\rho_1 = \rho_2 = 0$ y $v_1 = v_2 = 0$ la ecuación se reduce:

$$z_1 + h_A - h_L = z_2$$

Para calcular la potencia que suministra la bomba se resuelve para la carga total h_A :

Ecuación 7. Carga total.

$$h_A = z_2 - z_1 + h_L \quad (7)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Componentes de la pérdida total de energía

$$h_1 = k(v_s^2/2g) \quad \text{Pérdida en la entrada}$$

$$h_2 = f_s(L/D)(v_s^2/2g) \quad \text{Pérdida por fricción en la línea de succión}$$

$$h_3 = f_{dT}(L_\varepsilon/D)(v_d^2/2g) \quad \text{2 válvula}$$

$$h_4 = f_{dT}(L_\gamma/D)(v_d^2/2g) \quad \text{10 codos a } 90^\circ$$

$h_5 = f_d(L/D)(v_d^2/2g)$ **Perdida por fricción en la línea de descarga**

$h_6 = 1.0(v_d^2/2g)$ **Perdida en la salida**

➤ **Cálculo de la velocidad de fluido de la bomba**

Ecuación 8. Velocidad de fluido de la bomba.

$$v_s = \frac{Q}{A_s} = \frac{6 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{9.51 \times 10^{-4} \text{ m}^2} = 0.63 \text{ m/s} \quad (8)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$\frac{v_s^2}{2g} = \frac{(0.63 \text{ m/s})^2}{2 \times 9.81 \text{ m/s}^2} = 0.02 \text{ m}$$

➤ **Cálculo de la pérdida en la entrada de la bomba**

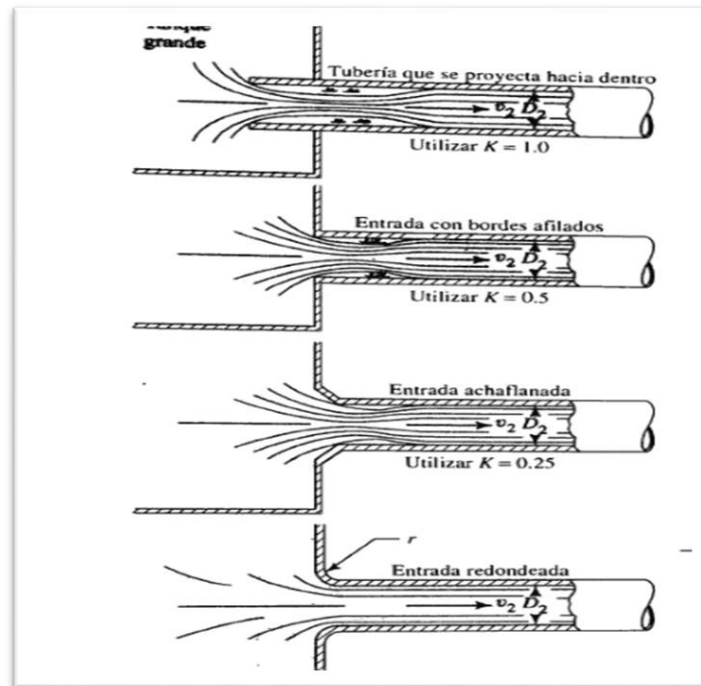
Ecuación 9. Fórmula de la pérdida en la entrada de la bomba.

$$h_1 = k(v_s^2/2g) \quad (9)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

La constante k se la obtiene mediante referencias de la figura 11 tomada del libro Robert Mott.

Figura 16. Coeficiente de resistencia de entrada.



FUENTE: LIBRO ROBERT MOTT

$$h_1 = 1.0(0.02m)$$

$$h_1 = 0.02m$$

➤ Cálculo del número de Reynold

Ecuación 10. Fórmula para el numero de Reynold.

$$NR = \frac{vD}{\nu} \quad (10)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$NR = \frac{(0.63m/s)(0.0409m)}{3.164 \times 10^{-6} m^2/s}$$

$$NR = 8143.81 m^2/s$$

Como el flujo es turbulento se debe evaluar la rugosidad relativa en la tabla 10 tomada del libro de Robert Mott

$$\varepsilon = 4.6 \times 10^{-5} m$$

Tabla 12. Valores de diseño de la rugosidad de tubos.

Material	Rugosidad (m)	Rugosidad (pies)
Vidrio	Liso	Liso
Plástico	3.0×10^{-7}	1.0×10^{-6}
Tubo extraído, cobre, latón y acero	1.55×10^{-6}	5.0×10^{-6}
Acero comercial o soldado	4.6×10^{-5}	1.5×10^{-4}
Hierro galvanizado	1.5×10^{-4}	5.0×10^{-4}
Hierro dúctil, recubierto	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Hierro dúctil, no recubierto	2.4×10^{-4}	8.0×10^{-4}
Concreto, bien fabricado	1.2×10^{-4}	4.0×10^{-4}
Acero remachado	1.8×10^{-3}	6.0×10^{-3}

FUENTE: LIBRO ROBERT MOTT

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$\frac{D}{\varepsilon} = \frac{0.0409 m}{4.6 \times 10^{-5} m} = 889.13$$

Por medio del diagrama de Moddy mostrado en el anexo 15 calculamos el factor de fricción

$$f = 0.034$$

➤ **Cálculo de la pérdida de energía en la válvula de la línea de descarga**

Tabla 13. Factor de fricción para tubo de $1\frac{1}{2}$.

Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T	Tamaño nominal de la tubería (pulg)	Factor de fricción f_T
$\frac{1}{2}$	0.027	$3\frac{1}{5}, 4$	0.017
$\frac{3}{4}$	0.025	5	0.016
1	0.023	6	0.015
$1\frac{1}{4}$	0.022	8-10	0.014
$1\frac{1}{2}$	0.021	12-16	0.013
2	0.019	18-24	0.012
$2\frac{1}{2}$	0.018		

FUENTE: LIBRO ROBERT MOTT

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$f_{dT} = 0.021$$

Debemos obtener la razón de longitud equivalente para válvula de tipo globo-abierta por completo mostrada en la tabla 12 tomada del libro de Robert Mott.

Tabla 14. Resistencia de válvulas y acoplamientos expresada como longitud equivalente en diámetros de tubería.

Tipo	Longitud equivalente en diámetro de tubería $L \& D$
Válvula de globo-abierta por completo	340
Válvula de ángulo-abierta por completo	150
Válvula de compuerta-abierta por completo	8
-1/4 abierta	35
-1/2 abierta	160

-1/4 abierta	900
Válvula de verificación-tipo giratorio	100
Válvula de verificación-tipo bola	150
Válvula de mariposa-abierta por completo 2 a	45
8 pulg	
-10 a 14 pulg	35
-16 a 24 pulg	25
Válvula de pie-tipo disco de vástago	420
Válvula de pie-tipo disco de bisagra	75
Codo estándar a 90°	30
Codo a 90° de radio largo	20
Codo roscado a 90°	50
Codo estándar a 45°	16
Codo roscado a 45°	26
Vuelta cerrada en retorno	50
Te estándar- con flujo directo	20
-con flujo en el ramal	60

FUENTE: LIBRO ROBERT MOTT

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$\frac{L_{\varepsilon}}{D} = 340$$

Ecuación 11. Fórmula de la pérdida de energía en la válvula de la línea de descarga.

$$h_3 = 2f_{dT}x\frac{L_{\varepsilon}}{D}x\frac{v_d^2}{2g} \quad (11)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_3 = 2(0.021x340x0.02m)$$

$$h_3 = 0.2856m$$

➤ **Cálculo de la pérdida de energía en los 10 codos a 90°**

Debemos obtener la razón de longitud equivalente para codo estándar a 90° mostrada en la tabla 12 tomada del libro de Robert Mott.

$$\frac{L_{\varepsilon}}{D} = 30$$

$$f_{dT} = 0.021$$

Ecuación 12. Fórmula de la pérdida de energía en codos a 90°.

$$h_4 = 10(f_{dT} \times \frac{L_{\varepsilon}}{D} \times \frac{v_d^2}{2g}) \quad (12)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_4 = 10(0.021 \times 30 \times 0.02m)$$

$$h_4 = 0.126m$$

➤ **Cálculo de la pérdida por fricción en la línea de descarga**

Ecuación 13. Fórmula de la pérdida por fricción en la línea de descarga.

$$h_5 = f_d \times \frac{L}{D} \times \frac{v_d^2}{2g} \quad (13)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_5 = 0.034_d x \frac{47m}{0.0409m} x 0.02m$$

$$h_5 = 0.781m$$

➤ **Cálculo de la pérdida en la salida**

Ecuación 14. Fórmula de la pérdida en la salida.

$$h_6 = 1.0(v^2/2g) \quad (14)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_6 = 1.0(0.02m)$$

$$h_6 = 0.02m$$

➤ **Cálculo de la pérdida total**

Ecuación 15. Fórmula de la pérdida total.

$$h_L = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + h_6 \quad (15)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_L = 0.02m + 0 + 0.2856m + 0.126m + 0.781m + 0.02m$$

$$h_L = 1.2326m$$

➤ **Cálculo para la carga total de la bomba desglosada de la ecuación de la energía**

Ecuación 16. Fórmula para la carga total de la bomba.

$$h_A = z_2 - z_1 + h_L \quad (16)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$h_A = 2m + 1.2326m$$

$$h_A = 3.2326m$$

➤ **Cálculo para la potencia suministrada a la bomba**

Ecuación 17. Fórmula para la potencia suministrada a la bomba.

$$Potencia = \frac{h_A \gamma Q}{e_M} \quad (17)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Ecuación 18. Fórmula para el cálculo del peso específico.

$$\gamma = \rho \times gravedad \quad (18)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

$$\gamma = \left(\frac{0.8446g}{ml} \times \frac{1kg}{1000g} \times \frac{1000ml}{1L} \times \frac{1000L}{1m^3} \right) \times 9.81m/s^2$$

$$\gamma = \left(\frac{844.6kg}{m^3} \right) \left(\frac{9.81m}{s^2} \right)$$

$$\gamma = 8285.53 \text{ N/m}^3$$

$$Potencia = \frac{3.2326m \times \frac{8285.53N}{m^3} \times 6 \times 10^{-4} m^3/s}{0.8}$$

$$Potencia = 20.1 \text{ Vatios} \times \frac{1 \text{ HP}}{745.6 \text{ Vatios}}$$

$$Potencia = 0.03 \text{ HP}$$

4.1.3. Determinación mediante pruebas de laboratorio el grado de inflamación del fuel oil recuperado.

Mediante las pruebas tomadas y enviadas el día 24/10/2019 a la ciudad de Quito en los laboratorios de la Central Térmica Guangopolo para realizar los respectivos análisis físicos químicos se determina lo siguiente:

Tabla 15. Resultados de las pruebas tomadas en el laboratorio.

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS						
	Tanque 102 Recepción	Tanque 105 Filtrado	Tanque 103 Sin Sedimentar	Tanque 103 Sedimentado		
Ensayo realizado	Resultado	Resultado	Resultado	Resultado	Unidad	Método
Contenido de agua	39,89	62,60	282,96	54,28	mg/kg	ASTM D1533-12
Contenido de agua y sedimentos	< 0,1	< 0,1	0,1	< 0,1	% (V/V)	ASTM D1796-11 (2016)
Punto de inflamación	62,0	62,0	85,5	73,5	°C	ASTM D92-18
Viscosidad cinemática a 40 °C	2,693	2,711	3,164	2,817	mm ² /s	ASTM D445-19
Densidad a 15°C	0,8401	0,8408	0,8446	0,8419	g/mL	PE1 / ASTM D4052-18a
Densidad relativa 60/60°F	0,8406	0,8412	0,8451	0,8423	-----	PE1 / ASTM D4052-18a

Gravedad API	36,8	36,7	35,9	36,5	°API	PE1 / ASTM D4052-18a
--------------	------	------	------	------	------	-------------------------

FUENTE: LABORATORIO QUÍMICO DE LA CENTRAL DE GUANGOPOLO

ELABORADO: ALEX DANILO PORTILLA ORTEGA (2020)

Mediante este análisis de laboratorio se ha llegado a la conclusión que el combustible recuperado posee mejores características físicas-químicas que el combustible que actualmente se está utilizando, entre una de sus características se encuentra el grado de inflamación del Fuel Oil recuperado, obteniendo como resultado de la prueba un 73.5°C de inflamación el cual es mayor al que se emplea normalmente (62 °C).

4.1.4. Comprobación del sistema de recuperación para los residuos de fuel oil mediante estudios de análisis económico costo/beneficio.

Para el diseño de un sistema de recuperación de Fuel Oil se estima que se destinará un área de $9m^2$, en las actuales instalaciones de la empresa, en la ciudad de Quevedo.

La estimación de costos e inversión necesaria se elabora a partir de los requerimientos del sistema de recuperación, tanto para su operación como para su instalación en la planta. Para el diseño de un sistema de recuperación de Fuel Oil para mejoras del proceso existente de generación, se tomará en cuentas todos los gastos, para la realización de este proyecto se utilizarán materiales de primera calidad. Además, la ejecución de este proyecto está enfocado a un periodo de rentabilidad de 5 años en caso de que la empresa acepta el diseño caso contrario quedara estipulado en documento físico.

Materiales a utilizar

Tabla 16. Materiales a utilizar.

Materiales	Cantidad	Valor Unitario	Valor total
Plancha de acero negro 1120 x 2440 mm con espesor de 3 mm	4	\$ 59.60	\$ 238.40
Tubo Cedula 40 de diámetro 1 ½ in	13	\$ 31.80	\$ 413.40
Tubo cuadrado de 75 x 75 x 3 mm en acero negro.	2	\$ 38.17	\$ 76.34
Ángulos de acero negro (50 mm x 3 mm)	2	\$ 14.46	\$ 28.92

Placas de acero negro 150 x 150 x 6 mm	4	\$ 2.18	\$ 8.75
Placas de acero negro 100 x 100 x 3 mm	1	\$ 2.50	\$ 2.50
Bridas de 1 ½ in	4	\$ 8.25	\$ 33.00
Válvula check 1 ½ in	1	\$ 15.00	\$ 15.00
Bomba de presión ½ Hp	3	\$ 75.00	\$ 225.00
Codos de 1 ½ in	37	\$ 0.80	\$ 29.60
Neplos 1 ½ in	12	\$ 0.65	\$ 7.80
Universales 1 ½ in	6	\$ 1.15	\$ 6.90
Pernos de anclaje de ¾ x 3 in	16	\$ 0.55	\$ 8.80
Pernos de ¼ x 1 in	8	\$ 0.20	\$ 1.60
Tuercas ¼ in	8	\$ 0.10	\$ 1.80
Anillos de presión ¼ in	8	\$ 0.10	\$ 1.80
Anillos planos ¼ in	16	\$ 0.05	\$ 0.80
Brocas 5/16 in	2	\$ 2.80	\$ 5.60
Dado para hacer hilo	1	\$ 65.00	\$ 65.00
Válvula de ½ vuelta	3	\$ 12.30	\$ 36.90

Silicon permatex	3	\$ 4.86	\$ 14.58
Teflón	2	\$ 0.25	\$ 5.00
Waype blanco lb	1	\$ 2.50	\$ 2.50
TOTAL			\$ 1231.09

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Adicional a esto se tiene que comprar en el mercado nacional los siguientes materiales consumibles:

Tabla 17.. Materiales consumibles.

Materiales	Cantidad	Valor
Electrodo E6011	1	\$20.00
Discos de corte de 14 in	1	\$6.00
Discos de corte de 7 in	2	\$4.00
Sierra	1	\$4.50
Hoja de sierra	1	\$1.50
Cepillo de alambre	1	\$2.00
Discos de pulir de 7 in	1	\$4.50
Lija de hierro #60	5	\$1.50

Silicon permatex	3	\$ 14.58
Teflón	2	\$ 5.00
Waype blanco lb	1	\$ 2.50
Diluyente x galón	2	\$ 11.00
Pintura anticorrosiva café	1	\$ 20.60
Fondo multiprimer gris	1	\$ 22.00
TOTAL		\$ 119.68

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

El valor total de costos para la Elaboración de este proyecto es de:

Tabla 18. Valor total de costos.

Materiales a utilizar	\$ 1231.09
Materiales consumibles	\$119.68
Costo de mano obra	\$800
Total (Inversión Inicial)	\$ 2150.77

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Se muestran también los costos adicionales del personal otorgado por la empresa:

Tabla 19. Costos adicionales.

CARGO	SUELDOS \$
Operador	1440.00

Traslado de los lodos	690.00
TOTAL	2130.00

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Ecuación 19. Fórmula para cálculo del B/C.

$$B/C = \frac{BENEFICIOS}{COSTOS} \quad (19)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Ecuación 20. Cálculo del B/C en 12 hrs de generación.

$$B/C = \frac{(375.1653949 \text{ gal} * \$0.84) * 24 \text{ hrs} / 1 \text{ día} * 30 \text{ días} / 1 \text{ mes} * 12 \text{ meses} / 1 \text{ año}}{(\$2150.77 + \$2130.00)} = \$636.05 \quad (20)$$

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

Tabla 20. Cálculo de B/C en varios períodos de generación.

RECUPERACIÓN	gal	B/C
6 HRS	186,201	\$ 315.68
12 HRS	375,165395	\$ 636.05
24 HRS	750,33079	\$ 1272.11
30 DÍAS	1500,66158	\$ 2544.22
12 MESES	3001,32316	\$ 5088.43
60 MESES	6002,64632	\$ 10176.86

ELABORADO: MURILLO, PINCAY (2020)

4.2. Discusión de los Resultados.

- En base a las investigaciones realizadas en artículos científicos, revistas, libros, documentos y en páginas de sitio web como sciencedirect existe una carencia en cuanto al tipo de método que se ajuste a nuestra manera por lo tanto nuestro medio se puede patentar a cualquier tipo de procedimiento en los cuales exista recuperaciones u otros tipos de procesos que requieran reutilizar este Fuel Oil o cualquier otro tipo de combustible que se ajusten a los cálculos empleados en esta investigación.
- Según investigaciones realizadas en ciertos artículos científicos, revistas, libros, sitios web confiables como sciencedirect, Google académico existen actualmente carencias en diseños de sistemas de recuperación de Fuel Oil que se ajusten al modelo mostrado dentro de la investigación por lo cual se puede aceptar este diseño para futuras investigaciones que requieran de la recuperación no solo de Fuel Oil sino de cualquier tipo de combustible que sea destinado a centrales termoeléctricas.
- Actualmente realizando las investigaciones necesarias en diversas fuentes se encontró que no existen pruebas que se asemejen a las que han sido llevadas a cabo mediante esta investigación las cuales fueron realizadas en el laboratorio químico de la Central Guangopolo en la ciudad de Quito que permitan medir el grado de inflamación de Fuel Oil recuperado para verificar que si existe un Fuel Oil recuperado con mejores características físicas-químicas que ayuden a obtener un proceso de generación mejorado.

- Según Martín Hamilton y Alfredo Pezo [26] el B/C es un criterio que contribuye en la toma de decisiones de proyectos tomando en consideración los siguientes criterios: si la relación B/C es igual a la unidad, el proyecto no presenta beneficios ni pérdidas; si la relación B/C es mayor a la unidad, el beneficio es superior al costo y si es menor que la unidad, no existe beneficios, por lo tanto se registran pérdidas; esto coincide con el resultado obtenido en el desarrollo del objetivo dando una viabilidad positiva mayor a la unidad, cumpliendo con uno de los criterios de interpretación que describe el autor antes mencionado.

CAPÍTULO V
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones.

Los resultados principales, de forma resumida, son los siguientes:

- Cuando se realiza el proceso de filtración de fuel oil con un volumen de 243.4 gal de residuos se obtiene una cantidad de 186.201 gal recuperados durante las 6 horas de generación; además en las 12 horas se recuperan 375.1653949 gal con una eficiencia del sistema de 0.90 la cual representa un 76.5% de recuperación para ser utilizados en la Central Termoeléctrica Quevedo II.
- Mediante el software SolidWorks 2018 se modeló el sistema de recuperación para los residuos de fuel oil por medio de un proceso de decantación o sedimentación para así optimizar los recursos que se utilizan dentro de la Central mostrando sus diversas vistas tanto frontales, lateral derecha, izquierda, superior y a su vez se determinó mediante cálculos de fluidos que la potencia que requiere la bomba para impulsar el FO es de 0.03HP.
- Con los resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio se observa que el fuel oil recuperado mantiene un grado de inflamación de (73.5°C) mayor al combustible que se utiliza en la generación que es de (62.0°C); además con una viscosidad cinemática, densidad y gravedad similar al combustible que mantiene la Central.
- Al recuperar 375.1653949 galones de Fuel Oil durante las 12 horas de generación se está beneficiando la empresa con \$ 636.05 en el transcurso del año, es decir que dicho beneficio es positivo y favorable para la Central al ser sus beneficios mayores que los costos; además se demuestra mediante cálculo realizado en varios períodos de generación que dicha inversión se recupera en el transcurso de los 30 días de generación dentro de la Central.

5.2. Recomendaciones.

- Debe considerarse el volumen óptimo dentro del tanque de residuos para futuras investigaciones que se realicen en base al Fuel Oil u otro tipo de combustible las cuales empleen el procedimiento desarrollado dentro de esta investigación, ya que este índice de recuperación con eficiencia es independiente de cualquier método se puede utilizar en otros lados.
- Es decisión de La Central Termoeléctrica Termopichincha Quevedo II CELEC EP acoger o no el diseño de recuperación de Fuel Oil que se realizó mediante el software SOLIDWORKS la cual beneficiará a la misma Empresa dentro de la mejora del proceso que actualmente se lleva a cabo para generación de energía eléctrica y no solo se lo puede aplicar con el Fuel Oil sino para otros tipos de combustibles.
- Se debe seguir realizando diversas pruebas tanto físicas como químicas las cuales determinen qué otros tipos de combustibles sean factibles para una recuperación efectiva y que mejore las características que actualmente emplee cualquier tipo de Central Termoeléctrica ayudando a que existan mayor cantidad de información en cuanto a sistemas de recuperación de combustibles basándose en hechos verídicos y en métodos cuasi-experimentales.
- La empresa deberá analizar las ventajas y desventajas en cuanto al beneficio obtenido para ser más competitiva en esta economía cada vez más compleja y exigente y así poder ahorrar ciertos recursos que serán de gran ayuda para la misma, tomando en cuenta los criterios de interpretación que se mencionaron dentro de esta investigación.

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

Bibliografía

- [1] Editorial, «Importancia.org,» 18 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.importancia.org/combustible.php>.

- [2] Boix y Morer, «Foro Nuclear,» 22 Junio 2010. [En línea]. Available: <https://www.foronuclear.org/es/100957-faqas-sobre-energia/capitulo-8/115750-106-ique-es-una-central-termoelectrica>. [Último acceso: 28 11 2019].

- [3] L. F. De la Cruz Flores, M. E. Lucero León, J. G. Cordova Garay, G. K. Rosas Vargas, J. J. Pacora Chirito y J. Yarleque Yovera, Calderos, Huacho-Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2018.

- [4] M. A. Aguilar Tucubal, Estudio de la eficiencia energética y de combustión de una caldera utilizada en una planta de fabricación de alimentos y propuesta para incrementar la eficiencia de operación, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala, 2015.

- [5] J. M. Boned Marí, Análisis y redimensionado de un sistema de combustible a partir del remolcador " Willy-T" y el buque Ro-Pax "Murillo", Barcelona: Facultad Náutica de Barcelona UPC, 2013, p. 18.

- [6] C. N. Carrillo Santana y S. I. Papacristofilou Sedano, Derivados del Pétroleo, México: Dirección de Movilidad y Transporte CONUEE.

- [7] «RO-DES,» 18 Julio 2019. [En línea]. Available: <https://www.ro-des.com/mecanica/el-diesel-o-gasoil/>. [Último acceso: 26 Diciembre 2019].
- [8] Editorial, «Petropar.gob.py,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.petropar.gov.py/index.php/2012-02-08-08-18-09/fuel-oil>. [Último acceso: 19 Diciembre 2019].
- [9] L. L. Gómez Molina y A. M. Merchan Bermudez, CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS LODOS PROVENIENTES DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA RESIDUAL INDUSTRIAL DE UNA EMPRESA DE CAFÉ DEL DEPARTAMENTO DE CALDAS, Manizales: Universidad Católica de Manizales, 2016.
- [10] E. J. Rogel Soliz, “ANÁLISIS Y DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS: RECEPCIÓN, TRATAMIENTO Y DESPACHO DE COMBUSTIBLE JET FUEL DEL TERMINAL DE PRODUCTOS LIMPIOS BEATEREO”, Quito: Universidad Tecnológica Equinoccial, 2015.
- [11] L. Pérez Farrás, Teoría de Sedimentación, Instituto de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, 2005.
- [12] «Significados.com,» 18 12 2017. [En línea]. Available: <https://www.significados.com/sedimentacion/>. [Último acceso: 28 11 2019].

- [13] SOLIDBI, «SOLIDBI Inspira tu Innovaciòn,» [En línea]. Available: <https://solid-bi.es/solidworks/>. [Último acceso: 20 Febrero 2020].
- [14] INTEGRAL INNOVATION EXPERTS, «ANSYS,» [En línea]. Available: <https://integralplm.com/ansys/>. [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [15] ANSYS, «ANSYS,» [En línea]. Available: <https://www.ansys.com/products/fluids/multiphase-flows>. [Último acceso: 20 Abril 2020].
- [16] E. T. Yunda Méndez, ESTUDIO DE LA ESTABILIDAD INTRÍNSECA DE MEZCLAS DE FUEL OIL BASE Y CUTTER STOCK PARA LA OBTENCION DEL FUEL OIL COMERCIAL, Quito: Universidad Central del Ecuador, 2017.
- [17] R. Santos Guillen, “ELABORACION DE UN ESTUDIO TÉCNICO PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN ACTUAL DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN BASE AL CALENTAMIENTO DE LOS TANQUES DE HFO PARA LA OPERACIÓN DE LOS MOTORES HYUNDAI DE LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA SANTA ELENA II, DE LA EMPRESA CELEC EP”, Santa Elena: Universidad Estatal Península de Santa Elena, 2018.
- [18] A. Muentes y M. Jaramillo, MEJORA DEL PROCESO DE TRATAMIENTO DE TRATAMIENTO DE COMBUSTIBLE EN LA UNIDAD DE NEGOCIO TERMOPICHINCHA- CENTRAL QUEVEDO APLICANDO PMBOK, Sangolquí ESPE: Universidad de las Fuerzas Armadas.

- [19] 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)., Quevedo: Unidad de Negocios Termopichincha-Central Quevedo.
- [20] F. G. Chiluita García, “DISEÑO DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE LOS PROCESOS DE ÓSMOSIS INVERSA Y GENERACIÓN ELÉCTRICA, PARA SU POSTERIOR REUTILIZACIÓN EN LA CENTRAL TERMOELÉCTRICA QUEVEDO II.”, Quevedo: Universidad Técnica Estatal de Quevedo, 2016.
- [21] L. A. Godoy y P. M. Dardatti, Validación de Modelos en Mecánica Computacional, Córdoba: Universidad Tecnológica Nacional, 2001.
- [22] J. Trujillo y R. A. Cubillos González, «La simulación como herramienta de diseño y evaluación arquitectónica. Pautas resueltas desde la ingeniería,» *Revista de Arquitectura*, vol. 18, nº 1, 2016.
- [23] J. M. Drake y P. López, Verificación y Validación, Ingeniería de Programación, 2009 .
- [24] O. Puella, «Modelo de Verificación y Validación Basado en CMMI,» *Investigación e Innovación en Ingenierías*, vol. 1, nº 1, pp. 23-24, 2013.

[25] I. Harshbargers, Tècnica de Anàlisis de Procesos, Chicago: McGraw-Hill, 1988.

[26] M. Hamilton Wilson y A. Pezo Paredes, Formulación y evaluación de proyectos tecnológicos empresariales aplicados, Colombia: Convenio Andrés Bello, 2005.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible sin purificar tanque 102.



INFORME DE RESULTADOS

Laboratorio de Control Químico de la
Central Guangopolo – Unidad
TERMOSTACIÓN – 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 Conocoto, Cantón Quito

Código del informe	IR20191029-1611
--------------------	-----------------

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			
Nombre	Central Quevedo II	Contacto	Ing. Freddy Chiluza
Dirección	km 4 1/2 vía al Empalme sector la Virginia junto a la Subestación Quevedo de Transelectric Quevedo-Los Ríos	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	M20191029-1611	Fecha de toma de muestra	24/10/2019
Muestra tomada por	Tlgo. Fernando Pincay	Fecha de recepción de la muestra	29/10/2019
Punto de toma de muestra	Tanque de Almacenamiento	Fecha de ejecución de los ensayos	05/11/2019
Descripción de los ensayos	Análisis físico químico	Fecha de entrega del informe	06/11/2019
Observaciones:	T-102-DOSP Diesel sin purificar tanque 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, $U = \pm 0,00026 \text{ g/mL}$ ($K=2$).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,00025$ ($K=2$).

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

Revisado y aprobado por:

 ALEX DANILO
PORTILLA ORTEGA
2019.11.06 11:59:02 -
05'00'

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: 8.0

Fecha de emisión: 2019-08-06

Página: 1 de 1

Anexo 2. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible purificado tanque 105.



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 Conocoto, Cantón Quito

Código del informe	IR20191029-1612
--------------------	-----------------

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			
Nombre	Central Quevedo II	Contacto	Ing. Freddy Chiliza
Dirección	km 4 1/2 vía al Empalme sector la Virginia junto a la Subestación Quevedo de Transelectric Quevedo-Los Ríos	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	M20191029-1612	Fecha de toma de muestra	24/10/2019
Muestra tomada por	Tlgo. Fernando Pincay	Fecha de recepción de la muestra	29/10/2019
Punto de toma de muestra	Tanque de Almacenamiento	Fecha de ejecución de los ensayos	05/11/2019
Descripción de los ensayos	Análisis físico químico	Fecha de entrega del informe	06/11/2019
Observaciones:	T-105-DOP Diesel purificado tanque de uso diario Tanque 105 diesel 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	mm²/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; $U = \pm 0,00026 \text{ g/mL}$ ($K=2$).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F; $U = \pm 0,00025$ ($K=2$).

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

Revisado y aprobado por:

ALEX DANILO
PORTILLA ORTEGA
2019.11.06 12:00:58 -
05'00"

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: 8.0

Fecha de emisión: 2019-08-06

Página: 1 de 1

Anexo 3. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible en el tanque de lodos sin sedimentar tanque 103.



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 Conocoto, Cantón Quito

Código del informe	IR20191029-1613
--------------------	-----------------

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			
Nombre	Central Quevedo II	Contacto	Ing. Freddy Chiliza
Dirección	km 4 1/2 vía al Empalme sector la Virginia junto a la Subestación Quevedo de Transelectric Quevedo-Los Ríos	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	M20191029-1613	Fecha de toma de muestra	04/10/2019
Muestra tomada por	Tigo. Fernando Pincay	Fecha de recepción de la muestra	29/10/2019
Punto de toma de muestra	Tanque de Almacenamiento	Fecha de ejecución de los ensayos	05/11/2019
Descripción de los ensayos	Análisis físico químico	Fecha de entrega del informe	06/11/2019
Observaciones:	T-103-SDP 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	mm²/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, $U = \pm 0,00026 \text{ g/mL}$ ($K=2$).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F, $U = \pm 0,00025$ ($K=2$).

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

Revisado y aprobado por:

 ALEX DANILO
PORTILLA ORTEGA
2019.11.06 11:59:41 -
05'00'

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: 2019-08-08

Página: 1 de 1

Anexo 4. Informe de los resultados enviados al laboratorio químico de la Central Guangopolo del combustible en el tanque de lodos sedimentado tanque 103.



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 LEC 15-003

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

Código del informe	IR20191029-1614
--------------------	-----------------

IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE			
Nombre	Central Quevedo II	Contacto	Ing. Freddy Chiluiza
Dirección	km 4 1/2 vía al Empalme sector la Virginia junto a la Subestación Quevedo de Transelectric Quevedo-Los Ríos	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	M20191029-1614	Fecha de toma de muestra	24/10/2019
Muestra tomada por	Tigo. Fernando Pincay	Fecha de recepción de la muestra	29/10/2019
Punto de toma de muestra	Tanque de Almacenamiento	Fecha de ejecución de los ensayos	05/11/2019
Descripción de los ensayos	Análisis físico químico	Fecha de entrega del informe	06/11/2019
Observaciones:	T-103-SDS 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	mm²/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; $U = \pm 0,00026 \text{ g/mL}$ ($K=2$).

(2) Incertidumbre expandida asociada a la medición de Densidad relativa 60/60°F; $U = \pm 0,00025$ ($K=2$).

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

Revisado y aprobado por:

ALEX DANILO
PORTILLA ORTEGA
2019.11.08 11:59:24 -
05'00'

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: 2019-08-08

Página: 1 de 1

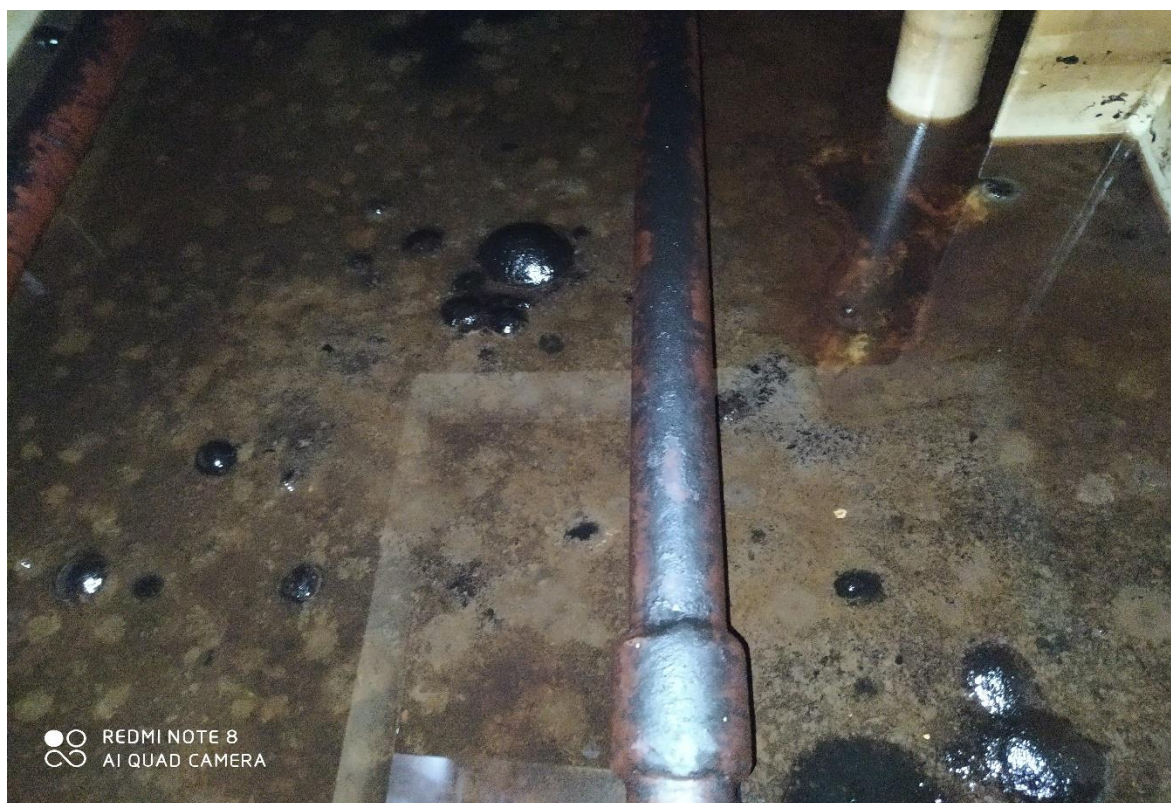
Anexo 5. Muestras del residuo obtenido en el tanque de lodos para ser sedimentado.



Anexo 6. Combustible dentro del tanque de purificación.



Anexo 7. Tanque de residuo después de la filtración-



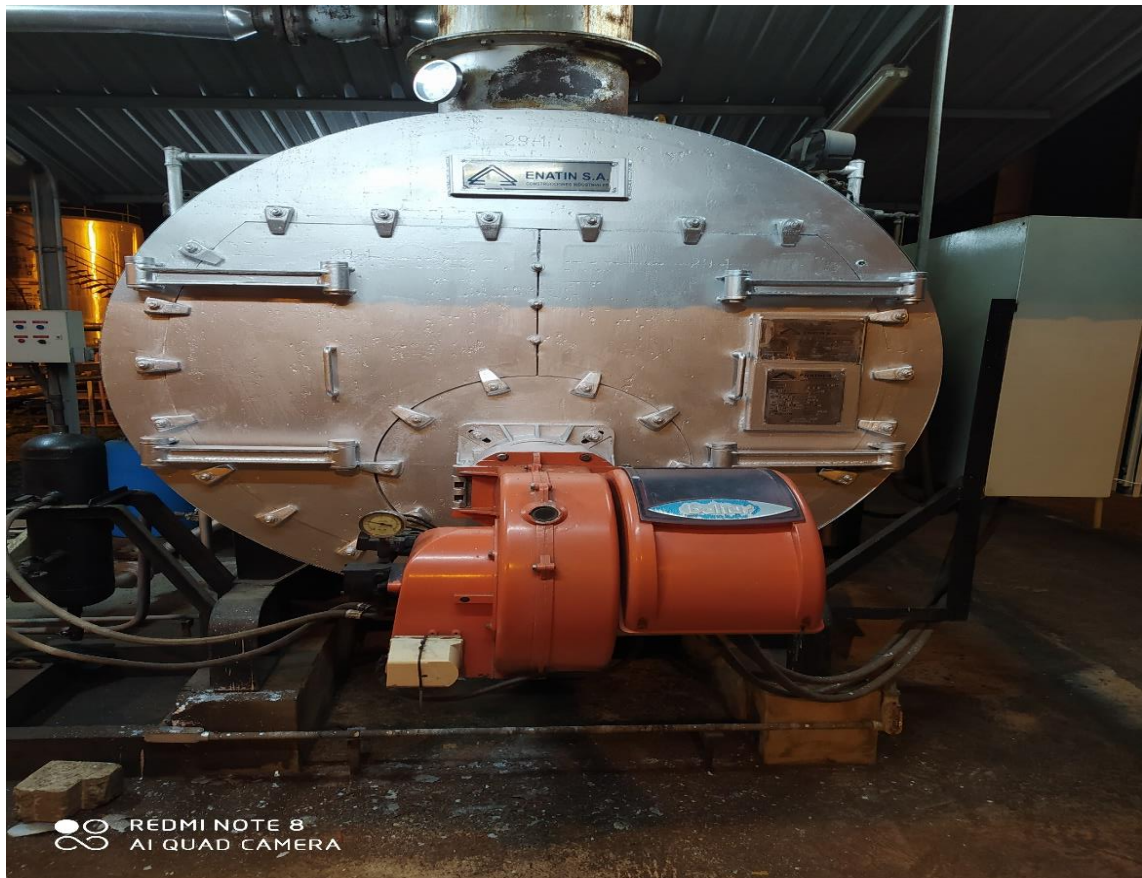
Anexo 8. Planta de tratamiento de combustible- Purificadoras.



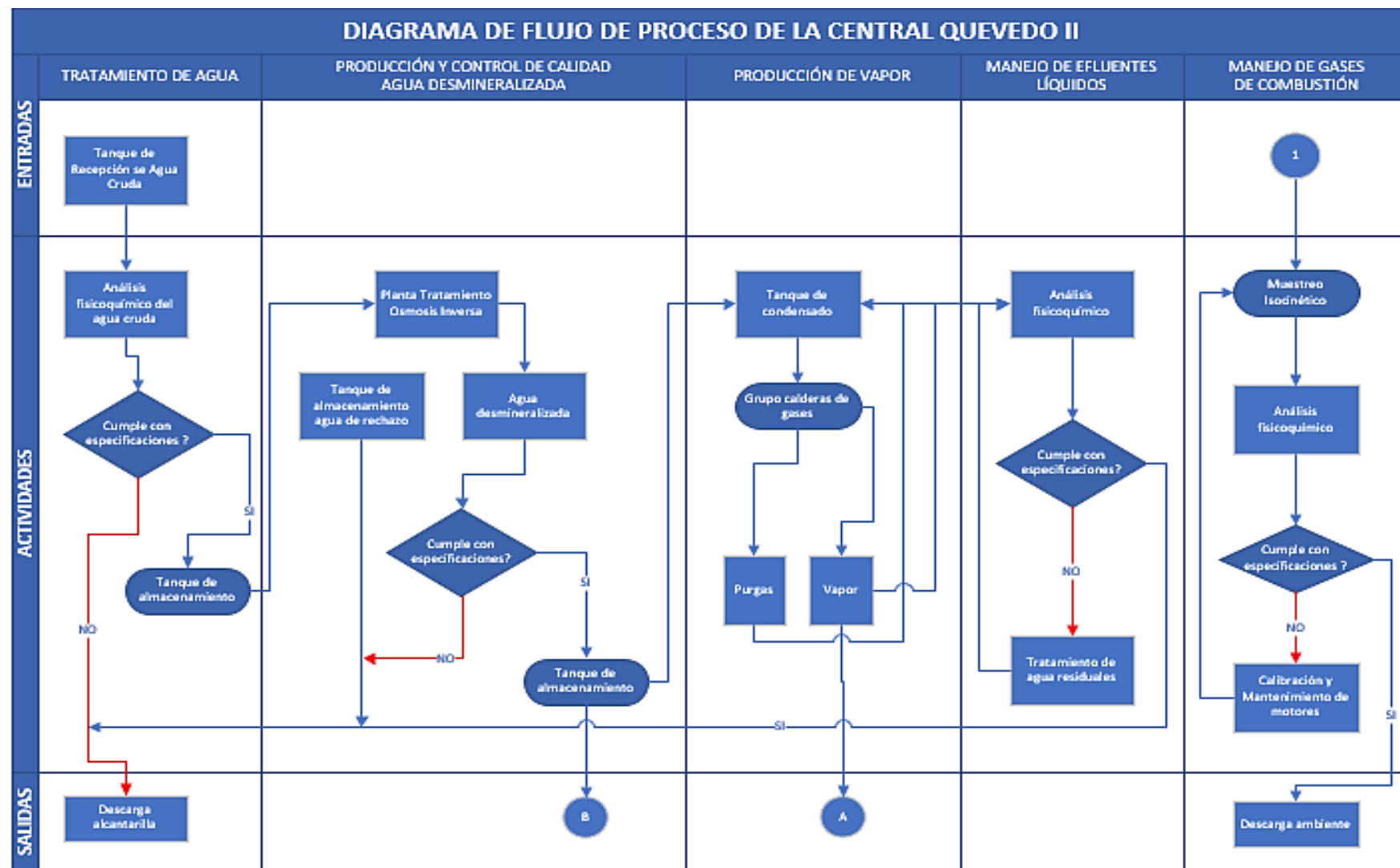
Anexo 9. Quemador del caldero auxiliar.



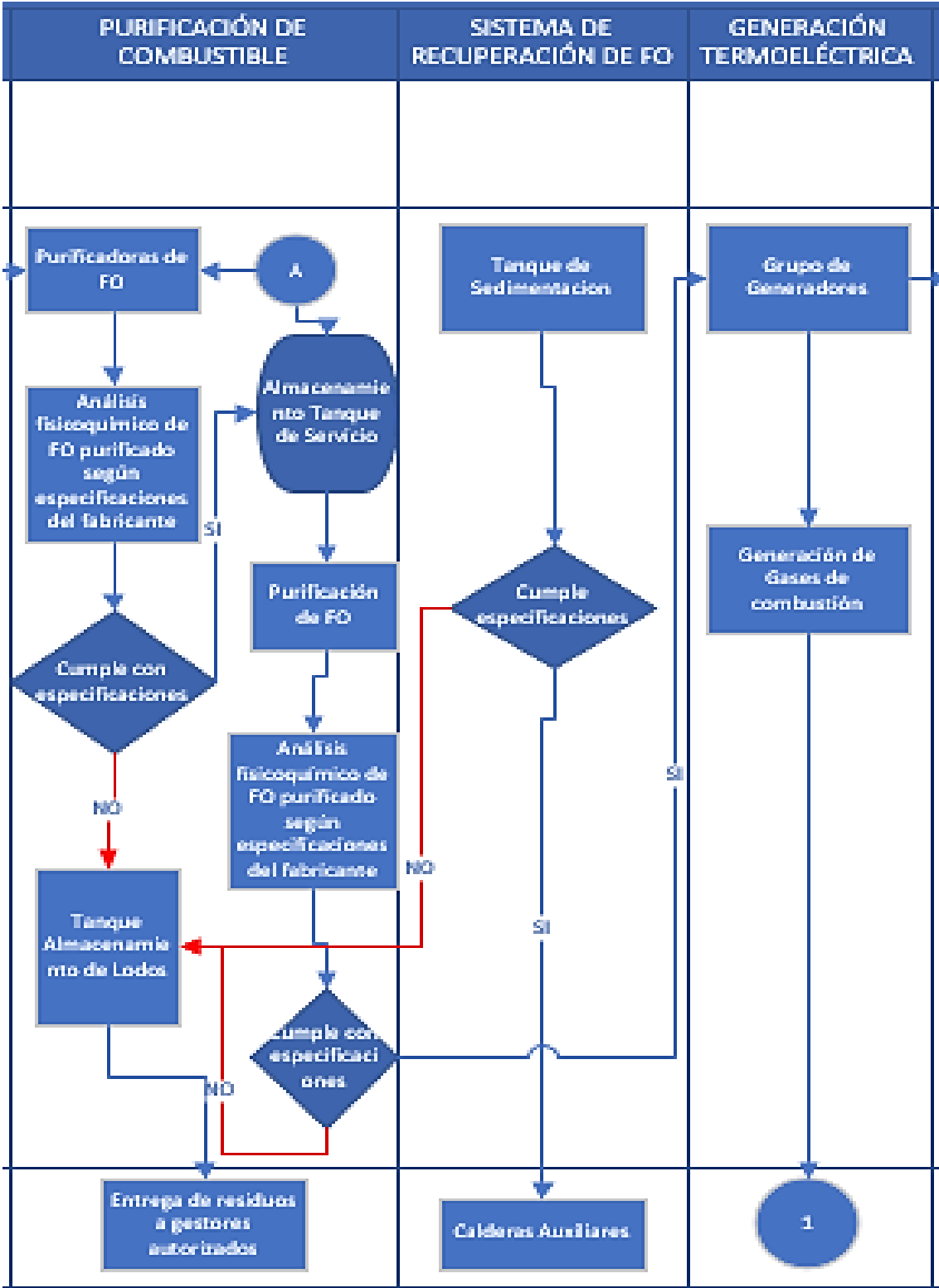
Anexo 10. Caldera auxiliar.



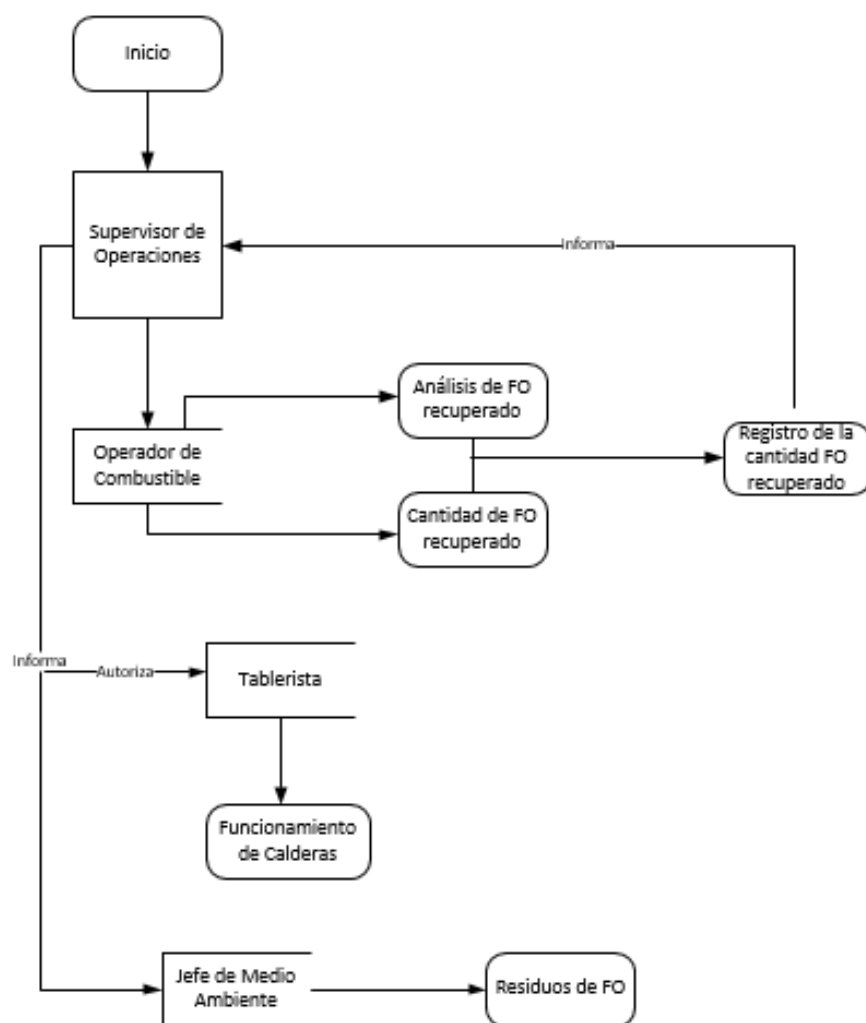
Anexo 12. Diagrama de Flujo de Proceso de la Central Quevedo II (parte 2).



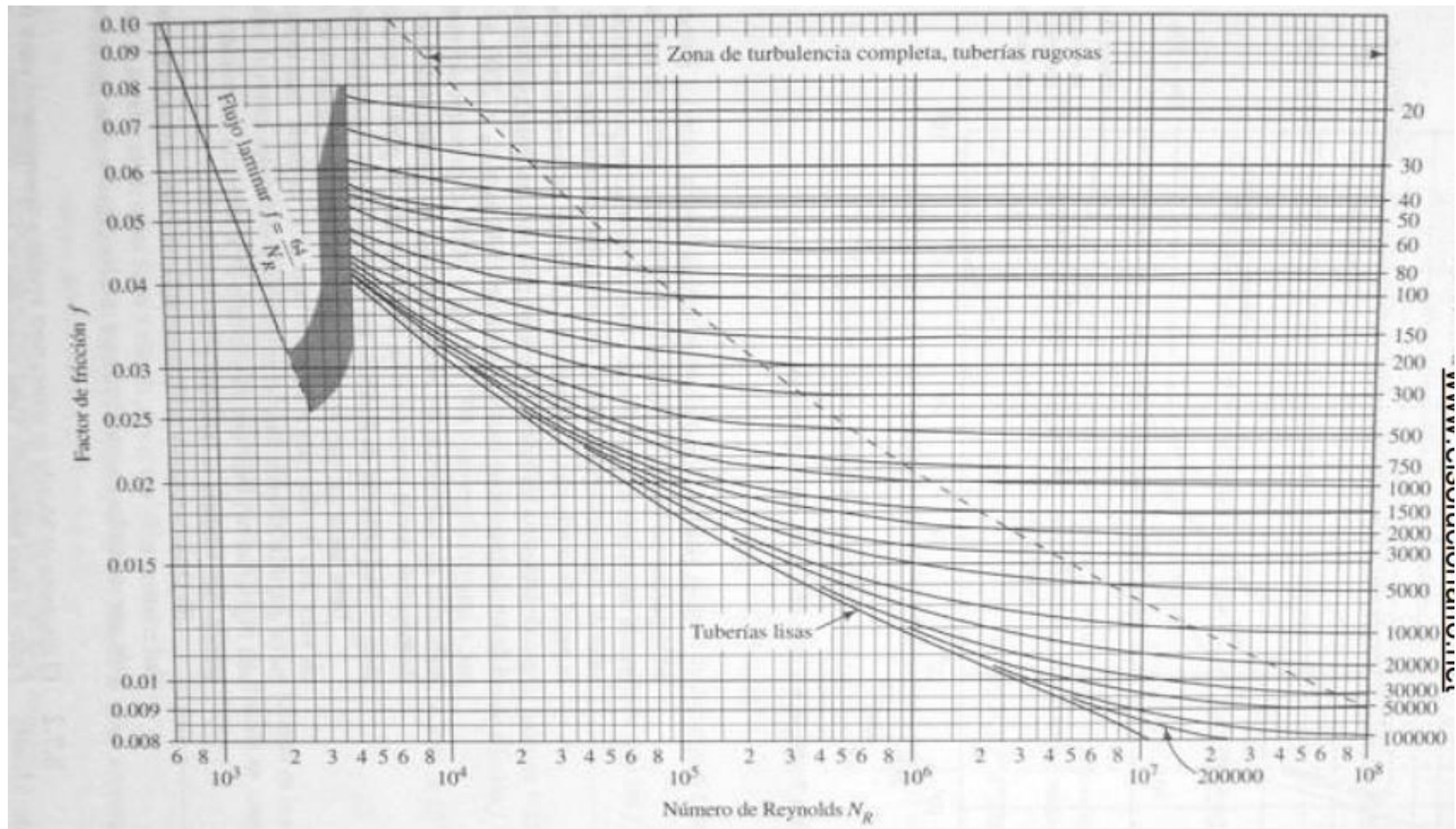
Anexo 13. Diagrama de Flujo de Proceso del Sistema de Recuperación de FO.



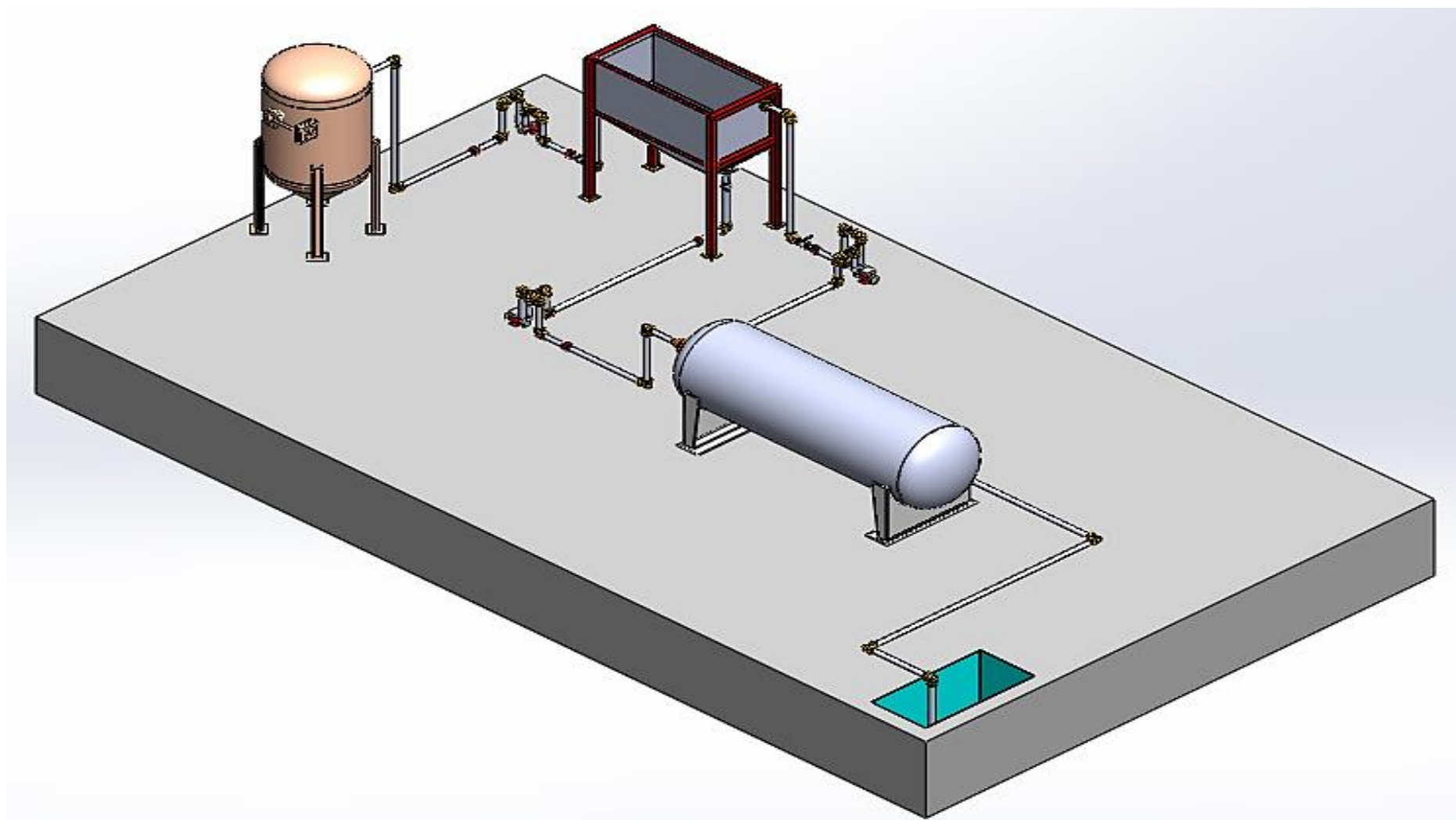
Anexo 14. Diagrama de Flujo de Información del Sistema de Recuperación de FO.



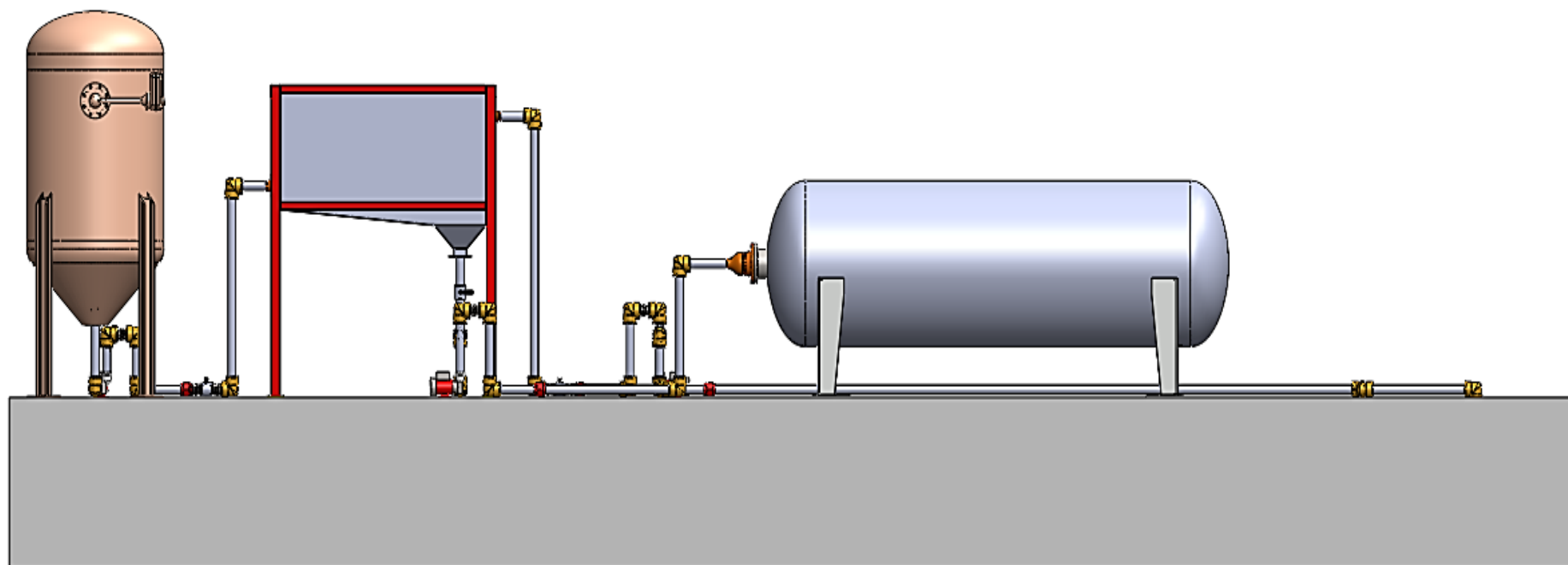
Anexo 15. Diagrama de Moody.



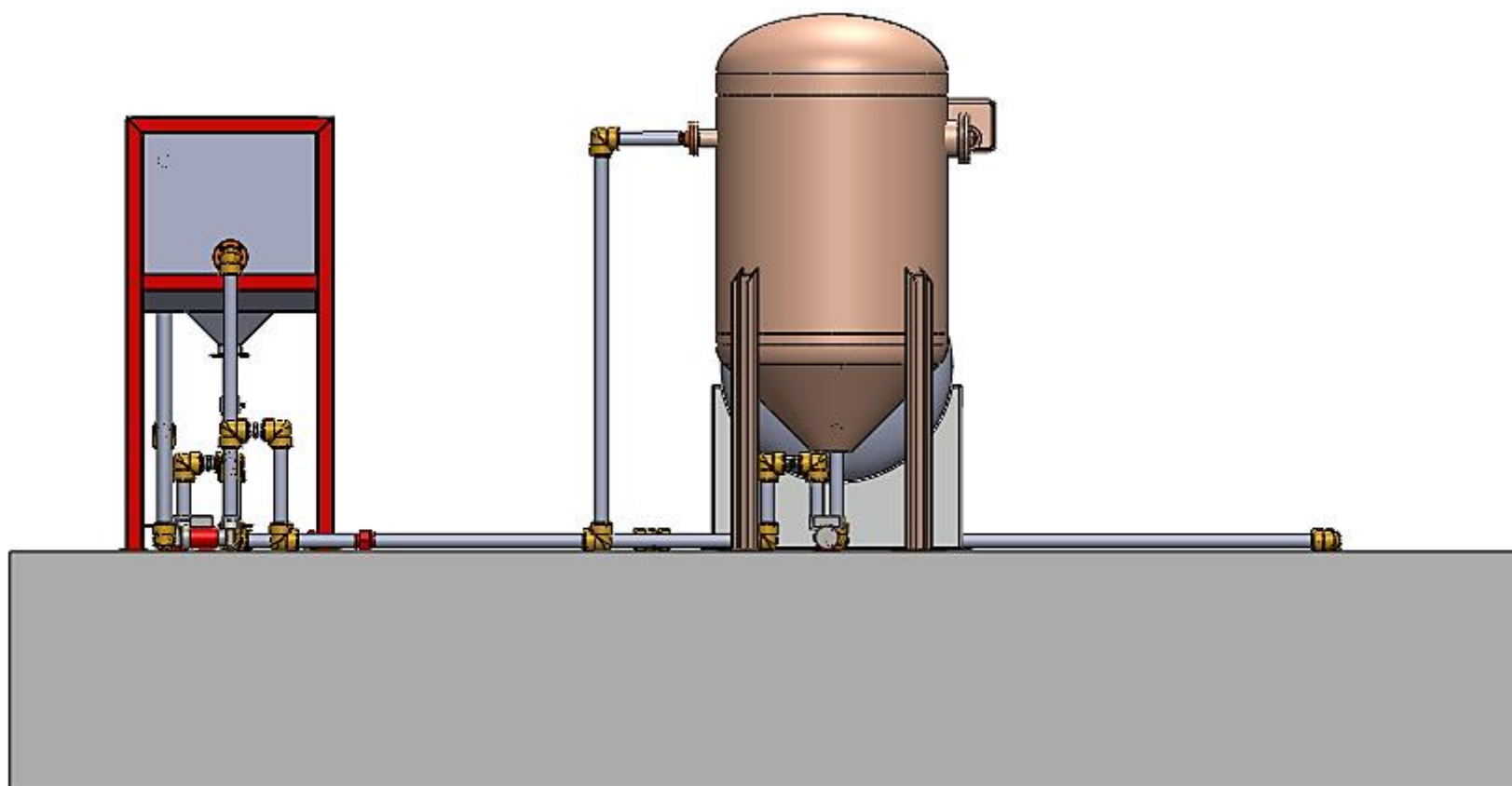
Anexo 16. Diseño general del sistema de recuperación para los residuos del FO.



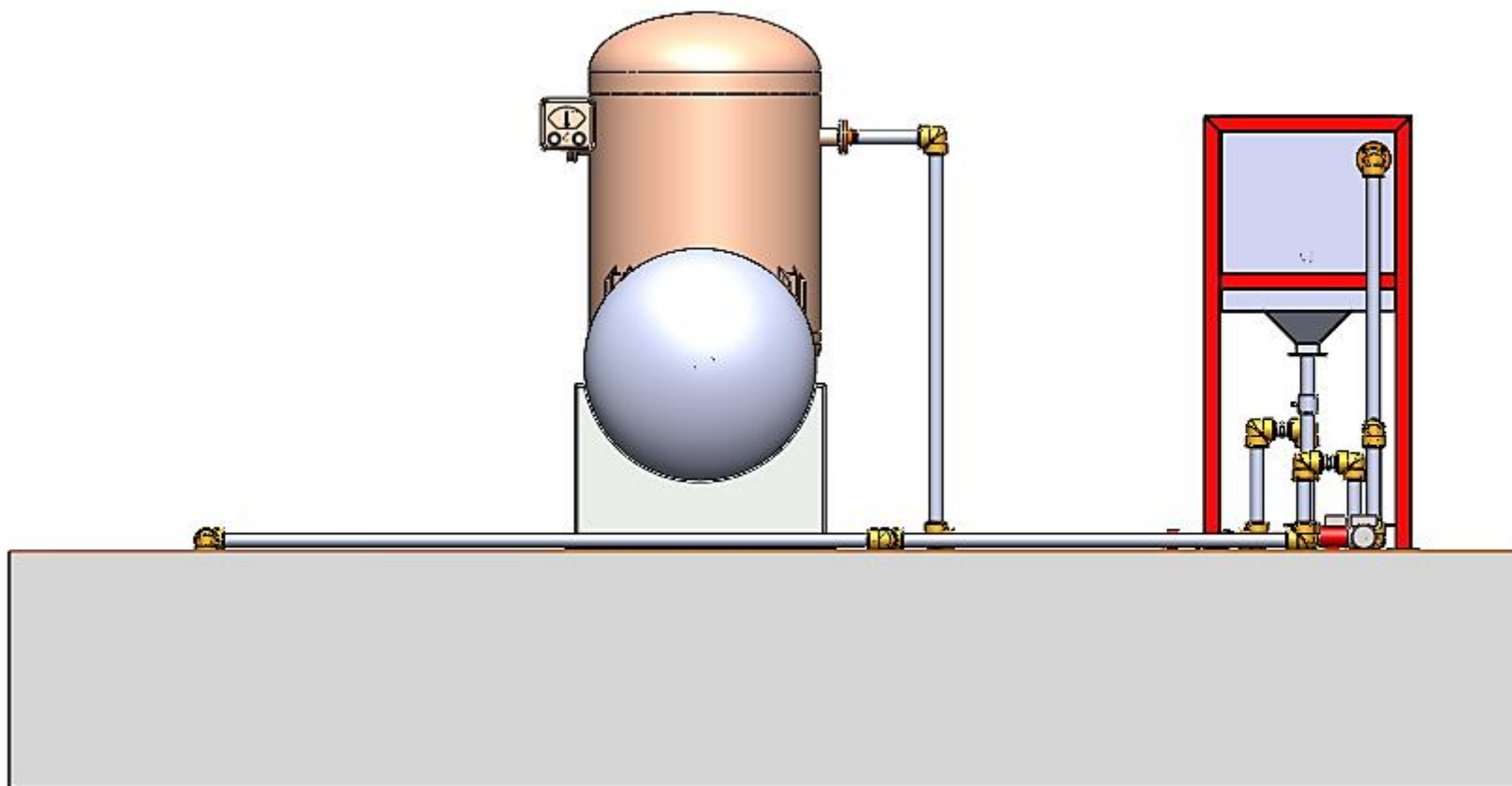
Anexo 17. Vista frontal del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.



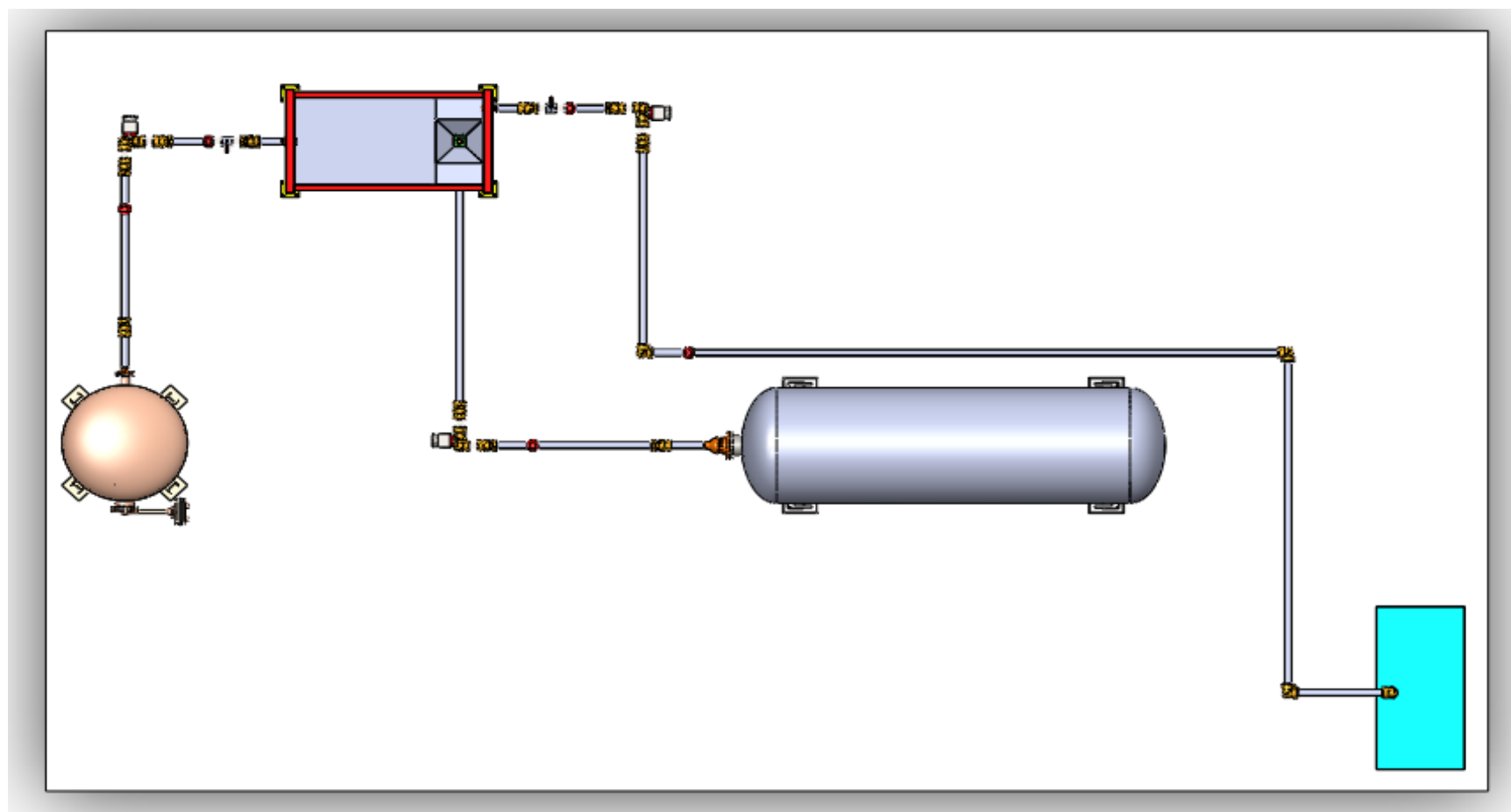
Anexo 18. Vista lateral derecha del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.



Anexo 19. Vista lateral izquierda del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.

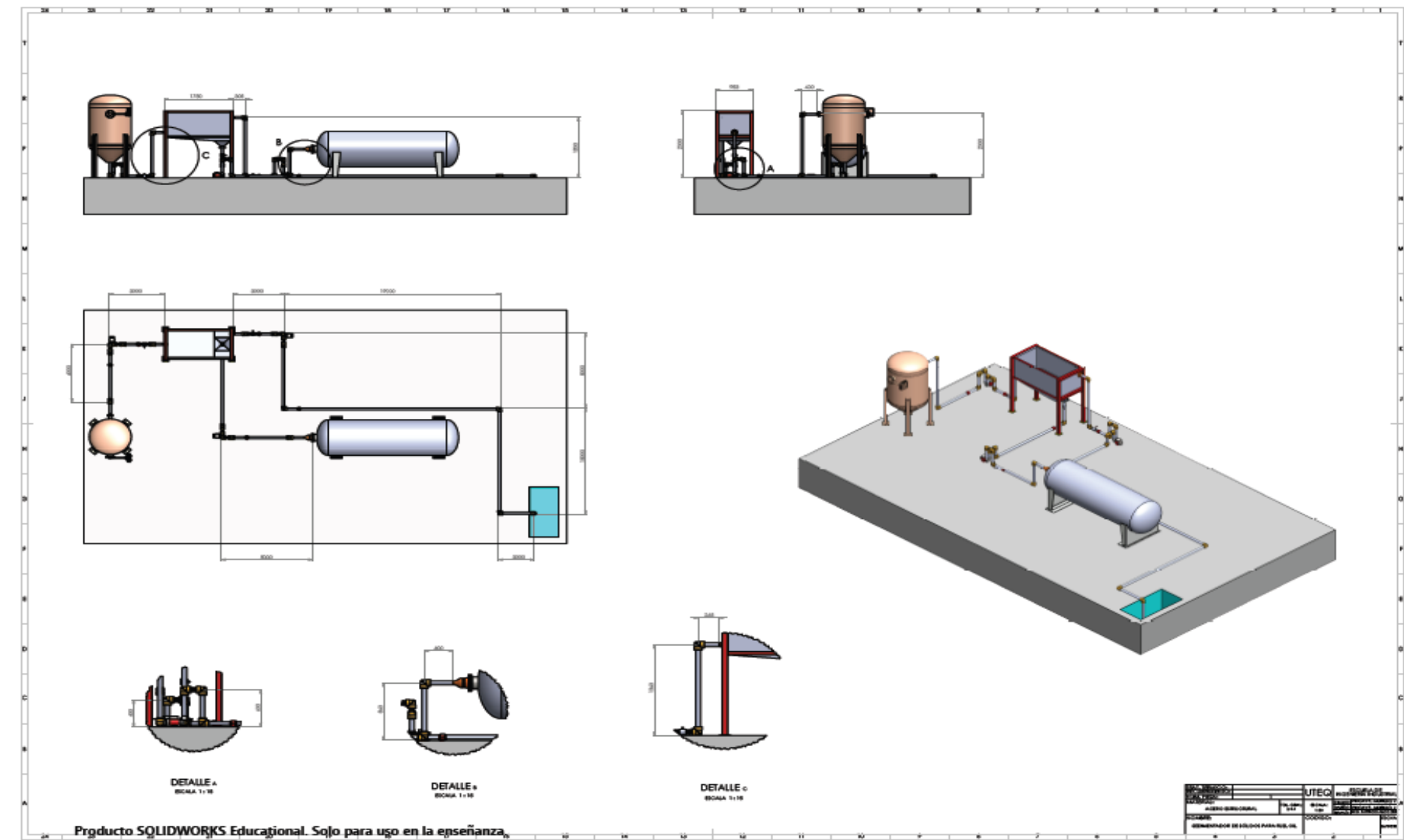


Anexo 20. Vista superior del diseño del sistema de recuperación para los residuos de FO.

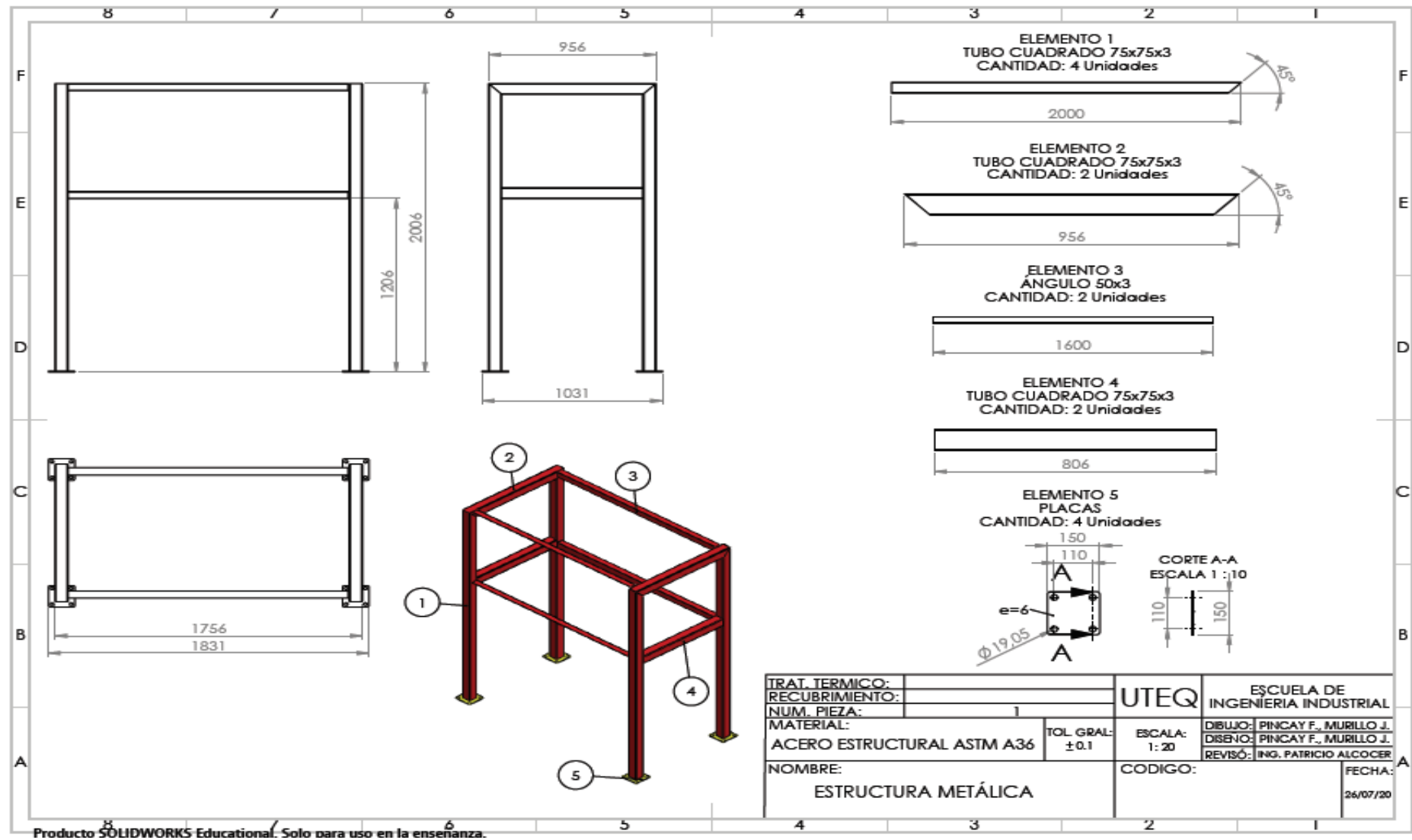


PLANOS

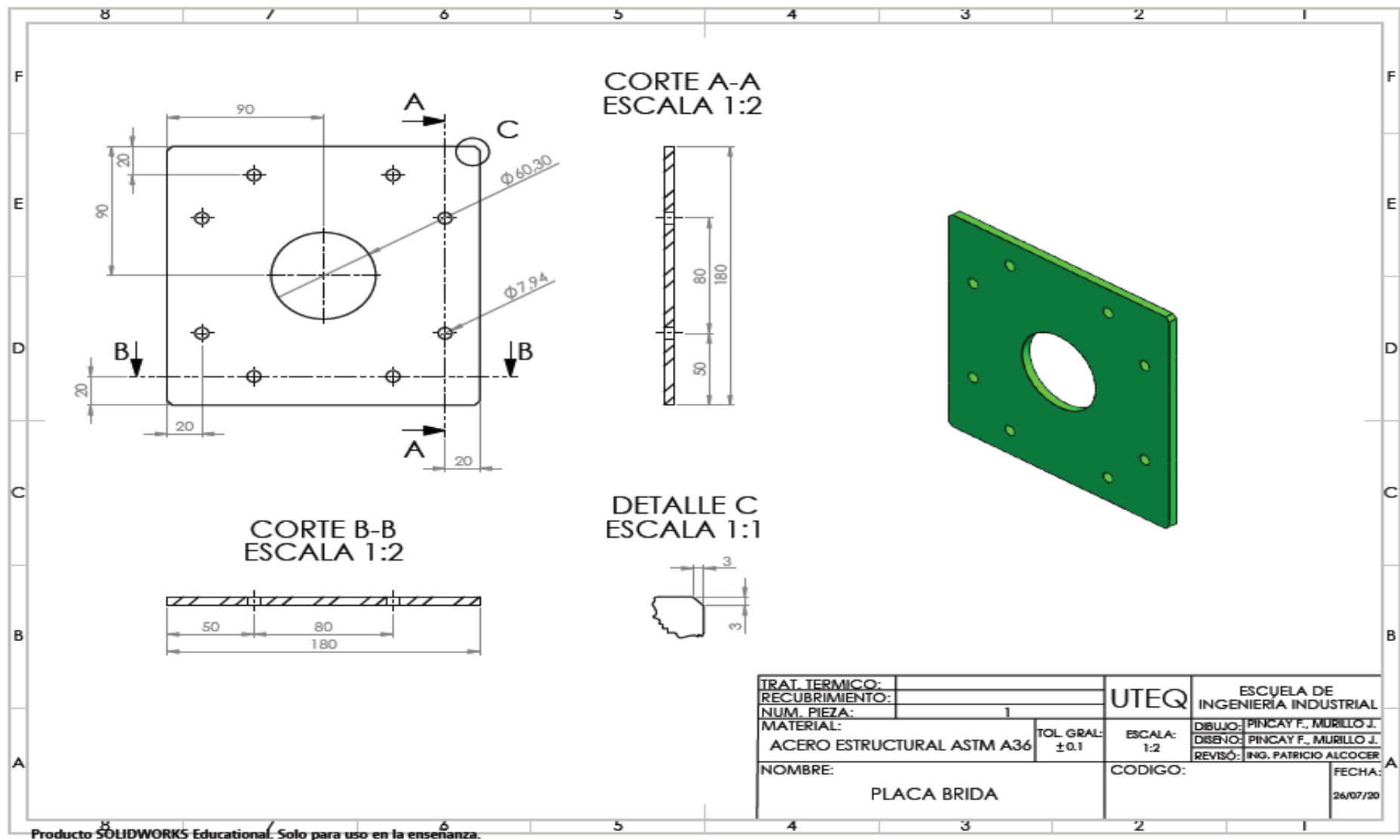
Anexo 21. Ensamble Sedimentador de FO.



Anexo 22. Subensamle Estructura Metálica.



Anexo 23. Placa de la Brida.



Anexo 24. Tanque de Sedimentación.

