



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y
TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA EN NAFTA, DIÉSEL Y CUTTER**

Fabio Alberto Trujillo Vargas

Asesorado por el Ing. Roberto Guzmán Ortiz

Guatemala, agosto de 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y
TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN
INTERNA EN NAFTA, DIÉSEL Y CUTTER**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

FABIO ALBERTO TRUJILLO VARGAS

ASESORADO POR EL ING. ROBERTO GUZMÁN ORTIZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Alberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Victor Manuel Ruiz Hernández
EXAMINADOR	Ing. Luis Alfredo Asturias Zuñiga
EXAMINADOR	Ing. Erick Rene Guerrero Silva
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN NAFTA, DIÉSEL Y CUTTER

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, con fecha 30 de noviembre de 2010.


Fabio Alberto Trujillo Vargas



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, 18 de junio de 2015

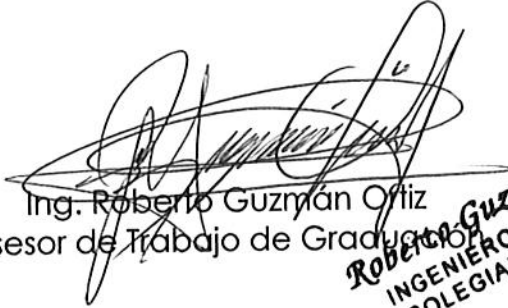
Ingeniero
Julio César Campos Paiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
USAC

Estimada Ing. Campos:

Por este medio le informo que ha finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN NAFTA, DIESEL Y CUTTER**, realizado por el estudiante **Fabio Alberto Trujillo Vargas**, considerando que cumple con el contenido y objetivos propuestos en el protocolo aprobado por la Escuela de Ingeniería Mecánica.

Atentamente

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Asesor de Trabajo de Graduación
Roberto Guzmán Ortiz,
INGENIERO MECANICO
COLEGIADO No. 4485

/aej
c. Archivo



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.Mecanica.208.2015

El Coordinador del Área de Complementaria, de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **GUIA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN NAFTA, DIESEL Y CUTTER**. Del estudiante **Fabio Alberto Trujillo Vargas**, recomienda su aprobación.

"Id y Enseñad a Todos"



Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador del Área de Complementaria
Escuela de Ingeniería Mecánica

Guatemala, julio de 2015.



USAC

TRICENTENARIA
Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Mecánica

Ref.E.I.M.239.2015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria, del trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN NAFTA, DIESEL Y CUTTER**, del Estudiante **Fabio Alberto Trujillo Vargas**, procede a la autorización del mismo.

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Roberto Guzmán Ortiz
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica

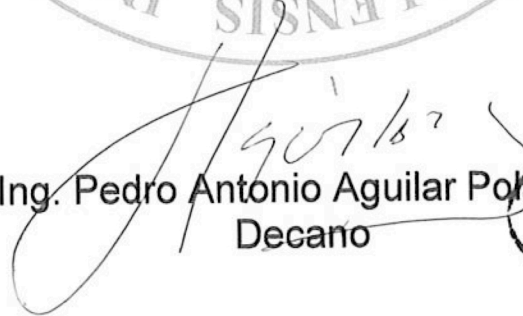


Guatemala, agosto de 2015



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica, al trabajo de graduación titulado: **GUÍA PARA EL MONTAJE DE UNA PLANTA PILOTO PARA REFINACIÓN Y TRANSFORMACIÓN DE ACEITE USADO DE MOTOR DE COMBUSTIÓN INTERNA EN NAFTA, DIÉSEL Y CUTTER**, presentado por el estudiante universitario: **Fabio Alberto Trujillo Vargas**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, agosto de 2015

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por iluminarme en los momentos más difíciles y otorgarme la vida, sabiduría y fuerza para alcanzar esta meta.
- Mis padres** José Farid Trujillo y Nora Vargas Chamalé, por su amor, apoyo en todo momento de mi vida y por cada uno de sus sabios consejos; gracias por ser ejemplo de integridad y amor, los admiro y los quiero mucho.
- Mi esposa e hija** Ana Solares y Fátima Trujillo, por su amor y compañía durante esta etapa de mi vida.
- Mi hermana, primas y sobrino** Marianela Trujillo Vargas, Helen Vargas, Mabel Vargas y Sergio Danilo Vaides, por su apoyo e incondicional amor y cariño.
- Mis compañeros** Jonathan Culajay, Mario Rene Villeda, Ivin Hernández, Boris Ventura Sican, por todos los momentos vividos, por los aciertos y desaciertos, por las angustias y alegrías y sobre todo por hacer más fácil de este arduo camino en la búsqueda de una misma meta, en especial a Delmi Roxanna Cruz Monzon, por ser base fundamental en la búsqueda de un mismo

búsqueda de un mismo sueño, compañeros de mil batallas, se les aprecia.

Mis abuelas

Eulalia Chamalé (q. e. p. d.) y Delia Cardona (q. e. p. d.), como un agradecimiento por su amor y cariño.

Mis compañeros de trabajo

Por formar parte de mi vida profesional.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por todo lo que me ha dado.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por darme la oportunidad de superarme profesionalmente.
Facultad de Ingeniería	Por abrirme sus puertas y compartir sus conocimientos.
Asesor	Ing. Roberto Guzmán por su tiempo y sus consejos.
Instituto Técnico Vocacional Doctor Imrich Fischmann	Por el inicio de una profesión.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Qué es una refinería	1
1.2. Qué es el crudo.....	1
1.3. Procesos de refino	3
1.4. Separación por destilación.....	5
1.5. Productos típicos de una refinería estándar	6
2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	7
2.1. Síntesis del proyecto.....	7
2.1.1. Descripción del proceso que se realiza en la planta piloto	16
2.1.2. Procedimiento para descargar el aceite usado.....	33
2.1.3. Procedimiento para cargar con combustibles camiones tanques.....	38
2.2. Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto	45
2.2.1. Ubicación geográfica del proyecto.....	45
2.2.2. Área de influencia	47
2.3. Ubicación político-administrativa.....	48

2.4.	Justificación técnica del proyecto y sus alternativas.....	49
2.5.	Área estimada del proyecto	51
2.6.	Servicios básicos de energía eléctrica	52
2.6.1.	Sistemas de iluminación.....	53
2.6.2.	Sistema de tierras	54
2.6.3.	Electricidad estática	55
2.6.4.	Sistema de pararrayos	56
2.7.	Manejo y disposición final de desechos (tóxicos, sólidos, líquidos, gaseosos y peligrosos).....	58
2.7.1.	Desechos tóxicos y peligrosos	58
2.7.2.	Desechos sólidos, líquidos y gaseosos.....	58
2.7.3.	Fase de operación (ocupación)	59
3.	DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO	63
3.1.	Clima	63
3.2.	Geología.....	66
3.3.	Hidrología	68
3.3.1.	Aguas superficiales y subterráneas.....	69
3.3.2.	Calidad del agua	70
3.3.3.	Cotas de inundación.....	70
3.3.4.	Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas	70
4.	CALIDAD DEL AIRE	73
4.1.	Partículas totales en suspensión	73
4.2.	Efectos principales	75
5.	AMENAZAS NATURALES.....	77
5.1.	Amenaza sísmica	77

5.2.	Amenaza volcánica.....	78
5.3.	Movimientos en masa	80
5.4.	Erosión.....	80
5.5.	Inundaciones.....	80
6.	IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN.....	81
6.1.	Identificación y valoración de impactos ambientales	81
6.2.	Análisis de impacto	83
6.3.	Organización del proyecto y ejecutor de medidas de mitigación.....	86
6.4.	Evaluación de impacto social.....	87
6.5.	Síntesis de la evaluación de impactos ambientales.....	87
7.	ANÁLISIS DE RIESGO Y PLANES DE CONTINGENCIA.....	89
7.1.	Plan de contingencia.....	89
7.2.	Seguridad industrial y ambiental.....	103
7.3.	Plan de seguridad humana	110
	CONCLUSIONES	113
	RECOMENDACIONES	115
	BIBLIOGRAFÍA.....	117

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Plano de ubicación de tanques de aceite.....	9
2.	Identificación tanques de aceite	10
3.	Medidas estándar de fabricación de tanques de aceite	11
4.	Dräger X-am 2000.....	24
5.	Depurador de emisiones de azufre (Scrubber Sulfinite. Lo-Cat)	32
6.	Ubicación geográfica de la planta piloto.....	47
7.	Distribución de instalaciones planta piloto.....	51
8.	Mapa de vientos	65
9.	Mapa geológico del área del proyecto (AP) y área de influencia directa (AID)	67

TABLAS

I.	Dimensiones del área de descarga de petróleo	8
II.	Propiedades físicas y químicas del aceite lubricante (TARO 40 XL 40).....	15
III.	Separación por destilación convencional	25
IV.	Distribución de almacenaje en planta piloto	28
V.	Hoja de control de descarga de aceite	36
VI.	Hoja de control de consumo de aceite	38
VII.	Hoja de control de descarga del combustible.....	42
VIII.	Hoja de control de consumo de bunker.....	44
IX.	Latitud y longitud de ubicación de la planta piloto	46

X.	Coordenadas geográficas y UTM de ubicación	46
XI.	Requisitos de rendimiento de fusibles	46
XII.	Coordenadas de ubicación	48
XIII.	Colindancias del municipio de Amatitlán.....	48
XIV.	División política administrativa del municipio de Amatitlán a)	49
XV.	División política administrativa del municipio de Amatitlán b)	50
XVI.	Inventario y manejo de sustancias químicas, tóxicas y peligrosas.	56
XVII.	Capacidad de tanques de almacenamiento.....	57
XVIII.	Requisitos de rendimiento de fusibles I	68
XIX.	Requisitos de rendimiento de fusibles II	69
XX.	Tipo de construcción del piso de las siguientes áreas	71
XXI.	Detalles de localización de volcanes	79
XXII.	Actividades básicas del proyecto	82
XXIII.	Fuente generadora de impacto: fase de operación.....	88
XXIV.	Medidas para controlar derrames o fugas	94
XXV.	Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental.....	95
XXVI.	Medidas de lucha contra incendios cutter.....	98
XXVII.	Medidas de lucha contra incendios nafta.....	99
XXVIII.	Medidas de lucha contra incendios gasóleo	99
XXIX.	Medidas de lucha contra incendios aceite	100
XXX.	Medidas de lucha contra incendios petróleo crudo	100
XXXI.	Medidas de lucha contra incendios.....	101
XXXII.	Primeros auxilios para entrenamiento por cutter	104
XXXIII.	Primeros auxilio para entrenamiento por naftas	104
XXXIV.	Primeros auxilios para entrenamiento por aceite térmico	105
XXXV.	Primeros auxilios para entrenamiento por alcohol metílico.....	106
XXXVI.	Primeros auxilios para entrenamiento por soda cáustica.....	107
XXXVII.	Primeros auxilios para entrenamiento por sulfato de cobre	108
XXXVIII.	Primeros auxilios referidos al manejo de: aceite usado de motor	109

XXXIX.	Primeros auxilios para entrenamiento por petróleo crudo	109
XL.	Dolencias y emergencias	110
XLI.	Botiquín de primeros auxilios para la planta.....	111

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
G's	Aceleración de la gravedad
I²T	Amperes al cuadrado-segundos
A	Amperio
HP	Caballo de fuerza
AWG	Calibre de alambre estadounidense
CPM	Ciclos por minuto
Y	Conexión estrella
D	Conexión triángulo o delta
I_p	Corriente de paso pico
I_n	Corriente nominal
FCC	<i>Cracking</i> catalítico
dB	Decibel
GLP	Gas licuado de petróleo
Hz	Hertz
Kg	Kilogramo
kW	Kilovatios
m³	Metro cúbico
ml	Mililitro
ppm	Partes por millón
pulg	Pulgada
Segundo	Segundo
%	Porcentaje
Mils	Una milésima de una pulgada

GLOSARIO

Aceite usado

Todos los aceites industriales lubricantes con base mineral o sintética, que se hayan vuelto inadecuados para el uso que se les hubiere asignado inicialmente. Se trata de aceites usados tales como: aceites minerales lubricantes o provenientes de motores de combustión, turbinas y sistemas hidráulicos. Estos aceites son clasificados como residuo peligroso.

Agua oxigenada (peróxido de) hidrógeno H₂O₂

El agua oxigenada es químicamente una solución acuosa de peróxido de hidrógeno, que se presenta al 60 % de concentración o sea agua oxigenada a 250 volúmenes, a granel y envasada, convenientemente estabilizada para su comercialización. Es completamente soluble en agua y sus aplicaciones son cada vez más amplias abarcando numerosas ramas de la industria.

Alcohol metílico (metanol)

Es el alcohol más sencillo. A temperatura ambiente se presenta como un líquido ligero (de baja intensidad), incoloro, inflamable y tóxico que se emplea como anticongelante, disolvente y combustible. Su fórmula química es CH₃ OH.

Almacenador	Es toda persona individual o jurídica autorizada para operar instalaciones de almacenamiento de petróleo y productos petroleros.
API	Instituto Americano del Petróleo.
ASTM	Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales
Cal viva (óxido de calcio CaO)	Material sólido muy cáustico, amorfo e inodoro, que en contacto con el agua se hidrata o se apaga; se obtienen por calcinación de la piedra caliza a una temperatura superior a los 900 °C. Material alcalino que puede utilizarse en el proceso para neutralizar el ácido sulfhídrico (H ₂ S) y dióxido de carbono (CO ₂) y así controlar la corrosión de las tuberías.
Combustibles	Los que emiten vapores a temperaturas mayores de 100 °F (37,8 °C), como el diésel.
CRETIB	Se refieren a las características que hacen a un residuo peligroso si presenta por lo menos una de ellas, cada sigla quiere decir; corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infeccioso.
Cutter	Fracción de petróleo usada para reducir la viscosidad de fracciones más pesadas del mismo petróleo.

Depósito de petróleo y productos petroleros	Es toda instalación integrada por uno o más tanques de almacenamiento, tuberías, áreas de recepción y despacho de productos, con sistemas de seguridad industrial, ambiental y demás equipos e instalaciones conexas.
Depósito para consumo propio	Es todo depósito de petróleo y productos petroleros para el consumo exclusivo en unidades y demás equipos de instalaciones conexas.
Destilación al vacío	Destilación que se realiza en una torre de fraccionamiento a presión inferior a la atmosférica. El crudo reducido por destilación atmosférica es el que se somete a la destilación al vacío.
Destilación atmosférica, también llamada destilación primaria	Primera destilación del petróleo crudo con el fin de obtener fracciones; naftas, keroseno, gasóleo y los productos más pesados. Siempre se realiza a presión atmosférica.
Desulfuración	Operación consistente en la eliminación de los componentes de azufre contenidos en los gases combustibles. También se la conoce como purificación del gas. El azufre ocurre naturalmente en el petróleo, si este no es eliminado durante los procesos de refinación, contaminará al combustible.
Gasóleo	También denominado <i>gasoil</i> o diésel, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad sobre

850 kg/m³, compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diésel y en calefacción.

Hidrocarburo

Compuesto formado de los elementos carbono e hidrógeno, cualesquiera que sea su estado físico.

IGN

Instituto Geográfico Nacional.

Líquidos inflamables

Los que a una temperatura ambiente de 100 °F (37,8 °C), emiten vapores suficientes que al mezclarse con el oxígeno forman una mezcla inflamable, gasolina regular, gasolina superior.

Nafta

Fracciones de gasolina y su principal constituyente, de destilación primaria cuyo punto de ebullición es inferior a la de la kerosina. Se utiliza como alimentación para la conversión en refinerías de gasolina para motores y como materia prima para obtener productos químicos, es uno de los productos de la destilación del petróleo. Es volátil e inflamable y se emplea como solvente y combustible.

Petróleo

Líquido natural aceitosos e inflamable constituido por una mezcla de hidrocarburos fósiles que se extrae de lechos geológicos continentales o marítimos. Mediante procesos de destilación, refinación y petroquímica, se obtienen de él

diversos productos utilizables con fines energéticos o industriales.

Petróleo crudo

Son hidrocarburos que permanecen líquidos a condiciones atmosféricas normales de presión y temperatura y que no hayan sufrido ningún proceso industrial de transformación.

Petróleo reconstruido

Es la mezcla de petróleo con productos petroleros semirefinados o semielaborados.

Productos petroleros

Productos gaseosos, líquidos o sólidos, derivados del gas natural o resultante de los diversos procesos de refinación del petróleo. Los productos petroleros comprenden: metano, etano, propano, butano, gas natural, naftas, gasolinas, kerosenos, diésel, *fuel oil* y otros combustibles pesados, lubricantes y todas las mezclas de los mismos y sus subproductos hidrocarburíferos.

Receptor

Persona natural o jurídica que utiliza el aceite usado de motor en procesos como combustión, reprocesamiento, refinación, incineración, bio-remediación o transformación.

Recolección

La recolección del aceite usado de motor lo realizan transportistas autorizados (empresas particulares) mediante camiones tanques debidamente

identificados, que cumplen con las normas técnicas para transporte de productos petroleros.

Reducción-oxidación Son las reacciones de transferencia de electrones. Esta transferencia se produce entre un conjunto de elementos químicos, uno oxidante y uno reductor (una forma reducida y una forma oxidada respectivamente).

Refinación Conjunto de operaciones y de procesos industriales para el tratamiento y la transformación del petróleo crudo en productos terminados.

Refinador transformador Toda persona individual o jurídica autorizada para refinar petróleo crudo y petróleo reconstituido, así como para transformar otros productos petroleros.

Refinería Complejo de instalaciones en el cual el petróleo crudo se separa en fracciones ligeras y pesadas, las cuales se convierten en productos aprovechables o insumos.

Residuos peligrosos Todos aquellos residuos en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables y biológicamente infecciosas representan un peligro para el equilibrio ecológico. (características CRETIB).

**Sosa cáustica
(hidróxido de sodio)**

El hidróxido de sodio (Na OH) o hidróxido sódico, también conocido como sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) en la fabricación de papel, tejidos, y detergente. Además es usado en la industria petrolera en la elaboración de lodos de perforación base agua.

Transportista

Toda persona individual o jurídica que presta los servicios de transporte de petróleo y productos petroleros, utilizando unidades móviles o sistemas estacionarios desde las instalaciones de suministro hasta los puntos de destino, cumpliendo con lo prescrito en esta ley y su reglamento (Ley de Comercialización e Hidrocarburos y su reglamento. Ministerio de Energía y Minas. Dirección de Hidrocarburos. República de Guatemala).

RESUMEN

Conocer la calidad del petróleo que será destilado es imprescindible para los procesos de refinación, porque, dependiendo de su composición química y su aspecto, se producirán distintos tipos de derivados en proporciones diferentes. El azufre en el petróleo se presenta en una variedad de compuestos orgánicos complejos y en estado gaseosos como sulfuro de hidrógeno (H_2S) el cual debe ser eliminado de los hidrocarburos antes de que el petróleo crudo pueda ser utilizado. Al terminar el proceso de desulfurización, la concentración de sulfuro de hidrógeno ya no es nociva para la salud humana debido a que esta decrece por debajo de los 20 ppm.

La planta piloto está diseñada para refinar y transformar hasta 300 barriles diarios, (mezcla de petróleo crudo y aceite usado de motor ya centrifugado) utiliza el método de la destilación primaria. El producto final se consume exclusivamente por plantas generadoras de energía eléctrica y por la fábrica textil que están ubicadas en el parque industrial Parques del Lago.

La fase de construcción de las instalaciones de la planta piloto está terminada. Esta fase comprende el movimiento de tierras, preparación del terreno, construcción de la obra civil, instalación de maquinaria y equipo e instalación de los cuatro tanques horizontales superficiales para almacenar producto terminado.

Los hornos calentadores (*reboilers*) de las torres de destilación primaria al estar funcionando, producen gases de combustión, que salen al exterior por medio de sus chimeneas. El combustible que usan estos calentadores es

gasóleo (diesel). Con el fin de mejorar la relación aire/combustible el personal de la planta piloto hace análisis periódicos de los gases que salen por medio de las chimeneas con un analizador de combustión marca Bacharach. Se monitorea de forma regular, la calidad del aire del parque industrial. Se miden los siguientes parámetros: partículas totales en suspensión: PTS, fracción, PM10, dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂).

Sistema de red de protección contra incendios

Para el diseño de la red de protección contra incendios se considera lo indicado por el título III capítulo único “Medidas de seguridad ambiental e industrial” , de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos y su reglamento del Ministerio de Energía y Minas. Dirección General de Hidrocarburos, y las normas de la National Fire Protection Association (NFPA), Asociación Nacional de Protección contra el Fuego.

Tanque y otro medio de almacenamiento de agua, para asegurar el suministro continuo de agua a la red contra incendios, durante 60 minutos como mínimo, conforme a la capacidad máxima de bombeo; o bien, durante 20 minutos si se dispone de un pozo de extracción de agua, exclusivamente para el suministro de dicha red.

Existe una red de suministro de agua-espuma AFFF, en áreas de producción, almacenamiento, despacho de combustibles, y otras áreas de importancia que representen riesgo de incendio. De acuerdo con los impactos ambientales identificados, se considera que los riesgos eventuales que pudieran originarse, serán mitigados, cumpliéndose con las recomendaciones descritas y planes de contingencia y seguridad industrial y ambiental contenidos en este documento.

OBJETIVOS

General

Proponer una guía para el montaje de una planta piloto para la refinación y transformación de aceite usado de motor de combustión interna en nafta, diésel y cutter.

Específicos

1. Describir el proceso que se realiza en la planta piloto.
2. Identificar los impactos ambientales que causa el proceso de refinación y transformación de combustibles.
3. Analizar los riesgos y planes de contingencia en caso de emergencias.

INTRODUCCIÓN

La instalación y operación de la planta piloto de refinación y transformación de petróleo crudo y de aceite usado de motor para consumo propio, tiene sus inicios en la necesidad de realizar una labor de investigación y desarrollo sobre productos derivados del petróleo, que actualmente es deficiente en Guatemala.

En la planta piloto, se realizan labores de investigación aplicada, que es la base para promover el desarrollo industrial de los hidrocarburos en Guatemala. La idea de la planta piloto es promover aunque sea en mínima parte, que exista desarrollo e investigación local.

Por definición una planta piloto para refinación y transformación conjuntamente de petróleo crudo y aceite usado de motor es un proceso a escala reducida. El fin que se persigue al diseñar, construir y operar una planta piloto es obtener información sobre un determinado proceso físico o químico, que permita determinar si el proceso es técnica y económicamente viable, así como establecer los parámetros de operación óptimos de dicho proceso para posterior diseño y construcción de la planta a escala industrial. La planta piloto consiste en dos secciones: una instalación de separación primaria y una instalación de desulfurización de nafta y gasóleo.

Actualmente como materia prima se usa el aceite usado de los motores de combustión interna de generación de energía eléctrica, de las plantas que actualmente operan dentro del parque industrial Parques del Lago. También se

utiliza aceite usado de motor proveniente de otras generadoras eléctricas y motores de flotas automotrices.

Al utilizar el aceite usado de motor en el proceso de la planta piloto se está protegiendo el medio ambiente, ya que el aceite usado es un residuo potencialmente peligroso para la salud y el medio ambiente y deben ser manipulados y transformados adecuadamente para su disposición final.

El petróleo crudo que se utiliza en la planta piloto es nacional, y en caso de escasez se utilizarán fuentes de petróleo crudo de Belice, México y Venezuela. Para desarrollar la planta piloto, se han tomado en cuenta los lineamientos y requerimientos de las siguientes instituciones:

- Municipalidad de Amatitlán
- Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (MICIVI)
- Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
- Ministerio de Energía y Minas (MEM)
- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social
- Ministerio de Trabajo y Previsión Social
- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS)

La metodología empleada fue la siguiente:

- Revisión de los lineamientos requeridos por las autoridades competentes, visitas a la planta piloto, elaboración del diagnóstico ambiental.

1. MARCO TEÓRICO

Se describirán generalidades para poner en marcha una planta piloto.

1.1. Qué es una refinería

Una refinería es una planta industrial destinada a la refinación del petróleo, por medio de la cual, mediante un proceso adecuado, se obtienen diversos combustibles fósiles capaces de ser utilizados en motores de combustión: gasolina, gasóleo, y otros. Además, y como parte natural del proceso, se obtienen diversos productos tales como aceites minerales y asfaltos.

1.2. Qué es el crudo

El petróleo (del griego: πετρέλαιον, "aceite de roca") es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos, principalmente hidrocarburos insolubles en agua. También es conocido como petróleo crudo o simplemente crudo.

Es de origen fósil, fruto de la transformación de materia orgánica procedente de zooplancton y algas que, depositados en grandes cantidades en fondos anóxicos de mares o zonas lacustres del pasado geológico, fueron posteriormente enterrados bajo pesadas capas de sedimentos. La transformación química (craqueo natural) debida al calor y a la presión durante la diagénesis produce, en sucesivas etapas, desde betún a hidrocarburos cada vez más ligeros (líquidos y gaseosos).

Estos productos ascienden hacia la superficie, por su menor densidad, gracias a la porosidad de las rocas sedimentarias. Cuando se dan las circunstancias geológicas que impiden dicho ascenso (trampas petrolíferas como rocas impermeables, estructuras anticlinales, márgenes de diapiros salinos, y otros.) se forman entonces los yacimientos petrolíferos.

En condiciones normales es un líquido bituminoso que puede presentar gran variación en diversos parámetros como color y viscosidad (desde amarillentos y poco viscosos como la gasolina hasta líquidos negros tan viscosos que apenas fluyen), densidad (entre 0,75 y 0,95 g/ml), capacidad calorífica, y otros. Estas variaciones se deben a la diversidad de concentraciones de los hidrocarburos que componen la mezcla.

Es un recurso natural no renovable y actualmente también es la principal fuente de energía en los países desarrollados. El petróleo líquido puede presentarse asociado a capas de gas natural, en yacimientos que han estado enterrados durante millones de años, cubiertos por varias capas de suelo.

La refinación del petróleo es la serie de procesos mediante los cuales el petróleo se transforma en derivados comercializables. La estructura de cada refinería debe tener en cuenta todas las diferentes características del crudo. Además, una refinería debe estar concebida para tratar una gama bastante amplia de crudos. Sin embargo, existen refinerías concebidas para tratar solamente un único tipo de crudo, pero se trata de casos particulares en los que las reservas estimadas de dicho crudo son consecuentes.

1.3. Procesos de refino

Existen refinerías simples y complejas. Las simples están constituidas solamente por algunas unidades de tratamiento, mientras que las refinerías complejas cuentan con un mayor número de estas unidades.

En efecto, en función del objetivo fijado y el lugar en el que se encuentra la refinería, además de la naturaleza de los crudos tratados, la estructura de la refinería puede ser diferente. De la misma manera, en función de las necesidades locales, la refinería puede ser muy simple o muy compleja.

A menudo, en Europa, en Estados Unidos y generalmente en las regiones en las que las necesidades de carburantes son elevadas, la estructura de las refinerías es compleja. En cambio, en países menos desarrollados como algunos de África dicha estructura es bastante simple.

En los países que disponen de ellas, las refinerías se instalan preferentemente en las costas, para ahorrar gastos de transporte y construcción de oleoductos. En España hay solo una refinería de interior, la de Puertollano, que se construyó para reconvertir la anterior industria de pizarras bituminosas en refinería de petróleo después de la guerra civil. En Extremadura se ha originado una polémica de ámbito regional por el proyecto de construir una segunda refinería de interior en la comarca de estratos superiores de la corteza terrestre.

El primer paso en el proceso de refino, como lo es un proceso de refinación, es la destilación atmosférica realizada en las unidades de crudo.

El crudo calentado entra en la torre de crudo en la que se separan los diferentes componentes del petróleo según sus puntos de ebullición, se obtiene GLP, nafta, keroseno, gasóleo y un componente residual llamado residuo atmosférico. Este residuo se calienta y entra a las unidades de vacío en las que se extrae el *gasoil* de vacío, dejando como producto residual el residuo de vacío.

Los productos obtenidos se tratan para conseguir productos comerciales en la forma siguiente:

- Los gases ligeros (metano y etano) se endulzan para eliminar el ácido sulfhídrico y se aprovechan como combustible en la propia refinería.
- El GLP se separa en propano y butano que son envasados a presión o usados como materia prima para producir etileno y propileno y combustible para automóviles.
- Las naftas se tratan en las unidades de reformado catalítico para mejorar sus cualidades y se mezclan para obtener gasolinas comerciales. La fracción ligera de la nafta también se procesa en unidades de isomerización para mejorar su índice de octano; asimismo puede ser usada para producir etileno y propileno.
- El keroseno es tratado para cumplir las especificaciones de combustible para aviación o para usarse en la formulación del diésel de automoción.
- El gasóleo se lleva a las unidades de hidrodesulfuración, donde se reduce su contenido en azufre, tras lo cual se usa para formular diésel de automoción o gasóleo de calefacción.

- El *gasoil* de vacío no es un producto final. Se lleva a las unidades de FCC (*cracking* catalítico fluido) donde a elevada temperatura y con presencia de un catalizador en polvo sus largas moléculas se rompen y se transforman en componentes más ligeros como GLP, naftas o gasóleos. El *gasoil* de vacío también puede convertirse en las unidades de hidrocraqueo, donde a unos 400 – 440 °C y alta presión, en presencia de catalizadores apropiados, se transforma también en GLP, naftas o gasóleos libres de azufre. Estas unidades producen un gasóleo de mejor calidad (con mejor índice de octano) que las unidades de FCC.
- El residuo de vacío se puede utilizar como asfalto o bien someterlo a altísimas temperaturas en las unidades de coque, en las que se producen componentes más ligeros y carbón de coque, que puede calcinarse para formar carbón verde. Este residuo de vacío también puede ser usado para fabricar fuelóleo, bien directamente o previa su conversión térmica en unidades de viscorreducción.
- En todas las refinerías se produce también azufre sólido, como subproducto, debido a las limitaciones impuestas a la emisión del dióxido de azufre a la atmósfera.

Una refinería media procesa entre 15 000 y 30 000 m³ de petróleo diarios día. Los complejos refinadores más grandes del mundo en 2004, situados en Venezuela, llegan a procesar más de 100 000 m³ al día.

1.4. Separación por destilación

La destilación es la operación de separar, mediante vaporización y condensación, los diferentes componentes líquidos, sólidos disueltos en

líquidos o gases licuados de una mezcla, aprovechando los diferentes puntos de ebullición (temperaturas de ebullición) de cada una de las sustancias ya que el punto de ebullición es una propiedad intensiva de cada sustancia, es decir, no varía en función de la masa o el volumen, aunque sí en función de la presión.

1.5. Productos típicos de una refinería estándar

La mayoría de los productos del proceso del aceite se agrupan generalmente en tres categorías: destilados ligeros (LPG, gasolina, nafta), destilados medios (keroseno, diésel), destilados y residuo pesado (*fuel-oil*, aceites lubricantes, cera, alquitrán). Esta clasificación se basa en la manera que el petróleo crudo se destila y que se separa en las fracciones (llamadas destilados y residuo).

- Gas líquido del petróleo (LPG)
- Gasolina y nafta
- Keroseno y relacionado combustibles del avión del *jet*
- Combustible diésel
- *Fuel-oil*
- Aceites lubricantes
- Cera de parafina
- Asfalto y alquitrán
- Coque del petróleo

2. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El desarrollo de este capítulo tiene como objetivo describir el área de descarga de aceite usado de motor ya centrifugado y de petróleo crudo, y el tanque atmosférico para almacenar aceite de motor ya centrifugado y petróleo crudo.

2.1. Síntesis del proyecto

Por definición una planta piloto para refinación y transformación, conjuntamente de petróleo crudo y aceite usado de motor, es un proceso a escala reducida. El fin que se persigue al diseñar, construir y operar una planta piloto es obtener información sobre un determinado proceso físico o químico, que permita determinar si el proceso es técnica y económicamente viable, así como establecer los parámetros de operación óptimos de dicho proceso para posterior diseño y construcción de la planta a escala industrial. La planta piloto consiste de dos secciones: una instalación de separación primaria y una instalación de desulfurización de nafta y gasóleo.

- El área de descarga de aceite usado de motor ya centrifugado y de petróleo crudo

El área de descarga de aceite usado de motor ya centrifugado, y el tanque atmosférico núm. 2 de 103 000 galones de capacidad, sirve para almacenar productos derivados del petróleo, y están ubicados a 300 m de la planta piloto.

El área de descarga es de 60 m². Es un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura, ambientalmente adecuado y que facilita el acceso del transportador (camión tanque o cisterna).

El área de descarga del aceite usado de motor ya centrifugado y petróleo crudo, es un lugar acondicionado para tal fin, de manera segura, ambientalmente adecuado y que facilita el acceso de transportador (camión tanque o cisterna).

El piso del área de descarga del petróleo crudo y del aceite, es de planchas de concreto de 15 cm de grosor.

Tabla I. **Dimensiones del área de descarga de petróleo**

Área de descarga del petróleo crudo y aceite usado de motor	
Largo	12 m
Ancho	05 m
Total	60 m²

Fuente: elaboración propia.

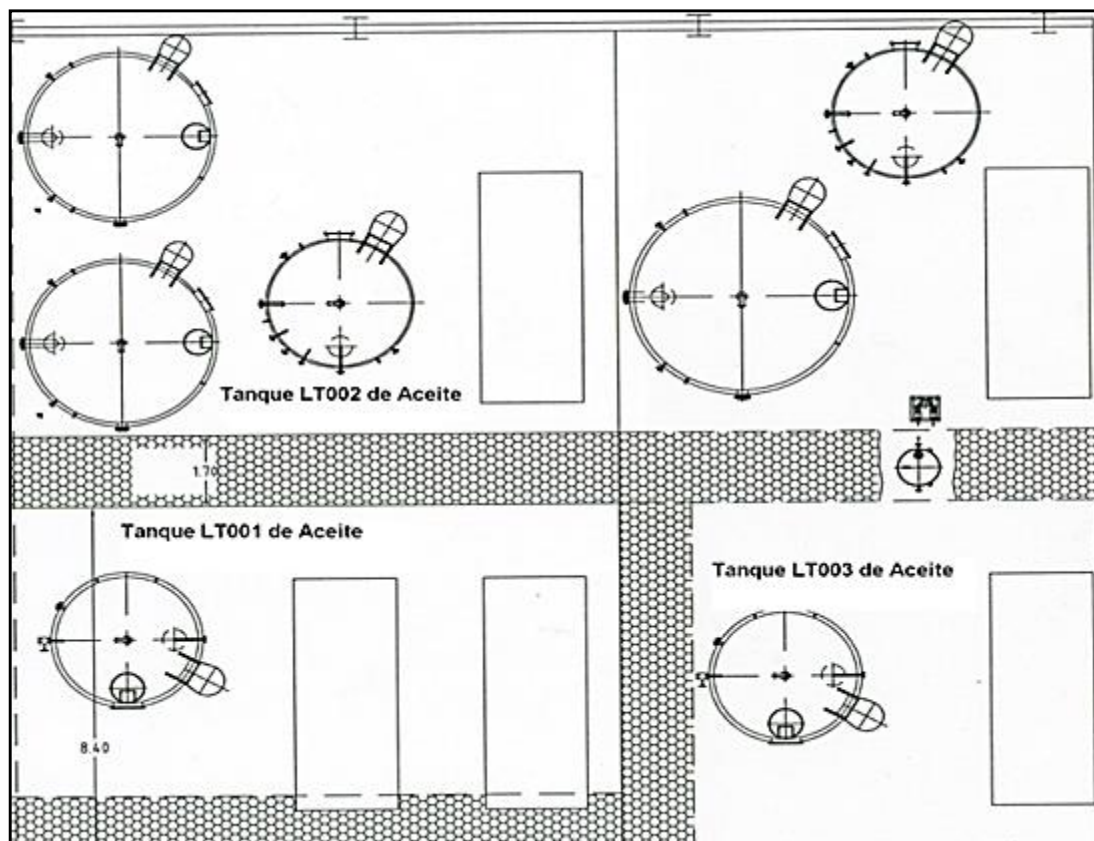
- El tanque atmosférico para almacenar aceite de motor ya centrifugado y petróleo crudo.

El aceite usado de motor ya centrifugado y el petróleo crudo, se almacenan en el tanque atmosférico núm. 2, que tiene capacidad para almacenar 103 000 galones, distante a 300 m de las instalaciones de la planta piloto sus dimensiones; diámetro de 8,305 m y una altura de 7,30 m.

Para transportar el petróleo crudo del tanque atmosférico, a la planta piloto, se usa una tubería aérea de hierro negro de 3 pulgadas de diámetro, bombeado por medio de una bomba estacionaria de 15 hp, capaz de bombear 20 galones/minuto.

Cuenta con un sistema de filtración instalado en la boca de recibo, que evita el ingreso de partículas con dimensiones superiores a cinco mm.

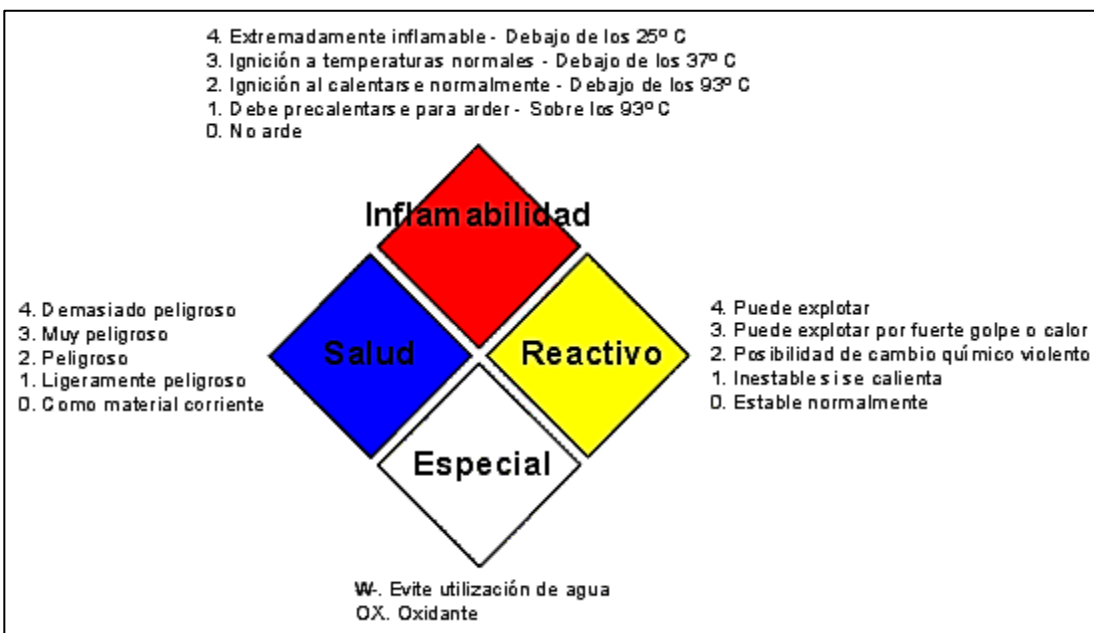
Figura 1. **Plano de ubicación de tanques de aceite**



Fuente: elaboración propia, con programa de Microsoft Project.

Identificación tanques de aceite: los tanques de aceite debe estar identificados con un rombo de seguridad y están fabricados basados en normas internacionales, sea el caso las normas ASTM. A continuación se puede ver claramente la identificación de los tanques de aceite (ver la figura 2).

Figura 2. **Identificación tanques de aceite**

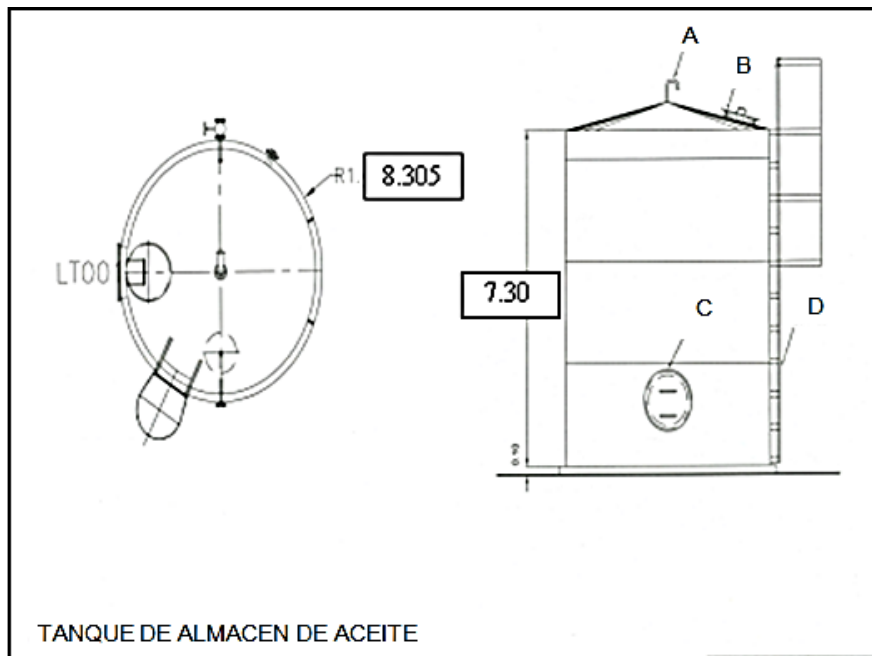


Fuente: Asociación Nacional de Protección contra el Fuego, Norma NFPA 704. p. 89.

- Interpretación de rombo de seguridad:
 - Color azul: salud
 - Color rojo: inflamabilidad
 - Color blanco: especial
 - Color amarillo: reactivo

Todos los tanques deben estar debidamente identificados para que el personal del área de Almacenamiento conozca el tipo de combustible con el que está tratando y los riesgos que puede ocasionar un mal manejo del mismo.

Figura 3. **Medidas estándar de fabricación de tanques de aceite**



Fuente: Textiles del Lago. Planos de diseño.

En la figura 3 se puede observar claramente las medidas de fabricación de los tanques de almacén de aceite; así como también la ubicación de la escalera, el *manhole* y los respiraderos (evacuan los vapores que se forman dentro del tanque por altas temperaturas). Estos elementos son parte indispensable en los tanques de almacén para su adecuado funcionamiento y se hace necesario el conocimiento de estos elementos por parte del personal de operaciones del área de Almacenamiento para prevenir el riesgo de accidentes.

Composición y características del aceite

Taro 40 XL 40 es un aceite de alto rendimiento para motores diésel con una muy alta alcalinidad, usados en motores diésel de media velocidad. Son elaborados a partir de bases de alta calidad en combinación con un paquete de aditivos especialmente desarrollado que contiene detergentes alcalinos, dispersantes, inhibidores contra la oxidación y la corrosión y agentes antidesgaste y también brinda un nivel de alta calidad. Está especialmente orientado para aplicaciones con altos contenidos de azufre o para motores donde es deseable un nivel de detergencia alto o cuando el fabricante del motor recomienda un aceite con TBN 40.

Los productos taro usan un paquete de aditivos único. Aunque son compatibles con otros aceites para motores diésel marinos, la mezcla con otros productos pueden degradar los amplios beneficios brindados por dicho paquete de aditivos.

- Beneficios: en el servicio, el aceite Taro 40 XL 40 proporciona:
 - Sistemas de aditivos para adecuarse a los diferentes motores diésel.
 - Productos con diferentes valores de TBN para adecuarse al combustible empleado.
 - La capacidad de usarse como lubricantes de cilindros en unidades que tienen una lubricación separada en los cilindros.

- Identificación de riesgos: los aceites que no son bien manipulados causan una serie de efectos en la salud; a continuación se mencionan algunos de ellos:
 - Ojo: no se anticipa que cause irritación prolongada o significativa a los ojos.
 - Piel: el contacto con la piel no se anticipa que cause irritación significativa o prolongada. No se anticipa que sea dañino a los órganos internos si se absorbe a través de la piel.
 - Ingestión: no se anticipa que sea dañino si se traga.
 - Inhalación: no se anticipa que sea dañino si se inhala. Contiene un aceite mineral con base en petróleo. Puede causar irritación respiratoria u otros efectos pulmonares después de una prolongada o repetida inhalación de neblina de aceite a niveles aerotransportados que estén por encima del límite de exposición recomendado para la neblina de aceite mineral. Entre los síntomas de la irritación respiratoria se pueden encontrar tos y dificultad al respirar.
- Medidas para la extinción de incendios: a continuación se describen algunas medidas de seguridad para la extinción de incendios:
 - Medios extintores: use niebla de agua, espuma, materiales químicos secos o dióxido de carbono (CO₂) para extinguir las llamas.

- Rombo de seguridad: salud: 0 Inflamabilidad: 1 Reactividad: 0
- Estabilidad y reactividad:
 - Estabilidad química: esta sustancia se considera estable en condiciones de temperatura y presión anticipadas para su almacenaje y manipulación y condiciones normales de ambiente.
 - Incompatibilidad con otros materiales: puede reaccionar con los ácidos fuertes o los agentes oxidantes potentes, tales como cloratos, nitratos, peróxidos, entre otros.
- Información ecológica:
 - Ecotoxicidad: no se ha evaluado la toxicidad de esta sustancia para los organismos acuáticos. Consecuentemente, esta sustancia se debe mantener fuera de los alcantarillados, de los sistemas de desagüe y de todos los cuerpos de agua.
 - Destino ambiental: no se anticipa que esta sustancia sea fácilmente biodegradable.
- Consideraciones acerca de la eliminación final: use la sustancia o material para el propósito para el cual estaba destinada o reciclela de ser posible. Existen servicios para la recolección de aceite con el fin de reciclarlo o descharlo. Coloque los materiales contaminados en recipientes y deséchelos conforme a los reglamentos que correspondan. En el caso de la empresa se le da un tratamiento especial al aceite para su reciclaje y posterior uso.

- **Propiedades físicas y químicas**

Para el manejo y almacenamiento del aceite es necesario tener conocimientos acerca de las propiedades físicas y químicas del aceite; los datos que aparecen a continuación son valores típicos y no constituyen una especificación.

Tabla II. Propiedades físicas y químicas del aceite lubricante (TARO 40 XL 40)

Propiedad	Valor o característica
Viscosidad cinemática a 100 °C cSt	14,4
Índice de viscosidad	105
Densidad a 15 °C kg/l	0,92
Punto de inflamación en °C	229
Punto de congelamiento en °C	-18
TBN-E mg KOH/g	40
Color	Pardo
Olor	Olor petróleo
pH	No corresponde
Presión de vapor	0,01 mmHg a 37,8 °C
Densidad de vapor (Aire = 1)	> 1
Solubilidad	Soluble en hidrocarburo e insoluble en agua

Fuente: Texaco. *Manual técnico de lubricantes industriales*. p. 78.

Condiciones ambientales

Debido al cambio constante del clima y que los tanques de almacén de aceite se encuentran en una área relativamente expuesta al ambiente, en la que los gases se expanden fácilmente hacia al ambiente; se hace necesario que el manejo del aceite se realice bajo condiciones ambientales determinadas, para evitar problemas tanto en operaciones como riesgos por incidentes y accidentes

para el personal del área de Almacenamiento de Combustibles. Se debe tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Los tanques deben contar con suficientes conductos de extracción de vapores (respiraderos), que en caso de temperaturas demasiado altas se puedan expulsar al ambiente para evitar daños en los tanques.
- El lugar donde se encuentran ubicados los tanques registran temperaturas altas, pero en ciertas épocas del año se dan temperaturas relativamente bajas, por lo tanto, los tanques deben contar con sistemas que controlen la temperatura ambiente, la temperatura de los combustibles y el nivel de aceite en ellos; esto para saber con certeza la cantidad almacenada y la temperatura del aceite; antes de su uso en los motores.
- Controlar los cambios que pueda presentar el clima; para poder tener un estricto control sobre el estado físico de los materiales con los que están fabricados los tanques; para evitar deterioro en los mismos.

2.1.1. Descripción del proceso que se realiza en la planta piloto

La materia prima que se usa en la planta piloto es aceite usado de motor ya tratado y petróleo crudo.

- Aceite usado de motor ya tratado

A continuación se definirá que es aceite usado de motor y el petróleo crudo y el motor. Luego se describirá en qué consiste la destilación primaria o atmosférica, que es la que se usa en la planta piloto.

La materia prima es el aceite usado ya centrifugado de los motores de combustión interna de generación de energía eléctrica, que actualmente operan en el parque industrial, Parques del Lago. También se utiliza aceite usado de motor, ya centrifugado proveniente de otras generadoras eléctricas y motores de flotas automotrices.

Los aceites con base mineral se utilizan principalmente como lubricantes para el mantenimiento de equipos mecánicos. Con el uso estos aceites acumulan contaminantes, se degradan y pierden sus características cualidades originales. Ante esa situación, se hace necesaria su sustitución por aceites nuevos, generándose de esa forma el residuo de aceite usado.

Los aceites después de su uso industrial, o en un motor de combustión interna, adquieren concentraciones elevadas de metales pesados (plomo (Pb) cadmio (Cd) cromo (Cr) arsénico (As) zinc (Zn), productos del desgaste del motor o maquinaria, y sufre una descomposición luego de cumplir con su ciclo normal de operación. Los aceites usados de motor, son potencialmente peligrosos para la salud y el medio ambiente.

El aceite usado de motor es comercializado como combustible alternativo debido a su alto poder calorífico. El aceite usado es cualquier aceite refinado del petróleo crudo que haya sido utilizado en el motor de gasolina o el motor diesel de automóviles y vehículos de transporte. Los principales generadores de aceites usados, lo constituyen el sector motores de generación eléctrica, transporte terrestre, y talleres mecánicos.

- Centrifugado del aceite usado de motor

El centrifugado del aceite usado de motor, que usa como materia prima la planta piloto, se realiza en la planta generadora de energía eléctrica Bluref 2.

El transporte del aceite usado de motor, al área de Descarga y Almacenamiento de Bluref 2, lo realizan empresas particulares por medio de camiones tanque debidamente autorizados, identificados y que cumplen con las normas técnicas para transporte de productos petroleros.

En Bluref 2, se realizan los análisis según las especificaciones establecidas para el tratamiento del aceite, determinando el contenido de humedad, materiales en suspensión o metales pesados, densidad y pH. La transformación del aceite usado a energético, requiere la aplicación de un tratamiento tendiente a adecuar las condiciones del aceite a las características propias del proceso de combustión, consistente básicamente en la aplicación de las siguientes etapas:

- Extracción de partículas gruesas mediante filtración gruesa.
- Remoción de partículas finas, mediante procesos de sedimentación y centrifugación (filtros finos).

Estas etapas involucran la adición de desemulsificantes, para el rompimiento de las emulsiones formadas con el agua. Una vez recuperadas las características del aceite, con el fin de lograr una combustión limpia, puede utilizarse como energético en mezclas simples, de acuerdo con proporciones establecidas.

Aceite usado, pretratamiento con centrífuga

- Como separación de agua, sedimentación de partículas o filtración.
- De este pretratamiento sale agua, más lodos contaminados con aceite.

Los desechos líquidos (lodos) que quedan del proceso de centrifugación del aceite usado de motor, contiene metales pesados, tierra y otros.

Se depositan en un tanque móvil de metal con capacidad de 500 galones con su respectiva tapadera de metal, para ser almacenados en los sistemas de lodos de Bluref 2, donde son deshidratados. Estos desechos son recolectados por una empresa autorizada para tratar desechos de productos petroleros para su disposición final. (Fama S. A.).

- Pruebas químicas y físicas del aceite usado de motor.

Las pruebas químicas y físicas detectan: agua, combustible y anticongelante, en el aceite, y determinan si las concentraciones exceden los límites máximos establecidos.

La presencia y cantidad de agua se detecta por la prueba de chisporroteo: se coloca una gota de aceite en una plancha caliente a una temperatura entre 230 y 250 °F. Si se forman burbujas es una indicación de agua, 0,5 % es la gama aceptable siendo el límite máximo. La presencia de combustible se determina con un probador de destello, en el cual la muestra de aceite es calentada hasta obtener una mezcla de

aire combustible evaporados que al ponerse en contacto con una flama produce un destello. Se calibra el probador para cuantificar el porcentaje de combustible, 4 % es la concentración máxima permisible de combustible.

La presencia de un anticongelante se determina con una prueba química. Cualquier indicio que se encuentre es inaceptable. El aceite usado de motor ya centrifugado, es llevado en camiones tanque al área de Descarga y Almacenado en el tanque atmosférico núm. 2.

- **Petróleo crudo**

El petróleo crudo que se utiliza en la planta piloto es nacional, y en caso de escasez se utilizarán fuentes de petróleo crudo de Belice, México y Venezuela. El petróleo crudo es una mezcla en proporciones variables de hidrocarburos sólidos, líquidos o gaseosos que se encuentran en los yacimientos bajo presiones y temperaturas más o menos elevados.

Es una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos, principalmente de hidrocarburos insolubles en agua, Los petróleos crudos pueden ser de base: parafínica asfáltica o mixta. Los crudos de petróleo, la densidad, se clasifican en:

- Pesados (10 a 23,3 ° API)
- Medios (22,3 a 31,1 ° API)
- Livianos (superiores a los 31,2 ° API)

El grado API se fija mediante una escala adoptada por el Instituto Americano de Petróleo para medir la densidad de los petróleos brutos. La escala varía generalmente entre 10 °C (equivalente a una densidad

de 10 000) y 100 °C (equivalente a una densidad de 0,6112) con relación al agua a 4 °C de temperatura.

En Guatemala el petróleo crudo es clasificado pesado por sus características promedio de 16 °API y 6 % de azufre. Cuando el crudo tiene mayor grado API y menor % de azufre estos son llamados ligeros. En la planta piloto se está usando petróleo crudo 34 °API.

Características del petróleo crudo

- Es un líquido de color oscuro, fluorescente con reflejos verdes o verde azulado.
 - Su densidad varía entre 0,615 hasta 0,994 g/cm³.
 - Insoluble en agua y soluble en éter, benceno, cloroformo, otros.
 - Viscosidad variable aumentando con la densidad del mismo.
- Pretratamiento del petróleo crudo

Conocer la calidad del petróleo que será destilado es imprescindible para los procesos de refinación, porque, dependiendo de su composición química y su aspecto, se producirán distintos tipos de derivados en proporciones diferentes. En la planta piloto, se realiza el proceso de desulfurización del petróleo crudo. El azufre en el petróleo, se presenta en una variedad de compuestos orgánicos complejos y en estado gaseoso como sulfuro de hidrógeno (H₂S), el cual debe ser eliminado de los hidrocarburos antes de que el petróleo crudo pueda ser utilizado. Al

terminar el proceso, la concentración de sulfuro de hidrógeno ya no es nociva para la salud humana, debido a que esta decrece por debajo de los 20 ppm.

- El sulfuro de hidrógeno (H₂S).

El sulfuro de hidrógeno (H₂S) es un gas incoloro, inflamable con olor a huevo podrido, de sabor dulce y perceptible a concentraciones 0,002 mg/l. Sin embargo, en concentraciones mayores de 500 ppm afecta la capacidad de percepción del nervio olfativo y con ello, impide su detección a través de este sentido haciéndolo más peligroso.

El sulfuro de hidrógeno se forma principalmente de la descomposición de materia orgánica en condiciones carentes de oxígeno y como producto de procesos industriales (refinado de petróleo, industria del cuero, aprovechamiento geotérmico, entre otros. El petróleo crudo se lava con soda cáustica con el fin de extraer el sulfuro de hidrógeno (H₂S), adicionando 50 galones de soda cáustica a 8 000 galones de petróleo crudo. En un circuito de recirculación, este se mezcla con el petróleo crudo durante un período de 3,5 horas. Durante este proceso se hace uso de un medidor de gases que mide fiablemente el decrecimiento de los ppm de sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Al terminar el proceso, la concentración de sulfuro de hidrogeno ya no es nociva para la salud humana debido a que esta decrece por debajo de 20 ppm.

- Detector de gases

La Planta Piloto cuenta con un detector de gases Dräger X-am 2 000, que pertenece a una nueva generación de detectores de gas, que han sido diseñados especialmente para su uso en monitoreo personal. El equipo de detección de 1 a 4 gases mide de forma segura gases y vapores combustibles (Ex), oxígeno (O₂), monóxido de carbono (CO) y sulfuro de hidrógeno (H₂S).

Su reducido tamaño, su poco peso y fácil manejo, junto con su fiable tecnología de medición, le convierten en el equipo ideal para sus necesidades de protección y monitorización personal. El Dräger X-am 2 000 es duro: resistente al agua y polvo según IP 67, el equipo sigue funcionando correctamente incluso después de caer al agua.

- Medida de vapores explosivos

Para una seguridad mejorada al enfrentarse a peligros desconocidos: el sensor Ex catalítico de explosividad, calibrado a metano, no solo responde rápidamente a los gases explosivos, sino que también ofrece un alto nivel de sensibilidad a vapores orgánicos combustibles, dando así avisos en el caso de peligros de explosión.

- Sensores electroquímicos de precisión

Dräger Sensors representan una tecnología innovadora del más alto nivel, y ofrecen un período de vida de hasta cinco años. El Dräger X-am 2 000 lleva la última serie de los potentes sensores electroquímicos de la generación miniaturizada XXS. Diversos tipos de funciones de alarma, en

situaciones de alarma, el Dräger X-am 2 000 da tres diferentes tipos de alarmas: la alarma sonora multi tono es muy potente, mientras que una alarma visual de 180° ayuda a asegurar que la alarma no sea ignorada. El equipo también tiene una alarma de vibración incorporada.

Figura 4. **Dräger X-am 2000**



Fuente: Dräger X-am 2000. *Manual de usuario*. p. 46.

- Destilación primaria o atmosférica

En la planta se usa el proceso de destilación primaria para obtener productos derivados del petróleo crudo. En la destilación primaria se verifica cinco conceptos físicos fundamentales:

- Vaporización: pasaje del estado líquido al vapor por calentamiento.
- Condensación: pasaje del estado de vapor al estado líquido, por enfriamiento.

- Fraccionamiento: preparación de fracciones de hidrocarburos de diferentes densidades y puntos de ebullición.
- Densidad: es la relación entre el peso y el volumen unitario de un cuerpo o sustancia, a una temperatura. Este concepto es sinónimo del peso específico.
- Punto de ebullición: es la temperatura de un líquido, a la cual la presión del vapor del mismo igual a la presión atmosférica.

Cuando se calienta la mezcla de distintos líquidos que constituye el petróleo, cada uno de ellos alcanza el punto de ebullición a una temperatura diferente, de modo que se convierte en vapor y se separa fácilmente del resto, primero los productos más ligeros, que tienen la temperatura de ebullición más baja.

Cada fracción que se obtiene es un combustible de características distintas. A este proceso se le llama destilación fraccionada.

Tabla III. **Separación por destilación convencional**

Producto	Temperatura en grados centígrados
Nafta (hidrocarburo constituyente básico de la gasolina)	60 – 190
Kerosina	190 – 240
Gasóleo (hidrocarburo constituyente básico del diésel)	240 – 320
Cutter (bunker No. 4 al 6)	> 320
Nota: en la planta piloto no se aísla kerosina	

Fuente: Textiles del lago. *Manual de procesos Planta Piloto*. p. 86.

- Operaciones del proceso que se realiza en la planta piloto

En la planta piloto, la materia prima es el aceite usado de motor ya centrifugado y el petróleo crudo. En el tanque núm 2 atmosférico se almacena el aceite usado de motor ya centrifugado y el petróleo crudo; igualmente se puede procesar aceite usado de motor ya centrifugado o una mezcla de ambos.

Antes de almacenar el aceite usado de motor ya centrifugado y el petróleo crudo se realiza un control de calidad.

- Control de calidad de insumos

Análisis de las materias primas

- Elección de la materia prima
- Calidad constante
- Producciones fijas
- Acondicionamiento y pre tratamiento

- Laboratorio de control de calidad

En este laboratorio se procede a realizar el análisis de las características de la materia prima. Los principales aspectos que se estudian son:

- Porcentaje (%) de impurezas
- Porcentaje (%) de humedad
- pH
- Temperatura

- Densidad
 - Mezcla de insumos a utilizar en el proceso
 - Materia filtrable
- Proceso de producción
 - Análisis de las materias primas
 - Análisis de los catalizadores
 - Análisis de los procesos
 - Análisis del proceso integrado

Tanto el aceite usado de motor ya centrifugado, como el petróleo crudo, se mezclan en proporciones según lo estipulado. Para tal fin, se recircula la mezcla de las materias primas, por medio de una bomba de engranes durante un período de 2 horas por día. Cuando ya se encuentra homogénea la mezcla, se comienza a procesar en la planta piloto, enviando el producto desde el tanque núm 2 atmosférico, por medio de una bomba de engranes que maneja un flujo máximo de 20 galones por minuto.

Toda la materia prima que ingresa a la planta piloto, es registrada por un contador medidor de pistón. Seguidamente la materia prima recibe su primera elevación de temperatura por medio de un pre calentador, ubicado en la parte inicial del proceso. La salida del pre calentador lado materia prima, alimenta el colector principal de alimentación de los 4 *reboilers*, que calientan nuevamente la materia prima, usando quemadores, que usan como combustible el gasóleo, que se produce en la misma Planta Piloto. La conducción de calor de la llama de los 4 quemadores, es de forma indirecta sobre cada *reboiler*.

La salida por arriba de cada horno calentador (*reboiler*), alimenta un separador que tiene un sistema de reflujo para el horno calentador (*reboiler*). La salida de cada separador, alimenta el colector principal de alimentación de la torre núm. 2. La salida por debajo alimenta el colector principal de la torre núm.1. La salida por debajo de la torre núm. 2, alimenta la torre núm. 3.

Para regularizar la temperatura de salida de los tres productos *cutter*, nafta cruda y gasóleo, estos pasan por un sistema de condensadores y enfriadores para poder ser almacenados en sus respectivos tanques.

Tabla IV. **Distribución de almacenaje en planta piloto**

Para la refinación		
Tanque para almacenar	Dimensiones en metros	Capacidad del tanque
Nafta cruda	Largo: 5.46 diámetro: 2.10	5 000 galones
Gasóleo	Largo: 5.50 diámetro: 2.10	5 000 galones
Cutter (Bunker del núm. 4 al núm. 6)	Largo: 5.51 diámetro: 2.12	5 000 galones
Para la transformación		
Tanque para almacenar	Dimensiones en metros	Capacidad del tanque
Nafta procesada	Largo: 5.50 diámetro: 1.62	3 000 galones

Fuente: Textiles del lago. *Manual de procesos Planta Piloto*. p. 146.

- Notas:
 - Nafta (hidrocarburo constituyente básico de la gasolina)
 - Gasóleo (hidrocarburo constituyente básico del diésel)

- Desulfurización proceso Lo Cat

Para la transformación de la nafta cruda en nafta oxidada, se utiliza un reactor tanque que contiene un agitador, accionado por fajas y poleas mediante un motor eléctrico de 2 HP. En este reactor tanque se dosifica por cada 300 galones de nafta cruda, 12 galones de soda cáustica al 50 % baume, agua oxigenada, adición de aire comprimido, 50 galones de agua, 1/3 de galón de catalizador de cobalto y/o hierro y 500 ml de surfactante nonil fenol etoxilado. Luego 10 galones de peróxido de hidrógeno dosificados en una hora, la finalidad de este proceso es la oxidación de la nafta cruda, para mejorar su calidad técnica y ambiental.

La nafta cruda es oxidada en un proceso catalítico. Luego de oxidarse la nafta es lavada con 5 galones de alcohol metílico (metanol), el cual es recuperable en un 100 %. Las impurezas que lavó el metanol, son tratadas con cal viva (óxido de calcio) para no dañar el ambiente y se recuperan hidrocarburos sin azufre.

La nafta lavada se destila fraccionadamente recuperándose hidrocarburo limpio y el fondo no destilable (suciedad lodo azufroso) se trata igual que las impurezas lavadas con alcohol metílico (metanol) como se describió anteriormente o se va al tanque de cutter. En el proceso de transformación, la nafta oxidada que sale del reactor tanque, es introducida al horno calentador (*reboiler*) para una segunda destilación, con el propósito de mejorar el octanaje de la nafta cruda. Queda remanente lodo azufrado.

Nota: (a corto plazo se substituirá parcialmente el agua oxigenada con adición de aire comprimido u oxígeno).

- Lo – Cat

Es un sistema Redox líquido que utiliza una solución de quelato de hierro para convertir el sulfuro de hidrógeno (H_2S) a azufre elemental inocuo consumiendo oxígeno atmosférico. Lo-Cat es un catalizador ecológico y seguro, no utiliza productos químicos tóxicos y no produce subproductos de los residuos peligrosos.

Lo- Cat unidades se pueden diseñar para una mejor eficiencia de remoción del 99,9 % sulfuro de hidrógeno se mitigan por estar conectadas a una red que conduce a un depurador de emisiones de azufre (Scrubber Sulfinite. Lo-Cat) para destruir emisiones perjudiciales, principalmente sulfuro de hidrógeno (H_2S).

La Planta Piloto cuenta con un sistema de depurador de emisiones de azufre, conformado básicamente por los siguientes equipos:

- Tubo colector de 6 pulgadas de diámetro por nueve metros de largo que recolecta los gases azufrados de los tanques de almacenamiento de producto terminado.
- Soplador centrífugo industrial impulsado por un motor eléctrico de 15 HP, con suficiente capacidad de succionar los gases azufrados que expulsan los tanques de almacenamiento de producto terminado. El circuito que conduce los gases azufrados al tubo cilíndrico vertical, lo hace mediante un tubo de 4 pulgadas de diámetro bajo las condiciones de un sistema sifón, para evitar que la columna líquida del tubo cilíndrico vertical llegase a inundar la hélice del soplador.

- Tubo cilíndrico vertical de 6 m de altura por un 1 m de diámetro, fabricado con lámina de hierro negro de 1/8'' de espesor. El cilindro se encuentra armado por secciones bridadas por cada metro de altura. La parte superior del cilindro se encuentra abierta, totalmente expuesta a la atmósfera; únicamente en el extremo superior se instaló un techo con forma de sombrero chino. La parte inferior del cilindro, está compuesta por un cono que tiene una altura de 0,78 metros con una inclinación de 60° para confinar un volumen de sedimento lodoso azufrado de 55 galones. La altura de trabajo de la columna de líquido agua - catalizador –soda cáustica será de 5 m.
- Un agitador mecánico que transmite su rotación mediante un mecanismo de fajas y poleas a una turbina de 25 cm de diámetro por 10 cm de altura, impulsados por un motor eléctrico de 2 HP. La turbina tiene la capacidad de distribuir uniformemente los gases azufrados impulsados por el soplador, generando micro burbujas que reaccionarán con la columna de líquido que se encuentra en el tubo cilíndrico vertical de 6 m de altura.
- Bomba centrífuga dosificadora de productos químicos, accionada por un motor eléctrico de 1 HP.

Funcionamiento: al momento de encontrarse la planta piloto en operación, los tanques de almacenamiento de producto terminado emanan gases azufrados al momento de abrir o manipular cualquier válvula, para despachar los productos o para una simple medición de nivel de tanque. Los gases azufrados son succionados por el soplador, antes de salir a la atmósfera, estrellándolos contra la columna agua – catalizador- soda cáustica; convirtiendo el sulfuro de hidrógeno (H_2S) a azufre elemental inocuo consumiendo oxígeno

atmosférico. La rotación de la turbina tiene como fin, el incrementar el contacto de la formación de micro burbujas contra la columna líquido agua – catalizador – soda cáustica. Periódicamente se monitoreará el pH de la columna líquido agua – catalizador – soda, teniendo como valor mínimo un índice de 12, antes de volver a dosificar soda cáustica nuevamente.

Figura 5. **Depurador de emisiones de azufre (Scrubber Sulfinite. Lo-Cat)**



Fuente: planta piloto, Parques del Lago.

2.1.2. Procedimiento para descargar el aceite usado

Antes que todo, el personal del área de Descarga de Combustible debe saber con certeza que el único responsable de la seguridad al momento de la descarga es el operador que está a cargo en ese momento, ya que él es único que conoce los riesgos del sitio, conoce las medidas preventivas de seguridad y los procedimientos de descarga.

El procedimiento de descarga de aceite se describe a continuación:

- Verificar que tanques son los que pueden recibir todo el producto; si en caso el producto no cabe en los tanques, no se descargará.
- Asegurarse que el camión se estacione en el lugar adecuado para la descarga (posición de salida, a nivel).
- Indicar al conductor del camión donde debe estacionarse.
- Delimitar el área de la descarga.
- Colocar extintores en el área para manejo de emergencias.
- Revisar correctamente la documentación del producto.
- Revisar sellos del camión.
- Revisar niveles de producto de las pipas a descargar (deben usarse zapatos de seguridad en su mejor caso que sean autodeslizantes, deben usarse arnés de seguridad).

- Conectar mangueras y ayudar al conductor a realizar la lista de verificación previo a la descarga.
- Abrir *manhole* ubicado en la parte superior de la pipa.
- Asegurarse que no hay fuentes de ignición cerca.
- Aterrizar el camión
- Asegurarse que el área esté delimitada.
- Activar bomba de descarga, el operador debe permanecer cerca del botón de paro de la bomba.
- Cerciorarse constantemente del nivel de la pipa.
- Desactivar la bomba finalizada la descarga.
- Desconectar mangueras del camión y drenar hacia los tanques.
- Asegurarse que la pipa esté completamente vacía.
- Cerrar los *manholes*.
- El motor del camión no debe encenderse hasta estén cerrados los *manholes*.

Restricciones a tomar en consideración en las descargas:

- Las mangueras deben tener un punto de conexión (conexión estándar para mangueras, acceso fácil y no riesgoso).
- No se realizarán descargas a través de embudos, por el *manhole* de la pipa, a barriles y a otros camiones.
- El conductor del camión no subirá a los tanques de almacenamiento y a la pipa a verificar niveles.
- Recordar que la responsabilidad de la descarga es del operador y no del conductor del camión.

Hoja de control de descarga y consumo de aceite

La hoja de control de descarga y consumo de aceite juega un papel importante en el manejo y almacenamiento adecuado del aceite; a través de estas hojas, el personal de la planta generadora puede llevar un control efectivo del aceite que está ingresando a los tanques y del consumo diario y mensual de aceite por cada uno de los motores de la planta generadora.

Manejo de la hoja de control descarga de aceite (ver tabla V): la hoja de control cuenta una columna que enmarca la fecha, ahí se coloca la fecha en la que ingresó el aceite, en la siguiente columna se coloca el número de pipa que realizó la descarga, seguidamente se encuentra otra columna en la que se coloca la cantidad de aceite descargado en galones.

Por último la planta a la que se realizó la descarga; en la parte inferior de la hoja lado izquierdo se encuentra un espacio especialmente destinado para

La hoja en su parte superior cuenta con espacios en blanco destinados específicamente para anotar con claridad la fecha, hora y el nombre del operario. En su parte inferior se encuentra delimitado por filas y columnas, las columnas hacen referencia de cada uno de los motores de la planta generadora, en las filas se coloca información de las lectura iniciales y finales de los contadores, de la diferencia de consumo diario por cada motor; la cual se obtiene restando la lectura final del contador menos la lectura inicial, esta diferencia será el aceite consumido al día por cada motor y su acumulado mensual será el consumo de aceite del día anterior mas el día que está por terminar.

Al final de la hoja de control de consumo de aceite aparece una columna que hace referencia a la palabra total; aquí se escribe con claridad el consumo de aceite total en la planta generadora durante el día y el total acumulado que se lleva del mes por todos los motores.

conoce los riesgos del sitio, conoce las medidas preventivas de seguridad y los procedimientos de descarga.

El procedimiento de carga de aceite se describe a continuación:

- Asegurarse que el camión se estacione en el lugar adecuado para la carga (posición de salida, a nivel).
- Indicar al conductor del camión dónde debe estacionarse.
- Delimitar el área de la carga.
- Colocar extintores en el área para manejo de emergencias.
- Revisar correctamente la documentación del producto.
- Revisar sellos del camión.
- Revisar niveles de producto de las pipas a cargar (deben usarse zapatos de seguridad en su mejor caso que sean autodeslizantes, deben usarse arnés de seguridad).
- Revisar las mangueras, válvulas, conexiones de tuberías y el camión tanque para detectar y corregir fugas.
- Abrir *manhole* ubicado en la parte superior de la pipa.

- El personal de la Planta Piloto, deberá estar familiarizado con el manejo de las válvulas del camión tanque para cerrar el sistema si se presentarán emergencias.
- Cerciorarse constantemente el nivel de la pipa.
- Desactivar la bomba finalizada la carga.
- Desconectar mangueras del camión y drenar hacia los tanques.
- Revisar que los compartimientos del camión tanque estén llenos.
- Cerrar los *manholes*.
- El motor del camión no debe encenderse hasta estén cerrados los *manholes*.

Restricciones a tomar en consideración en las cargas:

- Las mangueras deben tener un punto de conexión (conexión estándar para mangueras, acceso fácil y no riesgoso).
- No se realizarán cargas a través de embudos, por el *manhole* de la pipa, a barriles y a otros camiones.
- El conductor del camión no subirá a los tanques de almacenamiento y a la pipa a verificar niveles.

- Recordar que la responsabilidad de la descarga es del operador y no del conductor del camión.

Hoja de control de descarga y consumo de combustible:

La hoja de control de descarga y consumo de combustible (ver las siguientes tablas) juega un papel importante en el manejo y almacenamiento adecuado del mismo; a través de estas hojas, el personal de la planta generadora puede llevar un control efectivo del combustible que está ingresando a los tanques y del consumo diario y mensual de combustible por cada uno de los motores de la planta generadora; esto para tener un buen manejo de inventarios.

Manejo de la hoja de control de descarga de bunker (ver tabla VII): la hoja de control cuenta una columna que enmarca la fecha, ahí se coloca la fecha en la que ingresa el bunker, en la siguiente columna se coloca el número de pipa que realizó la descarga, seguidamente se encuentra otra columna en la que se coloca la cantidad de bunker descargado y por último la planta a la que se realizó la descarga; en la parte inferior de la hoja lado izquierdo se encuentra un espacio especialmente destinado para colocar el nombre del operario encargado de llevar el registro de la hoja de control de descargas de combustible.

La hoja en su parte superior cuenta con espacios en blanco destinados específicamente para anotar con claridad la fecha, hora y el nombre del operario. Abajo se encuentra delimitado por filas y columnas, las columnas hacen referencia de cada uno de los motores de la planta generadora; en las filas se coloca información de las lecturas iniciales y finales de los horómetros de cada uno de los motores y la resta del horómetro final menos el inicial da las horas de operación de los motores en un día y a través de ese resultado se puede encontrar el porcentaje de utilización de los motores dividiendo las horas que trabajo el motor durante el día dentro de 24 horas.

Seguidamente aparecen otras filas con los nombres de lectura de contador final y lectura de contador inicial, aquí se anotan estas lecturas por cada uno de los motores y luego la diferencia del contador final menos el inicial da el consumo diario por cada motor, esta diferencia será el aceite consumido al día por cada motor y su acumulado mensual será el consumo de aceite del día anterior mas el día que está por terminar. Al final de la hoja de control de consumo de bunker aparece una columna que hace referencia a la palabra total; aquí se escribe con claridad el consumo de bunker total en la planta generadora durante el día y el total acumulado que se lleva del mes por todos los motores (ver tabla VIII).

Tabla VIII. Hoja de control de consumo de bunker

Cuadro de control de consumo de bunker y aceite										
Fecha:	Hora:	Operario:								
Bunker										
	Mak 6	Mak 7	Mak 8	Mak 9	Mak 10	Mak 11	Mak 12	Mak 13	GC A1	GC A2
Lectura horómetro final										
Lectura horómetro inicial										
Hrs. Operación al día										
% utilización										
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										Total
Diferencia consumo diario										
Acumulado mes										
Aceite										
	Mak 6	Mak 7	Mak 8	Mak 9	Mak 10	Mak 11	Mak 12	Mak 13	GC A1	GC A2
Lectura contador final										
Lectura contador inicial										
Diferencia consumo diario										Total
Aceite consumido al día										
Acumulado mes										
										<hr style="width: 100px; margin-left: auto; margin-right: 0;"/> Jefe de planta

Fuente: elaboración propia.

2.2. Ubicación geográfica y área de influencia del proyecto

La ubicación de la planta piloto se encuentra dentro del complejo industrial Parques del Lago, propiedad de Textiles del Lago S. A. donde se encuentran distribuidas varias empresas y junto a ellas la planta objeto de estudio.

2.2.1. Ubicación geográfica del proyecto

La planta piloto opera en el interior de Parques del Lago, ubicado en el kilómetro 30,5 de la carretera al Pacífico. CA-9 Sur, municipio de Amatitlán departamento de Guatemala.

El polígono del terreno donde se desarrollará el proyecto es un rectángulo y tiene un área de 969 m². Tiene una elevación de 1 208 m sobre el nivel del mar.

A continuación se indican las coordenadas geográficas y las coordenadas UTM de un punto del terreno del proyecto.

- Dirección de donde se ubicará el proyecto y su especificación en Coordenadas UTM o Geográficas.

Dirección: kilómetro 30,5 carretera al Pacífico, CA-9 sur Amatitlán, departamento de Guatemala.

Especificación de coordenadas geográficas del terreno donde funcionará la planta piloto para refinar petróleo crudo.

Tabla IX. **Latitud y longitud de ubicación de la planta piloto**

Latitud norte	Longitud oeste
1) 14° 27. 856´	90° 38. 035
2) 14° 27. 847´	90° 38. 010
3) 14° 27. 853´	90° 38. 009
4) 14° 27. 857´	90° 38. 032

Fuente: elaboración propia.

Tabla X. **Coordenadas geográficas y UTM de ubicación**

Coordenadas geográficas		Coordenadas UTM, Zona 15	
Latitud norte	14°27.856´	1 600 183	metros
Longitud oeste	90° 38.35´	754 509,41	metros

Fuente: elaboración propia.

Elevación: 1 191 m sobre el nivel del mar.

Tabla XI. **Requisitos de rendimiento de fusibles**

Dirección	Colindancia	Distancia al sitio del proyecto
Norte	Planta textil	4 m
Sur	Calle de por medio Planta textil	16,20 m de ancho
Este	Subestación eléctrica	35,80 m
Oeste	Planta textil	8 m

Fuente: elaboración propia.

Nota: la calle tiene un ancho de 4,75 m, está pavimentada con planchas de concreto.

2.3. Ubicación político-administrativa

Amatitlán es un municipio del departamento de Guatemala, cuenta con un área aproximada de 204 km².

El monumento de elevación (BM) del Instituto Geográfico Nacional, (IGN), en el parque de Amatitlán se encuentra a 1 189,65 m sobre el nivel del mar.

Tabla XII. **Coordenadas de ubicación**

Latitud norte	14° 28' 42''
Longitud oeste	90° 37' 08''

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Colindancias del municipio de Amatitlán**

Punto cardinal	Colinda con
Norte	<ul style="list-style-type: none">• Villa Nueva• Petapa• Villa Canales (Guatemala)
Sur	<ul style="list-style-type: none">• Villa Canales (Guatemala)• Palín (Escuintla)• San Vicente Pacaya (Escuintla)
Este	<ul style="list-style-type: none">• Villa Canales (Guatemala)
Oeste	<ul style="list-style-type: none">• Santa María de Jesús (Sacatepéquez)• Magdalena Milpas Altas (Sacatepéquez)

Fuente: elaboración propia.

- La división política administrativa del municipio de Amatlán es la siguiente:

Tabla XIV. **División política administrativa del municipio de Amatlán a)**

Nombre	Cantidad
Aldeas	14
Asentamientos	2
Caseríos	16
Colonias	49
Fincas	9
Parajes	1

Fuente: elaboración propia.

2.4. Justificación técnica del proyecto y sus alternativas

Actualmente uno de los problemas, con que se encuentran las empresas que parte o todo su proceso, requiere de algún tipo de derivado del petróleo, se encuentra con la problemática de los altos costos de operación debido a este rubro.

La planta piloto está considerada para proveer de combustible a la generadora de energía eléctrica, perteneciente a la misma compañía. La planta generadora cuenta con 17 motores de diferentes configuraciones.

Tabla XV. **División política administrativa del municipio de Amatitlán b)**

Motor	Galones	Unidades
8M552C	7 000	2
6CM43	6 000	2
9CM43	9 000	6
2X12CM43	12 000	6

Fuente: elaboración propia.

Como se puede apreciar el consumo de combustible es elevado, si a esto se le agrega el costo de cada galón en 24 horas, la suma es bastante considerable.

- Consumo de combustible total de la planta:
 - $CT = \Sigma (\text{Tipo de motor} \times \text{consumo diario})$
 - $CT = (2 \times 7\ 000) + (2 \times 6\ 000) + (6 \times 9\ 000) + (6 \times 12\ 000)$
 - $CT = 152\ 000$ galones cada 24 horas

Estos motores generalmente permanecen encendidos durante todo el día según lo requiera la demanda nacional.

El consumo mensual calculado bajo la base de un mes comercial de 30 días y el consumo anual de 12 meses es de:

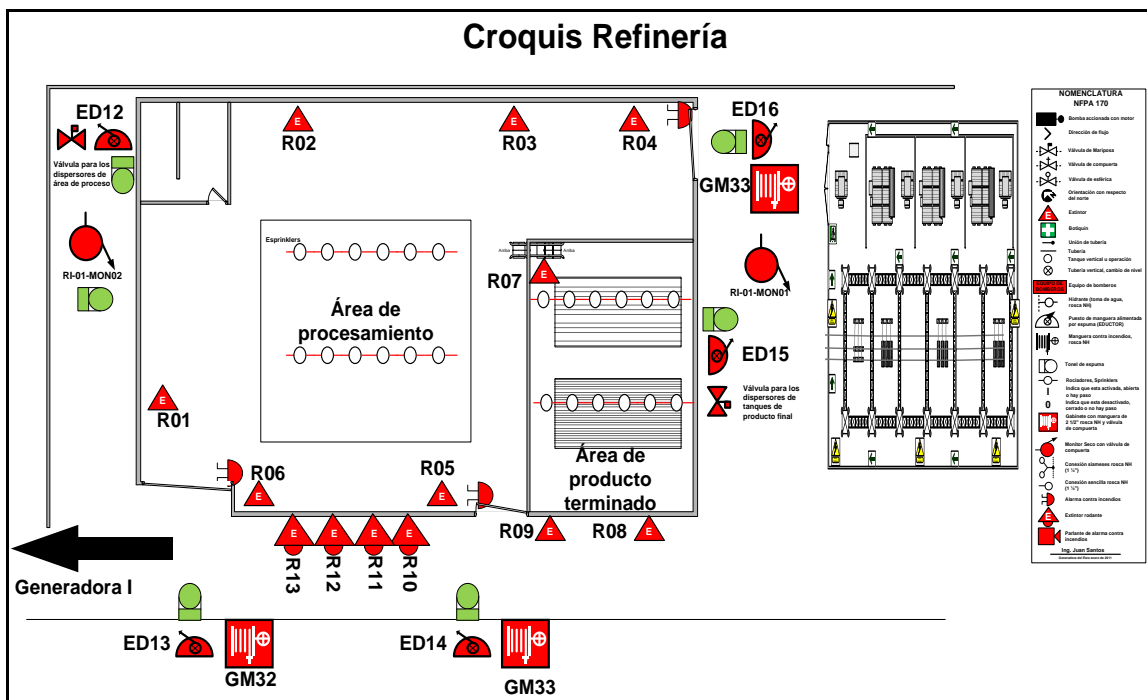
- Mensual
 - $CTM = 152\ 000 \text{ galones} \times 30 \text{ días} = 4\ 560\ 000 \text{ galones}$

- Anual
 - CTA = 4 560 000 X 12 meses = 54 720 000 galones

2.5. Área estimada del proyecto

El área total del terreno de la planta piloto, incluyendo las áreas del sistema contra incendios, y carga de productos terminados es de 961 m².

Figura 7. Distribución de instalaciones planta piloto



2.6. Servicios básicos de energía eléctrica

El ducto principal por donde se alimenta el circuito principal, trifásico, es de tubería HG (hierro galvanizado) de 4 pulgadas de diámetro que se ubica en la parte de la planta piloto en la salida de la misma colocando un contador general y tres secundarios.

El circuito de alimentación eléctrica se conduce a un sistema de tres tableros trifásicos que se instalaron en el cuarto de máquinas y área de administración el interruptor general de la planta piloto, se instaló en una caja de empotrar con puerta de bisagra.

El sistema de distribución de energía eléctrica en la planta piloto, cuenta con el tendido de protección de tierra física, por medio de una malla de alambre calibre cuatro ceros, que se localiza subterráneamente.

La tubería es de conducto rígido galvanizado, salvo que se indique otro material y que cumpla con las normas NFPA a prueba de explosión. La instalación de canalizaciones enterradas quedo totalmente protegida con un recubrimiento de concreto de por lo menos 0,20 m de espesor.

Los accesorios de unión con rosca que se usan con el tubo quedaron bien ajustados y sellados con un compuesto basado en resinas autoextinguente a prueba de explosión, con el objetivo de asegurar una continuidad efectiva en todo el sistema de ductos y evitar la entrada en materias extrañas al mismo.

Los sellos eléctricos se instalaron en todas las cajas de conexiones. El cableado eléctrico está alojado dentro de ductos eléctricos en toda la planta piloto. En las estructuras de acero se utilizan espaciadores, ganchos, charolas u otros elementos apropiados para asegurar rígidamente los conductos.

En el área de tanques horizontales superficiales para almacenar (naftas, gasóleo, *cutter* (bunker del núm. 4 al núm. 6) están conectados eléctricamente a tierra física, el área de despacho de combustible terminado, y edificio de apoyo (oficina administrativa y servicio sanitario) tienen instalaciones eléctricas a prueba de explosión.

La instalación eléctrica para la alimentación a motores se efectuó utilizando circuitos con interruptores independientes, de tal manera que permita cortar la operación de áreas definidas sin propiciar un paro total de la Planta Piloto. Los tableros para el centro de control de motores están localizados en una zona exclusiva para instalaciones eléctricas.

La planta piloto tiene dos interruptores de emergencia (“Paro de Emergencia”) de golpe que desconectan la fuente de energía a todos los circuitos de fuerza, los cuales son a prueba de explosión. Los interruptores están localizados en la zona de control son de color rojo colocados a una altura mínima de 1,50 m a partir del nivel de piso terminado.

Todos los circuitos están rotulados en los registros y tableros a donde se conecten, así como los conductores en los tableros, fusibles, alumbrado, instrumentación, motores, entre otros. La identificación se realizó con etiquetas o cinturones de vinil o similares.

2.6.1. Sistemas de iluminación

Los tableros para el alumbrado de la planta piloto, están localizados en una zona exclusiva para instalaciones eléctricas.

La instalación eléctrica para el alumbrado, se efectuó utilizando circuitos con interruptores independientes, de tal manera que permita cortar la operación de áreas definidas sin propiciar un paro total.

Las instalaciones del sistema de alumbrado de la planta piloto, se diseñaron considerando si su ubicación es dentro o fuera de las áreas clasificadas como peligrosas y se utilizan para iluminar las rutas de evacuación, área de Despacho, área de Almacenamiento y Exteriores.

Las lámparas en exteriores se instalaron a una altura de 9,00 m del nivel de piso terminado cuando están montadas sobre postes metálicos y la altura mínima cuando se encuentren adosadas directamente a los muros es de 2,50 m. Las lámparas están ubicadas en los accesos y salidas, en la zona de tanques de almacenamiento, en las áreas de despacho y en las circulaciones interiores de la planta piloto y están distribuidas de tal manera que proporcionen una iluminación uniforme a las áreas citadas.

2.6.2. Sistema de tierras

Las conexiones para el sistema de tierras que se instalaron en la planta piloto están hechas con cable de cobre desnudo suave y conectores para los diferentes equipos, que se mencionan a continuación. Edificios y elementos están aterrizados y están de acuerdo a las características y los calibres que se mencionan a continuación.

- Los electrodos (varillas Cooperweld) utilizados en el sistema de tierras son de por lo menos 8 pies (2,44 m) de longitud y están enterrados verticalmente.

- La conexión de la estructura de los edificios a la red general de tierras se hizo mediante cable calibre núm. 2/0 de cobre se conectaron todas las columnas de las esquinas e intermedias que sean necesarias para tener las conexiones a distancias que no excedan de 20 m.
- Las cubiertas metálicas que contengan o protejan equipo eléctrico, tales como transformadores, tableros, carcasas de motores, generadores, estaciones de botones bombas para suministro de combustible y despachadores, están conectadas a la red de tierras mediante cable núm. 2 AWG.
- Los conductores que formen la red para la puesta a tierra son de cobre calibre núm, 2/0.

Las partes metálicas de los surtidores de combustible, canalizaciones metálicas, cubiertas metálicas y todas las partes metálicas del equipo eléctrico que no transporten corriente, independientemente del nivel de tensión, están puestas a tierra. Todos los aparatos eléctricos e instalaciones que tengan partes metálicas están aterrizados.

Todos los conductores están permanentemente asegurados al sistema.

2.6.3. Electricidad estática

Cuando un fluido, ya sea líquido o gaseoso, fluye en una sola dirección produce cargas electrostáticas, que es necesario disipar si los fluidos son productos de petróleo.

En la planta piloto, los tres productos que se manejarán producen cargas electrostáticas. Por esta razón todas las estructuras metálicas de la planta piloto tienen que estar a tierra y poder así disipar las cargas electrostáticas que se forman durante el flujo del producto en las tuberías, bombas, tanques y en la descarga de camiones tanque.

2.6.4. Sistema de pararrayos

La instalación de sistemas de pararrayos en la planta piloto, tiene como objetito, establecer las condiciones de seguridad para prevenir los riesgos por descargas eléctricas atmosféricas. Las zonas donde se almacenen, manejen o transporten sustancias inflamables están protegidas con sistemas de pararrayos.

Tabla XVI. **Inventario y manejo de sustancias químicas, tóxicas y peligrosas**

Producto	Consumo promedio mensual	Presentación
Aceite usado de motor	56 000 galones	Camión tanque y se deposita en el tanque atmosférico núm 2.
Agua oxigenada (Peróxido de hidrógeno al 50 %)	25 galones	Canecas de 6 galones cada una.
Alcohol metílico (Metanol)	11 toneles	Tonel de 55 galones
Catalizador	1 galón	Galón plástico
Detergente no iónico	2 litros	Galón plástico
Nitrógeno	900 pies cúbicos	Botellas
Petróleo crudo	24,000 galones	Camión tanque y se deposita en el tanque atmosférico núm 2.
Soda cáustica 50 % Baume (Hidróxido de sodio).	450 galones	Envasado Cipax

Fuente: elaboración propia.

- Notas:
 - Los productos, arriba mencionados, están almacenados en bodega de la planta textil.
 - Ver las hojas de seguridad de cada uno de estos productos que se adjuntan el anexo núm.1 de este documento.
 - Durante la fase de operación, únicamente se tienen instalados cuatro tanques horizontales para almacenar producto terminado.

Tabla XVII. **Capacidad de tanques de almacenamiento**

Tanque para almacenar	Capacidad del tanque
Naftas	5 000 galones
Nafta procesada	3 000 galones
Gasóleo	5 000 galones
Cutter (Bunker del núm. 4 al núm. 6)	5 000 galones

Fuente: elaboración propia.

- Notas:
 - Nafta (hidrocarburo constituyente básico de la gasolina)
 - Gasóleo (hidrocarburo constituyente básico del diésel)

2.7. Manejo y disposición final de desechos (tóxicos, sólidos, líquidos, gaseosos y peligrosos)

Como todo producto industrial, es necesario un tratamiento adecuado a cada una de sus características, antes de ser desechados, o almacenados para su eliminación de una manera especial.

2.7.1. Desechos tóxicos y peligrosos

- Desechos tóxicos: durante la construcción de la obra civil, no se generaron desechos tóxicos ni desechos peligrosos.

Se entiende por residuos tóxicos peligrosos aquellos residuos que por sus características infecciosas, combustibles, inflamables, explosivas, radioactivas, volátiles, corrosivas, reactivas o tóxicas pueden causar daños a la salud humana o al ambiente.

2.7.2. Desechos sólidos, líquidos y gaseosos

- Desechos sólidos: durante el proceso de construcción de la obra civil, los desechos producto de la construcción (ripio, basuras, restos de madera, otros), se trasladaron al botadero indicado, por la Municipalidad de Amatitlán.
- Desechos líquidos: los desechos líquidos en esta fase, son prácticamente inexistentes. El agua se utiliza como agregado para la formación del concreto (mezcla de cemento Portland, arena de río y pedrín), o bien agregar el agua a la cal hidratada y arena amarilla o blanca, para lo que los albañiles llaman mezcla.

- Desechos gaseosos: en la fase de construcción, se generaron desechos gaseosos de combustión de los motores de la maquinaria pesada y de los camiones de volteo que se usaron.

2.7.3. Fase de operación (ocupación)

Durante la operación de la planta, se estarán disponiendo de los desechos producidos por la planta de la siguiente manera.

- Desechos sólidos:

Para el manejo de los desechos sólidos se aplica el método de reciclaje: se separan los desechos según sea aluminio, cartón, madera, papel, plástico y vidrio, asignándoles un tonel con su respectiva tapadera a cada uno de ellos. Posteriormente, se venden a empresas recolectoras calificadas.

Otros desechos sólidos se disponen por medio del servicio particular de recolección de basura, quien retira y lleva la basura hasta el botadero autorizado por la Municipalidad de Amatitlán para su disposición final.

La Planta Piloto cuenta con el personal y equipo necesario para realizar las tareas de ordenamiento y limpieza de las áreas que la forman.

En el terreno que ocupa la planta piloto, no existen basureros a cielo abierto.

- Desechos líquidos:

Las aguas de origen doméstico, generadas en el lavamanos, inodoro, ducha de emergencia y fuentes lavaojos, se disponen en el sistema de drenaje de negras, del parque industrial, Parques del Lago.

- Aguas:

Las aguas residuales de origen industrial, son conducidas previamente por una caja separadora API y el agua libre de hidrocarburos, se dispone finalmente al drenaje pluvial. En promedio semanal, son 110 galones de agua libre de hidrocarburos los que se disponen finalmente. Estos previamente son tratados químicamente en la caja separadora API adicionando 0,5 % de soda cáustica (hidróxido de sodio) al 50 % de concentración más un 0,05 % de agua oxigenada (peróxido de hidrogeno) al 100 % con el fin de mitigar cualquier mal olor.

Se depositan en un tanque móvil de metal con capacidad de 500 galones con su respectiva tapadera de metal, para ser almacenados en los sistemas de lodos de la planta generadora de energía eléctrica de Bluref 2 donde son deshidratados. Estos desechos son recolectados por una empresa autorizada para tratar desechos de productos petroleros para su disposición final.

El lodo y grasa flotantes se recogen periódicamente de la caja separadora. Se depositan en un tanque móvil de metal con capacidad de 500 galones con su respectiva tapadera de metal. Estos desechos son recolectados por una empresa autorizada para tratar desechos de productos petroleros para su disposición final. (Fama S. A.)

El lodo final de la desulfurización, se trata con cal viva, que transforma el azufre en compuestos inorgánicos. Estos residuos que contienen azufre, se almacena en un tanque móvil de 100 galones y se venden a empresas que se dedican a la fabricación de fertilizantes.

3. DESCRIPCIÓN DEL AMBIENTE FÍSICO

En el desarrollo de este capítulo, se tratará lo concerniente al ambiente donde se interactúa entre de diferentes aspectos que pueden provocar un riesgo dentro de la planta.

3.1. Clima

Características del clima del municipio de Amatlán:

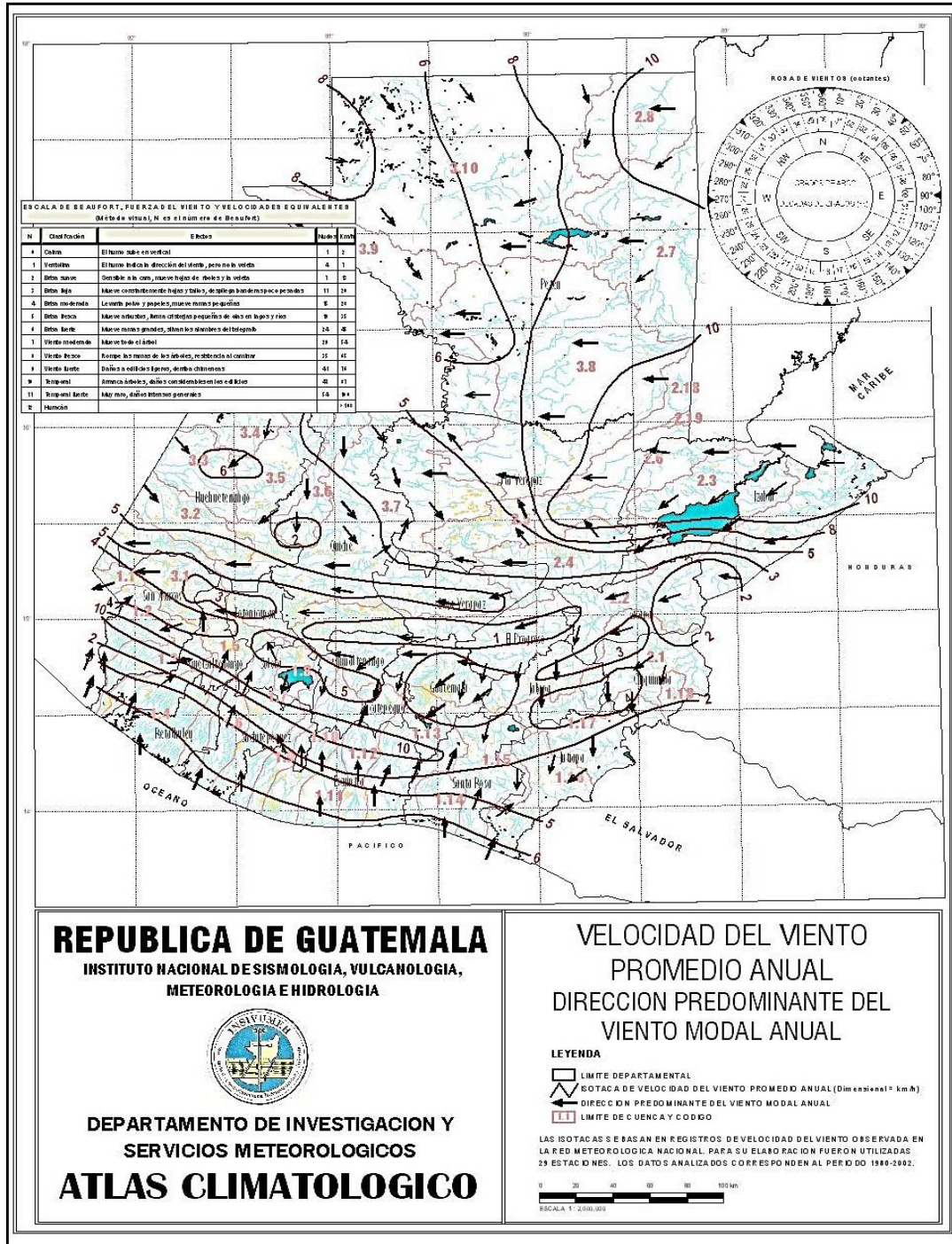
- Precipitación anual, 1 200 a 1 300 mm/año. Los meses de lluvia son: de mayo a octubre, con una humedad relativa del 85 %. Días de lluvia 120 a 130 anuales.
- Temperaturas máxima/promedio anual 27,5 °C, alcanzándose en marzo y abril.
- Mínima/promedio anual 14,5 °C. Los meses más fríos son diciembre y enero.
- Máxima absoluta 31,8 °C mínima absoluta 8,0 °C.
- Brillo solar (horas/sol) 203 horas de brillo solar /mes.
- Evapotranspiración potencial ETP según HARGREAVES 1 600 mm.

El viento predominante sopla del sur y el viento secundario el predominio es de componente norte. En la época fría (noviembre-enero) el viento predominante es de componente norte. En época lluviosa el viento predominante es de componente sur.

En algunas horas del día el viento pasa en calma.

El terreno donde se desarrollo el proyecto, esta a una elevación: 1 191 m sobre el nivel del mar (véase mapa de vientos figura 8).

Figura 8. Mapa de vientos



Fuente: INSIVUMEH. Atlas Climatológico.

3.2. Geología

- Aspectos geológicos regionales

El proyecto se encuentra en una formación geológica con predominio de rocas ígneas y metamórficas del cuaternario con rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de origen diverso (Qp).

- Aspectos geológicos locales

Según el mapa geológico de Guatemala del Instituto Geográfico Nacional (IGN). El aspecto geológico local es de rocas volcánicas del período cuaternario - Pómez y Aluvión. QPAL.

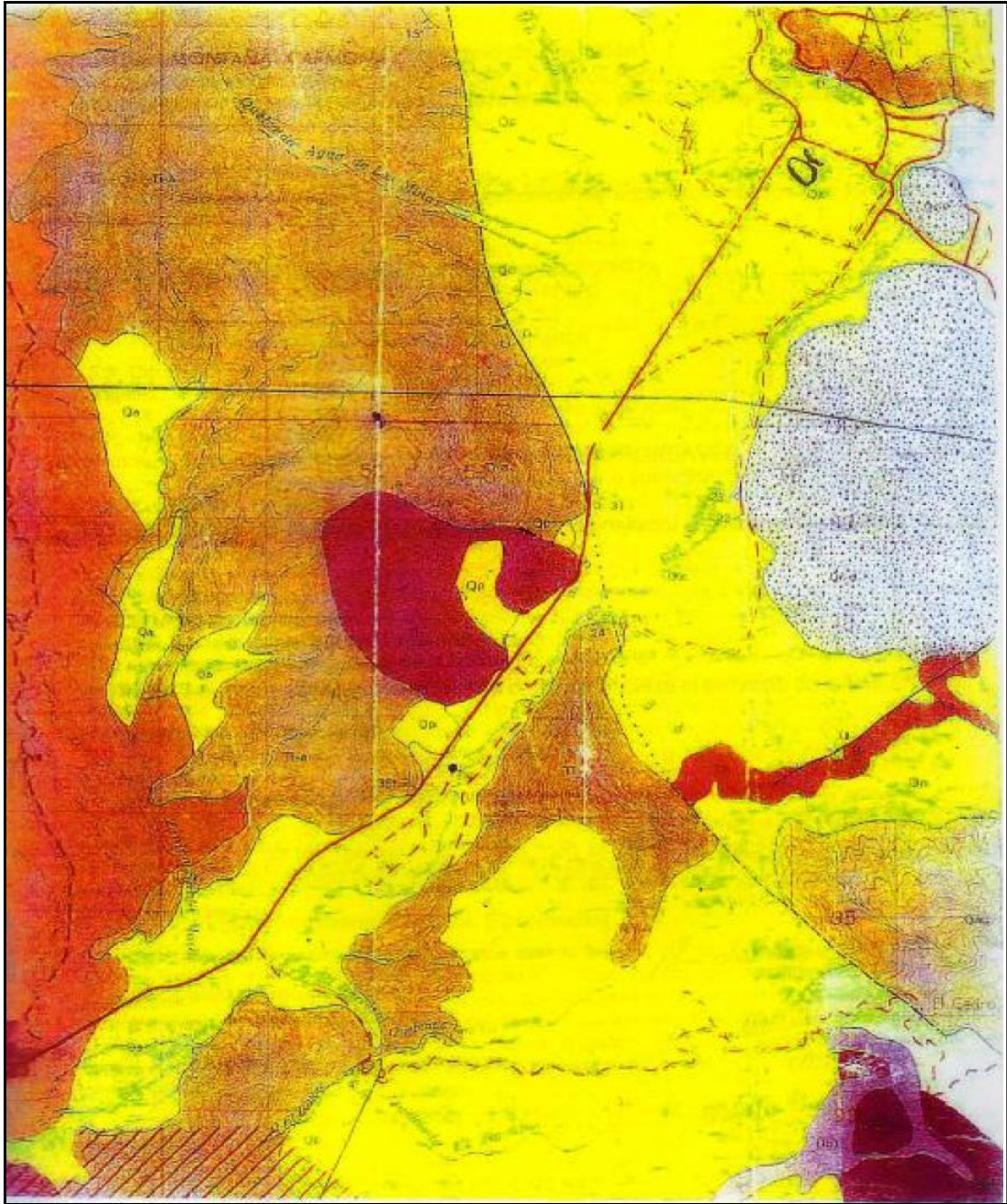
- Análisis estructural y evaluación

Es factible la construcción de la planta piloto. Dada la consistencia del suelo, debido al estudio de sus características geológicas.

- Caracterización geotécnica

Tomando en cuenta las características de la estratigrafía del suelo, se considera que es un material con las propiedades adecuadas para la construcción de la planta piloto.

Figura 9. **Mapa geológico del área del proyecto (AP) y área de influencia directa (AID)**



Fuente: INSIVUMEH. Dpto. de Geología.

- Descripción geomorfológica

Las características geomorfológicas del área de estudio corresponden a un paisaje de llanura aluvial. Los principales agentes modeladores geomorfológicos que han dado origen a las geoformas actuales en el área de influencia lo constituyen el agua y el viento.

- Suelos

Los suelos son de origen volcánicos y están desarrollados sobre material pomáceo y lahárico. Los suelos en los alrededores se distinguen por su relieve escabroso y también por su notable cantidad de clastos de basaltos columnares y masivos.

En el siguiente cuadro se indica el perfil de un pozo mecánico, perforado en el parque industrial, Parques del Lago.

Tabla XVIII. **Requisitos de rendimiento de fusibles I**

Profundidad en pies	Material
0 – 40	Arena
40 – 60	Grava y arena
60 – 80	Piedra pómez
80 – 100	Arcilla café
100 – 160	Piedra pómez
160 – 200	Arcilla café
200 – 240	Piedra pómez
240 – 300	Arcilla café

Fuente: elaboración propia.

3.3. Hidrología

Se describe a continuación las diferentes interacciones que podría tener el proyecto con los mantos acuíferos.

3.3.1. Aguas superficiales y subterráneas

Es necesario la verificación de la existencia de este líquido dentro de las áreas de la planta piloto, ya que puede perjudicar tanto la planta como de ella hacia el líquido. Una contaminación de este líquido podría provocar el envenenamiento de las poblaciones aledañas.

- Aguas superficiales

Ningún cuerpo de agua atraviesa el área donde se localiza la planta piloto.

- Agua subterránea

En el siguiente cuadro se indica el perfil de un pozo mecánico, perforado en el terreno del parque industrial, Parques del Lago.

Tabla XIX. **Requisitos de rendimiento de fusibles II**

Datos
Método de perforación: rotación
Entubado: hierro
Profundidad total: 300 pies
Diámetro: 12 pulgadas
Rejilla Tipo Puente: 6 tubos
Temperatura del agua 53 centígrados
Nivel estático: 10 pies
Empaque de grava: 50 a 300 pies
Producción del pozo 600 galones por minuto
Método de aforo: aire comprimido

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Calidad del agua

La administración de Parques del Lago, periódicamente monitorea la calidad del agua que se extrae de los pozos mecánicos, con el objetivo de hacerle los análisis físicoquímico y bacteriológico para asegurar la calidad del agua para consumo humano.

3.3.3. Cotas de inundación

El terreno donde se construyó la planta piloto, no se inunda. Se hace uso del sistema de drenaje pluvial del parque industrial Parques del Lago.

- Corrientes, oleaje y mareas: no aplica.

3.3.4. Vulnerabilidad a la contaminación de las aguas subterráneas

Para evitar la contaminación del suelo y del agua subterránea, la planta piloto tiene un sistema de drenaje pluvial que captará exclusivamente las aguas de lluvia del techo del cuarto de control y parte techada del área de Operaciones.

Tabla XX. **Tipo de construcción del piso de las siguientes áreas**

Lugar	Piso
Cuarto de control y servicio sanitario	Planchas de concreto
Operaciones. Torres de destilación atmosféricas	Planchas de concreto
Tanques de productos terminados Dique impermeable de contención de derrames drenaje hacia caja separadora, API	Planchas de concreto
Rack de descarga de producto terminado lado sur	Planchas de concreto. Canal de concreto reforzado, con rejilla metálica recolectora de derrames y una caja separadora API, para captar las aguas aceitosas provenientes de esa área.

Fuente: elaboración propia.

4. CALIDAD DEL AIRE

La administración de la planta piloto, periódicamente monitorea la calidad del aire del parque industrial. Se han medido los siguientes parámetros.

- Partículas totales en suspensión en su fracción, PM10
- Dióxido de nitrógeno (NO₂)
- Dióxido de azufre (SO₂)

4.1. Partículas totales en suspensión

Las partículas totales en suspensión en su fracción PM10 son todas aquellas partículas sólidas y líquidas dispersas en el aire con un diámetro menor de 10 µm. Por lo regular se conforman por polvo, cenizas, hollín, partículas metálicas, cemento y polen. Se originan principalmente en los procesos de combustión industrial, doméstica y de transporte. Conocen naturalmente se producen por erosión, erupciones volcánicas e incendios forestales.

- Efectos principales

Debido a su capacidad de penetrar más profundamente por el tracto respiratorio pueden producir graves irritaciones a las vías respiratorias, agravar el asma y las enfermedades cardiovasculares.

- Valores guía

Para este contaminante los valores guías o normas utilizados son los valores de referencia de la sugeridos por la Organización Mundial de la Salud, OMS (2005), que para una medición de 24 horas es de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y para un promedio anual es de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Dióxido de nitrógeno (NO_2)

El dióxido de nitrógeno es un gas color pardo rojizo, no inflamable y venenoso. Es un precursor del ozono y la lluvia ácida (al combinarse con el agua del aire forma ácido nítrico el cual puede provocar disipación o lluvia ácida). Se origina principalmente por procesos de combustión de fuentes industriales, doméstica y por transporte.

- Efectos principales

Las exposiciones directas pueden incrementar la susceptibilidad a infecciones respiratorias y disminuyen la eficiencia respiratoria y la función pulmonar de los asmáticos. Las exposiciones cortas provocan problemas respiratorios principalmente en niños, siendo los síntomas más comunes la tos, resfriados e irritación en la garganta.

El dióxido de nitrógeno causa daños a bosques y sistemas acústicos así como edificios y monumentos históricos. También provoca la corrosión de metales debido a la lluvia ácida.

- Valores guía

Para este contaminante el valor guía sugerido es el valor de referencia de la los valores guías o normas utilizados son los valores de la OMS guía 2005, que para un promedio anual es de 40 microgramos/metro cúbico. Es de hacer notar que dicha referencia es la que se considera apropiada para la metodología utilizada, ya que la misma como tal, no tienen valor de referencia internacional.

- Dióxido de azufre (SO₂)

Gas incoloro e irritante que se origina principalmente en los procesos de combustión industrial y de transporte cuando se utilizan combustibles con contenidos significativos de azufre. Naturalmente se producen por erupciones volcánicas. El dióxido de azufre reacciona rápidamente con el agua para formar ácido sulfúrico, componente de la lluvia ácida.

4.2. Efectos principales

En la respiración, afecciones respiratorias, debilitamiento de las defensas pulmonares, agravamiento de enfermedades respiratorias y cardiovasculares ya existentes, en altas concentraciones puede provocar la muerte. Al combinarse con el agua y formar lluvia ácida produce decoloración de las plantas y daños materiales.

- Valores guía

Para este contaminante los valores guías o normas utilizados son los valores de referencia de la sugeridos por la Organización Mundial de la Salud, OMS (2005), que para una medición de 24 horas es de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

- Sulfuro de hidrógeno (H_2S)

El sulfuro de hidrógeno se encuentra naturalmente en el petróleo crudo, gas natural, gases volcánicos y manantiales de aguas termales.

El sulfuro de hidrógeno es un gas inflamable, incoloro, con un olor característico a huevos podridos.

El sulfuro de hidrógeno es extremadamente nocivo para la salud, bastan 20 - 50 ppm en el aire para causar un malestar un malestar agudo que lleva a la sofocación y la muerte por sobreexposición.

5. AMENAZAS NATURALES

No se puede dejar de lado, las diferentes amenazas provocadas por la naturaleza, si bien no son frecuentes, son las que provocan en su mayoría mayor daño, incluso daños irreparables, como por ejemplo los daños provocados por los sismos y volcanes, inundaciones y erosiones.

5.1. Amenaza sísmica

El territorio nacional está repartido en tres placas tectónicas:

- Norteamericana
- Caribe
- Cocos

Los movimientos relativos entre estas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de los terremotos y volcanes. Lo cual produce diariamente entre ocho y diez sismos con una magnitud entre 2 y 3 ⁰R. Los eventos sísmicos se dan en forma cíclica y ocurren cada 30, 50 y 150 años.

El contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo trascurrente. Su manifestación en la superficie son las fallas de Chixoy-Polochic y Motagua.

En el caso de la falla del Motagua tiene un ciclo de 150 años, la de Chixoy-Polochic la mayor de 100 años, la de Jalpatagua ocurre cada 30 a 40 años.

El contacto entre las placas de Cocos y del Caribe es de tipo convergente, en el cual la placa de Cocos se mete por debajo de la placa del Caribe (fenómeno conocido como subducción). Este proceso da origen a una gran cantidad de temblores y formación de volcanes. El contacto entre estas dos placas está aproximadamente a 50 km frente a las costas del océano Pacífico.

A su vez, estos dos procesos generan deformaciones al interior de la Placa del Caribe produciendo callamientos secundarios como:

- Jalpatagua
- Mixto
- Santa Catarina Pínula

5.2. Amenaza volcánica

Los volcanes que están más cerca del proyecto son:

- El volcán de Pacaya. (Escuintla/Guatemala)
- El volcán de Fuego. (Sacatepéquez/Escuintla)

Tabla XXI. **Detalles de localización de volcanes**

Nombre del volcán	Latitud norte	Longitud oeste	Altura msnm
Pacaya	14° 23'	90° 36'	2,552
Fuego	14° 29'	90° 53'	3,763

Fuente: elaboración propia.

- Volcán de Pacaya

El último ciclo de actividad eruptiva dio inicio en 1961, después de aproximadamente 76 años de reposo. El volcán, por su situación “estromboliana” se mantiene en una actividad permanente y su mayor erupción la hizo en mayo de 1998, cuando lanzó miles de toneladas de ceniza y arenilla que cayo sobre el valle de la capital, obligando al cierre del aeropuerto internacional por tres días.

El 27 de mayo de 2010, el volcán de Pacaya, entró en erupción y lanzó miles de toneladas de ceniza y material volcánico (arena) que cayeron en el centro, sur y norte del país.

- Volcán de Fuego

Es uno de los volcanes más activos de Guatemala, con más de 60 erupciones desde 1524. Las erupciones (tipo volcaniano) más violentas ocurrieron en 1932, 1971 y, la más reciente, el 8 de agosto de 2007. El volcán de Fuego lanzó una espectacular erupción de lava, rocas, que pudo verse desde la ciudad de Antigua.

5.3. Movimientos en masa

El terreno donde se construyó la planta piloto es plano, y por consiguiente, no pueden ocurrir movimientos en masa.

5.4. Erosión

La superficie del terreno está cubierta con piedrín o por planchas de concreto. Por consiguiente, no puede erosionarse.

5.5. Inundaciones

El terreno donde se construyó la planta piloto, no se inunda. Se hace uso del sistema de drenaje pluvial del parque industrial Parques del Lago.

- Otros

Según el estudio de suelos, el terreno donde se está desarrollando el proyecto de la planta piloto no es propenso a los fenómenos de licuefacción y hundimientos.

6. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES Y DETERMINACIÓN DE MEDIDAS DE MITIGACIÓN

Como todo proyecto es necesario saber que daños o impactos puede causar al medio ambiente y de esta manera, diseñar medidas que ayuden a mitigar dichas situaciones, de lo contrario nuestro proyecto no podrá ser desarrollado.

6.1. Identificación y valoración de impactos ambientales

En este inciso de la evaluación se identifican aquellos riesgos que puedan llegar a producir algún impacto negativo al proyecto o al ambiente circundante, el propósito de tal identificación es plantear las medidas de mitigación respectivas. Para tal efecto, se elaboró una matriz de identificación de los impactos ambientales, tomando como base la metodología diseñada por Leopold y por el Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE).

Para la identificación de los impactos, la matriz se desarrolló considerando una simbología matemática, de la siguiente forma:

Simbología

- Signo (+) impactos positivos
- Signo (-) impactos negativos
- Signo (0) riesgo

Tabla XXII. Actividades básicas del proyecto

				Construcción de la obra civil y montaje de equipo													Operación				Actividad futura			
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
	Preparativos del sitio y avances de construcción		Instalación de hornos calentadores y torres de destilación primaria	Construcción de dique de contención.	Construcción de canal con rejilla Apli	recolectora de derrames y cajas Apli	Instalación de tanques horizontales producto terminado.	Construcción oficina administrativa y servicio sanitario	Sistema de drenaje aguas negras	Sistema de drenaje pluvial	Sistema agua potable	Sistema Hidráulico (sistema contra incendios)	Sistema agua fría	Instalaciones sistema eléctrico	Sistema contra incendios	Construcción de área Rack de descarga, rejillas y caja Apli.	Prueba de campo y puestas de funcionamiento	Emissiones a la atmósfera	Desechos líquidos	Desechos sólidos	Despacho de producto terminado	Mantenimiento preventivo y correctivo	Ampliación	Clausura o abandono
Agua	1 Superficiales	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Ambiente Sonoro	2 Subterráneas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	3 Ruido	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	4 Topografía	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	5 Compatibilidad	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Suelos	6 Uso potencial	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	7 Vientos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Atmósfera	8 Clima	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	9 Fauna Terrestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
Ecosistema	10 Flora terrestre	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	-	
	11 Transporte	+	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	
	12 Personal	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	
Socioeconómico	13 Infraestructura	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	0	-	

Fuente: BCIE. Matriz de identificación de impactos ambientales.

6.2. Análisis de impacto

- Posibles efectos en la construcción

Esta fase comprende la limpieza del terreno, movimiento de tierras, compactación, el trazo y construcción de la obra civil.

- Impacto al aire

La maquinaria pesada que se usó en el movimiento de tierras, así como los camiones de volteo que acarrearón la tierra, provocó polvo, emisiones de gases y humo. Estas actividades implicaron un impacto negativo transitorio.

- Impacto sonoro al ambiente

La maquinaria pesada que se usó en el movimiento de tierras, así como los camiones de volteo que acarrearón la tierra, provocaron ruido de una intensidad en un rango de 60 a 90 dB. Esta actividad implicó un impacto negativo transitorio.

- Impacto al suelo

La remoción de la capa vegetal del suelo, y la modificación del perfil natural del terreno, y la conformación de la plataforma para construir la obra civil, se consideran como impactos negativos irreversibles.

Los desechos sólidos generados durante la fase de construcción, generalmente son desperdicios de materiales. De no recolectarse y

disponerse adecuadamente los desechos sólidos producirán un impacto negativo en el suelo.

- Impacto al agua subterránea

Durante el proceso de construcción de la plataforma y en el proceso de construcción de la obra civil, no hubo impactos negativos en el recurso agua subterránea.

- Efectos socioeconómicos

La industria de la construcción favorece el desarrollo económico del país, mediante la generación de empleos y la diversificación de las oportunidades para la actividad productiva nacional.

- Efectos en la fase de operación.

Los posibles impactos durante la fase de operación de la Planta Piloto, están determinados por el aumento del tránsito vehicular y humano en el área.

- Impacto al aire

Los hornos calentadores (*reboliers*) de las torres al estar funcionando producen gases de combustión, que salen al exterior por medio de las chimeneas, reduciendo un impacto negativo.

Emisiones de gases, por las descargas normales de vapores a la atmósfera ocasionadas principalmente por los respiraderos de los 4

tanques superficiales que almacenan productos finales del proceso de refinación y transformación del petróleo crudo y aceite usado de motor ya centrifugado.

Desprendimiento de vapores inflamables que con cierta continuidad ocurre en la operación de la planta piloto y se puede producir por fallas en los sellos de bombas, empaques de válvulas, otros.

- Ambiente sonoro

El ruido en el interior de las áreas que conforman la planta piloto, está comprendido entre los 60 y los 75 dB.

- Impacto al suelo

El riesgo de contaminar el suelo es mínimo, por la infraestructura que se construyó para evitarlo.

- Aguas subterráneas

La calidad y cantidad de agua que actualmente se filtra en el terreno, se verá afectada. El impacto será negativo. Riesgo de contaminar el suelo y el agua subterránea.

- Efectos socioeconómicos

La operación de la planta piloto genera un impacto beneficioso a nivel socioeconómico ya que genera empleo de forma directa e indirecta, saliendo favorecidos el comercio, la industria y el transporte.

6.3. Organización del proyecto y ejecutor de medidas de mitigación

- Impacto al aire

En la fase de operación las descargas normales de los vapores de los productos terminados a la atmósfera, ocasionados principalmente por los respiradores de los cuatro tanques horizontales superficiales, se mitigan por la posición en donde se ubican, que son áreas suficientemente ventiladas y orientadas hacia los vientos dominantes, los vapores se disipan rápidamente.

Los hornos calentadores (*reboilers*) de las torres de destilación atmosférica al estar funcionando, producen gases de combustión que salen al exterior por medio de sus chimeneas. El combustible que usan estos hornos calentadores es gasóleo (diésel). Con el fin de mejorar la relación aire/combustible el personal de la planta piloto efectúa análisis periódicos de los gases que salen por medio de las chimeneas, con un analizador de eficiencia de la combustión y de las emisiones ambientales marca Bacharach.

- Ambiente sonoro

El ruido en la planta piloto, está comprendido entre los 60 y 75 dB. Cuando los ruidos sean mayores a los 75 dB, el trabajador usa tapones, u orejeras para proteger sus oídos.

- Suelo y agua subterránea

El riesgo de contaminar el agua es mínimo, por la infraestructura (dique de contención de derrames, caja separadora API), sistema de agua potable, sistema drenaje agua pluvial, sistema de drenaje aguas negras, que se construyó para evitarlo.

La Planta Piloto utiliza el sistema de agua potable, sistema de drenaje de agua pluvial, sistema de drenaje de aguas negras y la planta de tratamiento de aguas negras del parque industrial, Parques del Lago. La planta piloto cuenta con un dique impermeable de contención de derrames hacia caja separadora API.

El área de carga de producto terminado carga de combustibles tiene piso de concreto, un canal de concreto reforzado con rejilla recolectora de derrames, la cual se conecta a una caja separadora API, con esto se evita descargas al sistema de drenaje pluvial de agua aceitosa.

6.4. Evaluación de impacto social

La evaluación de la planta piloto es positiva, ya que genera empleo saliendo favorecidos el comercio, la industria y el transporte.

6.5. Síntesis de la evaluación de impactos ambientales

- Fase de operación (ocupación)
- Clasificación del impacto

Tabla XXIII.

Fuente generadora de impacto: fase de operación

Impacto ambiental	Medidas de Mitigación	Responsable	Tiempo de ejecución de las medidas	Indicador del desempeño
Aire	Se monitorea la relación aire-combustible de los gases de combustión de las que salen por las chimeneas hacia la atmósfera.	Gerente Administrador de la Planta Piloto	Las medidas de mitigación son permanentes	Bitácora de desempeño de actividades
Suelo	Dique impermeable de contención de derrames hacia caja separadora, API.	Gerente Administrador de la Planta Piloto	Las medidas de mitigación son permanentes	Bitácora de desempeño de actividades
Agua Subterránea	Dique impermeable de contención de derrames hacia caja separadora, API.	Gerente Administrador de la Planta Piloto	Las medidas de mitigación son permanentes	Bitácora de desempeño de actividades

Fuente: elaboración propia.

7. ANÁLISIS DE RIESGO Y PLANES DE CONTINGENCIA

Para minimizar los contratiempos y pérdidas por siniestros de cualquier índole, es necesario contar con un plan estructurado de contingencia para estos casos.

7.1. Plan de contingencia

Documento que comprende el conjunto de acciones a tomar para contener derrames, fuga de combustibles y otras emergencias tales como explosión, incendio y desastres naturales.

- **Propósito**

Para que los planes de contingencia y respuesta sean eficaces, se creó la brigada de bomberos industriales, en la cual participarán todos los empleados de la planta piloto y de las plantas industriales instaladas en el parque industrial, Parques del Lago.

La brigada tiene como propósito, identificar y responder a accidentes y situaciones de emergencia en la planta piloto y garantizar la seguridad integral del personal y de las instalaciones involucradas en la emergencia, restablecer la operación lo más pronto posible, así como prevenir y mitigar los impactos negativos ambientales que puedan estar asociados con ellos.

Los objetivos básicos de la brigada de bomberos industriales son:

- Salvar vidas.
 - Reducir las pérdidas materiales.
 - Prevenir y mitigar los daños ambientales.
 - Asegurar una comunicación y coordinación efectiva entre todas las partes involucradas.
 - Definir las responsabilidades del personal.
 - Proveer la información necesaria, para la toma de decisiones en caso de emergencias.
 - Señalar las acciones básicas para el control de emergencias.
- Alcance:

Este procedimiento aplica para todo el personal de la planta piloto.

- Responsabilidades

El gerente general debe delegar en el ingeniero responsable encargado de la planta piloto, la coordinación formación y entrenamiento en preparación y respuesta a emergencias, incluyendo la efectividad de los simulacros y el cumplimiento de este procedimiento.

La brigada de bomberos industriales es responsable de brindar la formación y entrenamiento al resto del personal. También será responsable de ejecutar este procedimiento en lo referente a desastres naturales y acciones además de asistir a la formación y entrenamiento que se brinden sobre estos temas por entidades como:

- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (Conred).
 - Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, (Insivumeh).
 - Instituto Técnico de Capacitación y Productividad, (Intecap), otros.
- Derrame de combustible en fase de operación: derrame menor
 - Eliminar todo tipo de fuentes de ignición cercana a la emergencia.
 - Cortar la energía eléctrica.
 - No tocar ni caminar sobre el producto derramado.
 - Detener la salida de producto (fuga) en caso de poder hacerlo sin riesgo.
 - Mantener alejado al personal que no participa directamente en las acciones de control, aislar el área de riesgo y prohibir el acceso al área de la emergencia.

- Debe evitarse la introducción de este producto (hidrocarburos) en los drenajes de agua pluvial.
- En caso de fugas o derrames pequeños, cubrir con arena de río seca u otro material absorbente especializado.
- En caso de ocurrir una fuga o derrame, aislar inmediatamente un área de por lo menos 50 metros a la redonda.
- Si el derrame de combustible es mayor (de 15 galones en adelante), deberá encauzar el combustible derramado dentro del área de contenedores de derrame o caja se paradora API y de allí colocar el combustible nuevamente a los tanques.
- En caso de derrame de producto, no poner en marcha, ni mover ningún vehículo automotor en la planta piloto, ya que puede ser fuente de ignición.
- Derrame mayor
 - Ventilar el área.
 - Aislar el área del derrame o fuga a por lo menos 50 metros a la redonda.
 - Eliminar todo tipo de fuentes de ignición cercana a la emergencia.
 - No tocar ni caminar sobre el producto derramado.

- Evitar respirar el vapor. Permanecen en dirección del viento, es decir que el operador del equipo debe recibir el viento en su espalda.
- Tratar de confinarlo, recoger el producto para su disposición posterior.
- En caso de emplear equipos de bombeo para recuperar el producto derramado, deben ser a prueba de explosión.
- Ventilar los espacios cerrados antes de entrar.
- Todo el equipo que se use para el manejo del producto (hidrocarburos) debe estar conectado eléctricamente a tierra.
- Evaluar la situación, determinar si es posible detener el derrame con: movimiento de válvulas o por absorción con material arenoso y palas de punta cuadrada.
- Cuando se trate de un derrame grande, considere una evacuación inicial a favor del viento de por lo menos 300 m.
- Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa.

Tabla XXIV.

Medidas para controlar derrames o fugas

Producto	Observaciones
Cutter (Bunker núm. 4 al núm. 6)	<p>Procedimientos en caso de liberación accidental, ruptura o fugas: Ventilar el área. Evitar respirar el vapor. Utilizar el equipo apropiado de protección personal, incluyendo protección respiratoria apropiada. Si es posible contener el derrame por frotación o absorción usando el material adecuado y utilizando pales con punta cuadrada. Evitar que entre a las alcantarillas Evitar el contacto con la piel, los ojos o la ropa. En pequeños derrames: absorber el líquido con arena o tierra, recoger los residuos y depositarlos en contenedores debidamente identificados para que sean dispuestos posteriormente, cumpliendo con las normas locales.</p>
Gasóleo (Hidrocarburo constituyente del Dísel)	<p>Precauciones personales: Evitar contactos con la piel y los ojos. Eliminar las fuentes de ignición y asegurar una ventilación suficiente. El producto puede dañar el asfalto y hacer las superficies resbaladizas. Evacuar todo el personal innecesario. Allí donde la ventilación sea inadecuada llevar aparatos de respiración.</p> <p>Precauciones medioambientales Eliminar las fuentes de ignición. Cortar la fuente con las precauciones normales de seguridad. Evitar que el líquido acceda a alcantarillas, vías fluviales o áreas de niveles inferiores. Tomar las medidas para mantener a un mínimo los efectos sobre el agua subterránea.</p> <p>Procedimientos de descontaminación Emplear material absorbente, ej. arena y tierra. Almacenar y eliminar el material de acuerdo con la reglamentación vigente sobre residuos.</p>
Nafta (Hidrocarburo constituyente de la gasolina)	<p>Medidas de emergencia a tomar si hay derrame del material Eliminar toda fuente de ignición y evite, si ello es posible, fugas adicionales del material. Evitar el ingreso a cursos de agua y espacios confinados. Alejar a los curiosos y no permitir fumar.</p> <p>Equipo de protección personal para atacar la emergencia Usar equipo de protección respiratoria autónoma de presión positiva, máscara Full- Face con filtros para vapores orgánicos, ropa de protección química, botas de goma y guantes de nitrilo o PVC.</p> <p>Precauciones a tomar para evitar daños al ambiente Recoger el producto en contenedores cerrados para evitar la evaporación del producto. No botar en cauces naturales o al alcantarillado</p> <p>Métodos de limpieza. Método de eliminación de desechos En pequeños derrames: absorber el líquido con arena o tierra, recoger los residuos y depositarlos en contenedores debidamente identificados para que sean dispuestos posteriormente, cumpliendo con las normas locales.</p>

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Usac. Químicas San Sebastián. *Derrames de productos químicos*. p. 126.

Tabla XXV. **Medidas que deben tomarse en caso de derrame accidental**

Producto	Observaciones
Aceite usado de motor	<p>Precauciones personales Evitar contacto con la piel y ojos.</p> <p>Protección personal Usar guantes de Poli cloruro de vinilo (PVC), neopreno o goma de nitrilo. Botas de seguridad de goma hasta las rodillas y chaqueta y pantalones de PVC. Usar gafas protectoras o máscara facial completas hay riesgo de salpicaduras.</p> <p>Precauciones ambientales Evitar la propagación o entrada del producto a cursos de agua o alcantarillados.</p> <p>Método de limpieza, derrames pequeños Absorber líquido con arena o tierra. Barrer y remover a un envase adecuado, claramente identificado de acuerdo a la reglamentación local.</p> <p>Métodos de limpieza, derrames grandes Evitar su extensión con arena, tierra u otro material de contención. Recuperar el líquido directamente o con un absorbente. Eliminar como si se tratara de derrame pequeño.</p>
Alcohol Metílico (Metanol)	<p>Precauciones personales: Evitar contacto con la piel y ojos.</p> <p>Protección personal Respirador con filtro para vapores orgánicos, gafas protectoras O máscara facial completas si hay riesgo de salpicaduras. Usar guantes de caucho o neopreno, delantal de caucho.</p> <p>Precauciones ambientales: Evitar la propagación o entrada del producto a cursos de agua o alcantarillados.</p> <p>Método de limpieza, derrames pequeños. Absorber líquido con arena o tierra. Barrer y remover a un envase adecuado, claramente identificado de acuerdo a la reglamentación local.</p> <p>Métodos de limpieza, derrames grandes. Evitar su extensión con arena, tierra u otro material de contención. Recuperar el líquido directamente o con un absorbente. Eliminar como si se tratara de derrame pequeño.</p>

Fuente: Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Usac. Químicas San Sebastián. *Derrames de productos químicos*. p. 127.

Incendio: fase de operación, riesgos de incendio y explosión

- Fuegos pequeños
 - Utilizar agua en forma de rocío o niebla.
 - Polvo químico seco.
 - Dióxido de carbono.
 - El AFFF (Aqueous Film Forming Foam = formadora de película acuosa) 3 % es un espumógeno compuesto por fluorocarburos e hidrocarburos mezclados con disolventes y estabilizadores de mezcla.

Cuando es posible, es conveniente utilizar varios extintores al mismo tiempo, en lugar de usarlos de una por vez.

- Se debe tener sumo cuidado y estar atentos a la reiniciación del fuego, para ello, al alejarse del lugar debe hacerse siempre dándole la espalda al fuego.
- Fuegos grandes
 - Utilizar agua en forma de rocío o niebla
 - Espuma química
 - No usar chorro de agua directa
- Incendio por fugas en las líneas de aceite térmico

En estos casos se activarán las alarmas contra incendios, de inmediato se informará al operador que efectúe las maniobras de cierre de válvulas

con el fin de evitar el paso de aceite por esa línea (aislamiento de línea), para dicha maniobra es necesario que la persona conozca bien el sistema de tuberías. Si esto no fuera posible, se deberán apagar las bombas y otros equipos del sistema.

- Incendio por ignición de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos

Se activarán las alarmas contra incendio, el operador indicará el área y tanque afectado, inmediatamente se notificará a las autoridades externas competentes para que se movilicen al lugar, el operador deberá parar todas las operaciones tanto como cerrar las válvulas de alimentación de combustible, se procederá a aislar la zona a 800 metros a la redonda y no dejar transitar ninguna persona ni vehículo automotor por el área, debido a que transitan muchos camiones cisternas y junto con ellos se evacuará al personal que se encuentre cerca de la zona, se activarán los sistemas de *sprinklers* agua espuma para evitar que los demás tanques y zonas cercanas al lugar se incendien.

- Incendios de origen eléctrico alta y baja tensión

Se deben activar las alarmas inmediatamente, el operador deberá identificar e informar a los responsables de la planta el área y tipo de incendio que se desarrolla, en el caso de un incendio por causas eléctricas, se deberá desconectar la energía eléctrica de todos los equipos, y aislar la planta del interruptor principal que tenga la falla.

- Zona de seguridad

En todo incendio se debe de establecer una zona de seguridad, en la cual los bomberos industriales actuantes pueden operar correctamente, bajo estrictas normas de seguridad, libre de obstáculos, con actitudes defensivas de posibles eventos que puedan originarse en el desarrollo del incendio, como ser, colapsos estructurales, explosiones, derrames, propagaciones súbitas, otros.

Tabla XXVI. **Medidas de lucha contra incendios cutter**

Producto	Observaciones
Cutter (Bunker núm. 4 al núm. 6)	<p>Medios de extinción</p> <p>Espuma, polvo químico seco, polvo polivalente ABC, dióxido de carbono.</p> <p>Usar pulverización de agua para.</p> <p>Enfriar las superficies expuestas al fuego.</p> <p>Proteger del fuego al personal. Cuando se use pulverizador de agua hay que tomar en cuenta el agua hirviendo que se produce cuando la temperatura del líquido llega al punto de ebullición.</p> <p>Los bomberos deben utilizar ropa protectora completa y un aparato de respiración con presión positiva.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad Saras Energía, S. A.

Tabla XXVII. **Medidas de lucha contra incendios nafta**

Producto	Observaciones
<p>Nafta (Hidrocarburo constituyente básico de la gasolina)</p>	<p>Medidas para combatir el fuego Agentes de extinción Polvo, espuma resistente al alcohol, agua en grandes cantidades, dióxido de carbono. En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua. Equipos de protección personal para atacar el fuego Usar equipo de protección respiratoria, guantes de cuero y lentes de seguridad en fuegos pequeños. Para fuegos mayores, utilizar traje de bomberos, equipo de respiración autónomo de presión positiva, idealmente aluminizados para resistir altas temperaturas.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad COPEC.

Tabla XXVIII. **Medidas de lucha contra incendios gasóleo**

<p>Gasóleo (Hidrocarburo constituyente básico del Dísel)</p>	<p>Medios de extinción Espuma, polvo químico seco, polvo polivalente ABC, dióxido de carbono. Peligros de incendio y explosión Inflamable. El líquido puede emitir vapores a temperatura ambiental elevada, formando mezclas inflamables. Los vapores se acumulan al nivel del suelo y pueden acceder, a través de drenajes u otros pasos subterráneos, a fuentes de ignición desde el punto de escape. Procedimiento especial de lucha contra incendios Aplicar niebla de agua o agua pulverizada para enfriar las superficies expuestas al fuego (ej.: contenedores) y para proteger al personal. Únicamente personal entrenado en lucha contra incendios deberá utilizar las mangueras contra incendios. Para el personal que combate el incendio y expuesto a gases y altas temperaturas, se precisa protección respiratoria y ocular, guantes y trajes resistentes al calor Productos de combustión peligrosos Humo, óxidos de azufre y monóxido de carbono, en caso de combustión incompleta.</p>
---	--

Fuente: hojas de datos de seguridad COPEC.

Tabla XXIX. **Medidas de lucha contra incendios aceite**

Producto	Observaciones
Aceite usado de motor	<p>Riesgos específicos: Es probable que como resultado de su combustión se forme una nube de partículas sólidas y líquidas de gases que contendrán monóxido de carbono, óxidos de azufre y otros compuestos orgánicos e inorgánicos no identificados</p> <p>Métodos de extinción. Espuma y polvo químico seco. Se puede usar dióxido de carbono, arena o tierra solo para fuegos pequeños.</p> <p>Métodos de extinción impropios: Nunca usar chorro de agua. Debe evitarse el uso de extintores de Halon por razones ambientales.</p> <p>Equipos de protección Debe usarse equipo de protección adecuado, incluyendo equipos de respiración, para aproximarse a un fuego en un espacio confinado.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad CEP SA MOBIL.

Tabla XXX. **Medidas de lucha contra incendios petróleo crudo**

Producto	Observaciones
Petróleo Crudo	<p>Riesgos específicos: El personal deberá mantenerse siempre de espaldas al viento y alejado de los depósitos y de las zonas bajas. Evitar el contacto con los ojos y la piel, evitar respirar vapores, garantizar una adecuada ventilación. No comer, beber ni fumar durante el trabajo.</p> <p>Métodos de extinción. Espuma, polvo químico, agua pulverizada y dióxido de carbono.</p> <p>Métodos de extinción impropios: Nunca usar chorro de agua. Debe evitarse el uso de extintores de Halon por razones ambientales.</p> <p>Equipos de protección Usar gafas de seguridad con protección lateral, usar guantes de seguridad y usar ropa de trabajo adecuada. Usar equipos de protección en lugares pocos ventilados.</p>

Fuente: hoja de datos de seguridad Instituto Mexicano del Petróleo.

Tabla XXXI. **Medidas de lucha contra incendios**

Producto	Observaciones
<p>Alcohol Metílico (Metanol)</p>	<p>Métodos de extinción.</p> <p>Incendio pequeño Polvo, dióxido de carbono, agua pulverizada, espuma regular.</p> <p>Incendio mayor Agua pulverizada, espuma AFFF resistente al alcohol. Con sistema dosificador de espuma al 3 % o 6 %</p> <p>En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.</p> <p>Productos de descomposición peligrosos Gases/vapores tóxicos: monóxido y dióxido de carbono y formaldehído.</p> <p>Instrucciones El alcohol metílico se quema con una llama limpia incolora que es casi invisible a la luz del día.</p> <p>Colocarse del lado del viento, delimitar la zona de peligro.</p> <p>Las concentraciones de alcohol metílico superiores al 25 % en agua pueden reencenderse.</p> <p>Enfriar depósitos con agua pulverizada /llevar a lugar seguro.</p> <p>Tener en cuenta los líquidos de extinción tóxicos. Moderar el uso de agua, si es posible contenerla.</p> <p>Equipo de protección especial para los bomberos. Llevar equipo de respiración autónomo de presión positiva con careta completa: llevar ropa de protección adecuada.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad CORQUIVEN, C. A.

- Sismos
 - Conservar la calma.
 - Notificar de inmediato al gerente de la planta piloto o al operador la situación existente.
 - Coordinar con el encargado de las tuberías el paro inmediato del sistema de aceite térmico.
 - Desconectar la energía eléctrica de todos los equipos.
 - Localizar las rutas de evacuación.
 - Evacuar a las personas de forma ordenada.
 - Alejarse de las líneas de transmisión de energía eléctrica caídas o colgantes.
 - Alejarse de las líneas de tubería que contengan alta presión, alta temperatura de líquido, gas o productos tóxicos.
 - Una vez pasado el peligro inicial, prepararse para los sismos secundarios.
 - Mantener comunicación por radio con los jefes de otros departamentos para coordinar operaciones de evacuación y primeros auxilios.

- Escuchar radio transmisiones en las cuales pueda enterarse de la situación tras el sismo inicial y la señal de que ha pasado el peligro.

7.2. Seguridad industrial y ambiental

En la planta piloto la seguridad industrial es una exigencia de elevado rango. Otras acciones que se realizan en la materia son:

Exámenes médicos periódicos para verificar el estado de salud de los trabajadores.

- Campañas de motivación hacia la seguridad industrial.
- Capacitación y simulacros contra incendios.
- Cursos de capacitación para la selección y uso del equipo de seguridad.
- Equipo de protección personal consistente en: casco, guantes, calzado de seguridad, anteojos y pantallas de protección ocular y facial, y equipos de protección respiratoria.
- Uniformes de trabajo de algodón, otros.

En materia de protección ambiental, se dirige a la prevención y principalmente, a la conservación del medio ambiente. La seguridad industrial y protección ambiental es responsabilidad de todos los trabajadores y empleados de la planta piloto.

- Plan de seguridad humana

Primeros auxilios referidos al manejo de: cutter (bunker de núm. 4 al núm. 6) gasóleo, naftas.

Tabla XXXII. **Primeros auxilios para entrenamiento por cutter**

Producto	Procedimiento
Cutter (Bunker núm. 4 al núm. 6)	<p>Ingestión Nunca de nada en la boca a una persona en estado inconsciente o convulsionado. Si ingirió no induzca vómito. Si la víctima presenta náuseas, posicione la cabeza sobre las rodillas para evitar la aspiración. Lavado gástrico es contraindicado por peligro de aspiración.</p> <p>Inhalación Trasladar al afectado al aire fresco. Aplicar respiración artificial en caso de insuficiencia respiratoria.</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas. Lavar con agua abundante y jabón el área afectada. Y si ocurre enrojecimiento o ampollas consulte al médico inmediatamente.</p> <p>Contacto con los ojos Cuidadosamente levante el párpado y lave inmediatamente en forma continua con abundante agua por lo menos 15 minutos. Requerir asistencia médica.</p>
Gasóleo (Hidrocarburo constituyente básico del Diesel)	<p>Ingestión No provocar vómitos ya que es importante que no acceda a los pulmones cantidad alguna del producto (aspiración) Mantener al paciente en reposo. Requerir asistencia médica.</p> <p>Inhalación En situaciones de emergencia emplear la adecuada protección respiratoria para retirar a la víctima afectada del lugar de exposición. Administrar respiración artificial se ha cesado su respiración. Mantener al paciente en reposo. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con la piel Aclarar inmediatamente con grandes cantidades de agua, empleando jabón si está disponible. Retirar las prendas contaminadas, incluido el calzado, una vez iniciado el lavado. Si persiste la irritación, avisar al médico.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Manteniendo los párpados abiertos. Acudir al oftalmólogo en caso de irritación persistente.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad Spartan Chemical Company, Inc.

Tabla XXXIII. **Primeros auxilio para entrenamiento por naftas**

Producto	Procedimiento
Naftas (Hidrocarburo constituyente básico de la gasolina)	<p>Ingestión Dar agua o leche a beber, para facilitar el enjuague. No induzca el vómito. Solicitar asistencia médica.</p> <p>Notas para el médico tratante En caso de ingestión considerar un lavado intestinal, si es que no hay signos de daño estomacal.</p> <p>Inhalación Trasladar al afectado al aire fresco. Aplicar respiración artificial en caso de insuficiencia respiratoria. Requerir asistencia médica.</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas. Lavar con agua abundante y jabón el área afectada. Desechar la ropa y los zapatos contaminados.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Manteniendo los párpados abiertos. Acudir al médico.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad COPEC.

Tabla XXXIV. **Primeros auxilios para entrenamiento por aceite térmico**

Producto	Procedimiento
<p>Aceite térmico</p>	<p>Ingestión No hacen falta medidas específicas de primeros auxilios. No inducir el vómito. A modo de precaución, procurar asesoramiento médico</p> <p>Inhalación No hacen falta medidas específicas de primeros auxilios. Si ha sido expuesta a niveles excesivos de la sustancia en el aire, trasladar a la persona expuesta al aire fresco. Procurar atención médica si sobreviene tos o molestias al respirar.</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas. Lavar con agua abundante y jabón el área afectada. Desechar la ropa y los zapatos contaminados o limpiarlos a cabalidad antes de volverlos a usar.</p>
<p>Agua Oxigenada (Peróxido de hidrógeno al 50%)</p>	<p>Contacto con los ojos A modo de precaución. Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Manteniendo los párpados abiertos. Acudir al oftalmólogo en caso de irritación persistente.</p> <p>Ingestión Si la víctima está consciente, hacer beber inmediatamente gran cantidad de agua. No inducir al vómito. Consultar inmediatamente al médico.</p> <p>Inhalación Remover a la persona afectada al aire libre. Consultar inmediatamente al médico.</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas bajo la ducha de emergencia. Lavar inmediatamente y efectivamente con agua el área de derrame.</p> <p>Contacto con los ojos Enjuagar inmediatamente con abundante agua, incluso bajo los párpados, por 15 minutos. Acudir al oftalmólogo en caso de irritación persistente.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad Chevron Products Company.

Tabla XXXV. **Primeros auxilios para entrenamiento por alcohol metílico**

Producto	Procedimiento
Alcohol Metílico (Metanol)	<p>Ingestión Lavar la boca con agua. No provocar el vómito. Buscar atención médica. No dejar ingerir nada a una persona inconsciente. Puede provocar irritación gastrointestinal.</p> <p>Inhalación Llevar a la persona fuera de la zona contaminada y a un lugar fresco. Buscar atención médica..</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas. Lavar con agua abundante y jabón el área afectada. Desechar la ropa y los zapatos contaminados o limpiarlos a cabalidad antes de volverlos a usar.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Levantar y separa los párpados para asegurar la remoción del químico.</p>
Nitrógeno Gaseoso	<p>Ingestión No aplicable.</p> <p>Inhalación Retirar a la persona a un lugar bien ventilado, si es necesario aplicar respiración artificial</p> <p>Contacto con la piel Quitar las ropas contaminadas. Lavar con agua abundante y jabón el área afectada. Requerir asistencia médica en caso de irritación persistente.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar con abundante agua tibia, BUSCAR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.</p>

Fuente: hoja de datos de seguridad CORQUIVEN, C. A.

Tabla XXXVI. **Primeros auxilios para entrenamiento por soda cáustica**

Producto	Procedimiento
<p>Soda Cáustica (Hidróxido de sodio)</p>	<p>Ingestión</p> <p>Nunca dar nada en la boca a una persona inconsciente o con convulsiones. Si tragó el producto, no induzca el vómito. Dar grandes cantidades de agua. Si vomita espontáneamente, mantenga las vías aéreas despejadas. De más agua cuando haya dejado de vomitar. BUSQUE ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE.</p> <p>Inhalación</p> <p>Si ocurre una emergencia, llevar al afecto a un área descontaminada. Dar respiración artificial si no respira. Si la respiración es dificultosa, se debe administrar oxígeno por persona calificada para que administre los Primeros Auxilios (reanimación cardiopulmonar o desfibrilador externo automático) y LLAME LOS SERVICIOS DE URGENCIA INMEDIATAMENTE.</p> <p>Contacto con la piel</p> <p>Enjuagar inmediatamente con agua las zonas contaminadas con agua y jabón. Lavar y secar la ropa y zapatos contaminados antes de volver a utilizarlos. BUSCAR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE</p> <p>Contacto con los ojos</p> <p>Lavar inmediatamente los ojos con un chorro de agua directo durante al menos 15 minutos y mantenga abiertos los párpados para garantizar que se aclare todo el ojo y los tejidos del párpado. Enjuagar los ojos en cuestión de segundos es esencial para lograr la máxima eficacia. BUSCAR ATENCIÓN MÉDICA INMEDIATAMENTE</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad Productos Químicos Monterrey, S. A.

Tabla XXXVII. **Primeros auxilios para entrenamiento por sulfato de cobre**

Producto	Procedimiento
Sulfato de cobre	<p>Ingestión</p> <p>La ingestión de este producto causa severas quemaduras a las membranas mucosas de la boca, esófago y el estómago. Hemorragias gástricas, náuseas, vómito, dolores estomacales y diarrea pueden ocurrir. Si el vómito no ocurre inmediatamente envenenamiento sistemático por cobre puede estar ocurriendo, los síntomas incluyen dolores de cabeza, escalofríos, pulso acelerado, convulsiones, parálisis y coma. Esto ocurrirá si ingiere grandes cantidades de sulfato de cobre.</p> <p>Inhalación</p> <p>Mover a la víctima a donde se respire aire fresco. Aplicar respiración artificial si la víctima no respira. Suministrar oxígeno húmedo a presión positiva durante media hora si respira con dificultad. Mantener a la víctima en reposo y con temperatura corporal normal. Obtener atención médica inmediata.</p> <p>Contacto con la piel</p> <p>Lavar inmediatamente con gran cantidad de agua y jabón durante por lo menos 15 minutos. Quitar la ropa contaminada incluyendo zapatos, una vez que se ha comenzado el lavado. Lavar la ropa antes de usar. Procurar atención médica inmediata.</p> <p>Contacto con los ojos</p> <p>Lavar inmediatamente los ojos con agua en abundancia durante mínimo 20 minutos, manteniendo los párpados abiertos para asegurar el enjuague de toda la superficie del ojo. El lavado de los ojos durante los primeros segundos es esencial para un máxima de efectivamente. Acudir inmediatamente al médico.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad PROQUIMSA.

Tabla XXXVIII. **Primeros auxilios referidos al manejo de: aceite usado de motor**

Producto	Procedimiento
Aceite usado de motor	<p>Ingestión No provocar vómitos ya que es importante que no acceda a los pulmones cantidad alguna del producto (aspiración) Mantener al paciente en reposo: Requerir asistencia médica.</p> <p>Inhalación En situaciones de emergencia emplear la adecuada protección respiratoria para retirar a la víctima afectada del lugar de exposición. Administrar respiración artificial si ha cesado su respiración. Mantener al paciente en reposo. Solicitar atención médica.</p> <p>Contacto con la piel Aclarar inmediatamente con grandes cantidades de agua, empleando jabón si está disponible. Retirar las prendas contaminadas, incluido el calzado, una vez iniciado el lavado. Si persiste la irritación, avisar al médico.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar con abundante agua durante 15 minutos. Manteniendo los párpados abiertos. Acudir al oftalmólogo en caso de irritación persistente.</p>

Fuente: hojas de datos de seguridad CEPESA MOBIL.

Tabla XXXIX. **Primeros auxilios para entrenamiento por petróleo crudo**

Producto	Procedimiento
Petróleo Crudo	<p>Ingestión No inducir vómito. Enjuagar la boca y conseguir urgentemente atención médica.</p> <p>Inhalación Respirar profundamente aire fresco. Consultar a su médico si es necesario.</p> <p>Contacto con la piel Quitarse la ropa y lavarse bien con jabón. No utilizar disolventes orgánicos.</p> <p>Contacto con los ojos Lavar el ojo lo antes posible y manteniendo el párpado abierto con un chorro de agua fresca durante 15 minutos. Si se produce irritación visitar médico.</p>

Fuente: hoja de datos de seguridad Instituto Mexicano del Petróleo.

7.3. Plan de seguridad humana

Tanto en la fase de construcción como en la fase de operación de la Planta Piloto, se cumple con las disciplinas de seguridad y el conjunto de normas técnicas y disposiciones nacionales o internacionales aplicables, tendientes a prevenir, eliminar o controlar las posibles causas de accidentes, daños al ambiente, riesgos industriales o enfermedades ocupacionales a las que está expuesto el trabajador y las instalaciones.

Dentro del plan de seguridad industrial está establecido que los trabajadores involucrados en la fase de operación estén afiliados al Instituto Guatemalteco de Seguridad Social (IGSS).

- Actividades de seguridad industrial

El personal de la planta piloto, cuenta con manuales específicos de seguridad industrial y ambiental. Cursos de primeros auxilios: a todo el personal se le impartirán periódicamente cursos de primeros auxilios que involucrarán demostraciones y prácticas que informarán sobre los siguientes temas:

Tabla XL. **Dolencias y emergencias**

Asfixia	Lesiones de la espalda y cuello
Convulsiones / cortadas menores	Lesiones de los ojos
CPR (por sus siglas en inglés Resucitación Cardiopulmonar)	Quemaduras
Descargas eléctricas	Respiración artificial
Emergencias por causa del calor	Sangrado
Envenenamiento químico	<i>Shock</i>
Fatiga y calambres	Venenos aspirados

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLI. **Botiquín de primeros auxilios para la planta**

Acetaminofén
Ácido acetilsalicílico
Agua oxigenada
Alcohol
Algodón
Crema de hidro-cortisona para picaduras o inflamaciones locales
Esparadrapo
Gasas estériles
Guantes de goma desechables
Hisopos
Jabón antiséptico
Pinzas
Sobre de ungüento antibiótico
Termómetros
Tijeras
Vendas

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES

1. La guía para el montaje de la planta piloto se enfoca en dos secciones, una instalación de separación primaria y una instalación de desulfurización de nafta y gasóleo.
2. La refinación de aceite usado de motor y de uso industrial consiste en un pretratamiento de centrifugado, donde se separa el agua y lodos contaminados, al terminar esta etapa se realiza la extracción de partículas gruesas mediante filtración gruesa, remoción de partículas finas, mediante procesos de sedimentación y centrifugación y por último se realizan pruebas químicas y físicas donde se detectan, agua, combustible y anticongelante presente en el aceite, y determinan si las concentraciones exceden los límites máximos establecidos.
3. En la planta piloto se realiza para el petróleo crudo el proceso de destilación primaria que consiste en vaporizar la mezcla de líquidos por calentamiento, llevándolo a un estado gaseoso, luego se condensa el vapor por enfriamiento y se lleva a estado líquido para luego separarlo por fracciones, cada fracción que se obtiene es un combustible de características distintas.
4. Los posibles impactos durante la fase de operación de la planta piloto, están determinados por el aumento del tránsito vehicular y humano en el área.

5. Emisiones de gases, por las descargas normales de vapores a la atmósfera ocasionan contaminación en el aire.
6. El riesgo de contaminar el agua subterránea y el suelo es mínimo por la infraestructura que se construyó para evitarlo.
7. El plan de contingencia para la planta está diseñado para los riesgos de derramamiento menor y mayor de combustible, fuegos pequeños y grandes, incendio por fugas en las líneas de aceite térmico, incendio por ignición de los tanques de almacenamiento de hidrocarburos y por último por incendios de origen eléctrico alta y baja tensión.

RECOMENDACIONES

1. La planta piloto muestra resultados satisfactorios por lo que se puede implementar este diseño en otras empresas que trabajen con aceites usados.
2. Diseñar procedimientos para la operación de la planta piloto.
3. Capacitar al personal operativo y de mantenimiento.
4. Realizar una evaluación previa al mantenimiento preventivo de la planta.
5. Implementar en la medida de lo posible como parte de una mejora continua integral, equipo de automatización que pueda facilitar las tareas descritas para llevar un mejor control de las mismas.

BIBLIOGRAFÍA

1. *Atlas climatológico de la República de Guatemala*. [Guatemala]: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología INSIVUMEH. 1988. 19 p.
2. *Diccionario Geográfico de Guatemala*. [Guatemala]: Instituto Geográfico Nacional. 1976. 833 p.
3. Guatemala. Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Número 109-97. *Diario oficial*, 21 de julio de 1999, p. 45.
4. _____. Ley de Hidrocarburos, Decreto Número 109-83. *Diario oficial*, 16 de diciembre de 1983, núm. 74, p. 121.
5. *Guía de términos de referencia para la elaboración de un estudio de evaluación de impacto ambiental 2004*. [Guatemala]: Dirección General de Gestión Ambiental y Recursos Naturales. 2004. 6 p.
6. Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología. *Mapas* [en línea]. Guatemala: INSIVUMEH, [ref. de 16 de septiembre de 2008]. Disponible en Web: <<http://www.insivumeh.gob.gt>>.
7. *Libro de consulta para evaluación ambiental: volumen III*. [España]: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento Banco Mundial. 1991. 87 p.

8. *Manual de evaluación ambiental estratégica*. [Guatemala]: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN. 2011. 36 p.
9. *Perfil nacional de manejo racional de sustancias químicas y desechos peligrosos 2009*. [Guatemala]: Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2009. 159 p.
10. *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala 2004*. [Guatemala]: Programa Ambiental Regional para Centroamérica PROARCA, 2004. 80 p.