



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Artes en Energía y Ambiente

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN
INGENIO AZUCARERO, ESCUINTLA**

Ing. Jorge Estuardo Morales Sitaví

Asesorado por el Mtro. Ing. Angel Rodrigo Recinos Castellanos

Guatemala, marzo de 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE
LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN
INGENIO AZUCARERO, ESCUINTLA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ING. JORGE ESTUARDO MORALES SITAVÍ
ASESORADO POR MTRO. ING. ANGEL RODRIGO RECINOS CASTELLANOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRO EN ARTES EN ENERGÍA Y AMBIENTE

GUATEMALA, MARZO DE 2023

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando Jose Paz González
SECRETARIA	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Marvin Eduardo Mérida Cano
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:

PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN INGENIO AZUCARERO, ESCUINTLA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado con fecha 20 de junio de 2022.



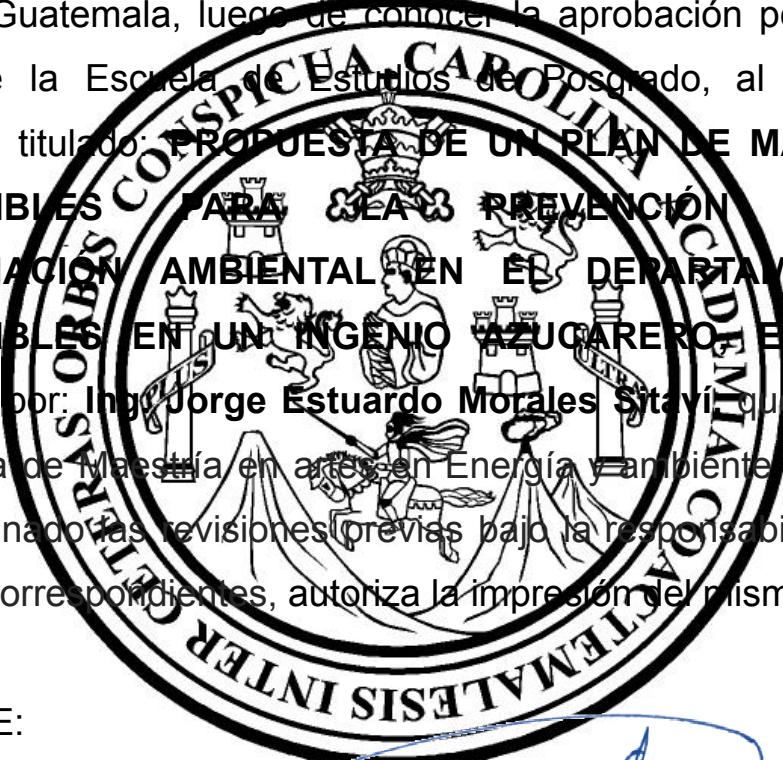
Ing. Jorge Estuardo Morales Sitaví

Decanato
Facultad de Ingeniería
24189101- 24189102
secretariadecanato@ingenieria.usac.edu.gt

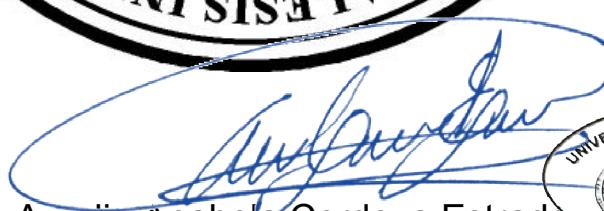
LNG.DECANATO.OI.331.2023

La Decana 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 Estudios de Posgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **PROUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN INGENIO AZUCARERO, ESCUINTLA**, presentado por: **Inga Jorge Estuardo Morales Sitayi** que pertenece al programa de Maestría en arces en Energía y ambiente después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada



Decana



Guatemala, marzo de 2023

AACE/gaoc



Guatemala, marzo de 2023

LNG.EEP.OI.331.2023

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor, verificar la aprobación del Coordinador de Maestría y la aprobación del Área de Lingüística al trabajo de graduación titulado:

**“PROUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA
PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL
DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN INGENIO AZUCARERO,
ESCUINTLA”**

presentado por **Ing. Jorge Estuardo Morales Sitaví** correspondiente al programa de **Maestría en artes en Energía y ambiente**; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Mtro. Ing. Edgar Dario Alvarez Cotí
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería





Guatemala, 7 de noviembre de 2022

M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrado
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el **INFORME FINAL y ARTÍCULO CIENTÍFICO** titulado: **PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN INGENIO**

AZUCARERO, ESCUINTLA del estudiante **Jorge Estuardo Morales Sitavi** quien se identifica con número de carné **201020488** del programa de Maestría En Energía Y Ambiente

Con base en la evaluación realizada hago constar que he evaluado la calidad, validez, pertinencia y coherencia de los resultados obtenidos en el trabajo presentado y según lo establecido en el **Normativo de Tesis y Trabajos de Graduación aprobado por Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería Punto Sexto inciso 6.10 del Acta 04-2014 de sesión celebrada el 04 de febrero de 2014**. Por lo cual el trabajo evaluado cuenta con mi aprobación.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.



Mtro. Ing. Juan Carlos Fuentes Montepeque
Coordinador
Maestría En Energía Y Ambiente
Escuela de Estudios de Postgrado

Guatemala, 7 de noviembre de 2022

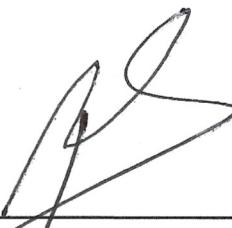
M.A. Ing. Edgar Dario Alvarez Coti
Director
Escuela de Estudios de Postgrados
Presente

Estimado M.A. Ing. Alvarez Coti

Por este medio informo a usted, que he revisado y aprobado el Trabajo de Graduación y el Artículo Científico: "**PROPUESTA DE UN PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES PARA LA PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL EN EL DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES EN UN INGENIO AZUCARERO, ESCUINTLA**" del estudiante Jorge Estuardo Morales Sitavi del programa de **Maestría En Energía Y Ambiente** identificado(a) con número de carné 201020488.

Agradeciendo su atención y deseándole éxitos en sus actividades profesionales me suscribo.

Angel Rodrigo Recinos Castellanos
Ingeniero Mecánico
Colegiado No. 13,946



Mtro. Ing. Angel Rodrigo Recinos Castellanos
Colegiado No. 13946
Asesor de Tesis

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por sus infinitas bendiciones, ser parte fundamental en mi vida, y permitirme alcanzar esta meta profesional.
Mis abuelos	Santiago Sitaví (q. e. p. d.) por todos sus consejos y apoyo. Mercedes Gómez, por ser el pilar de mi vida, por todo su amor de madre y apoyo incondicional.
Mis padres	Mario Morales y María Elena Sitaví, por todo su amor, consejos, motivación y apoyo incondicional para alcanzar una meta profesional más.
Mis tíos	Ángela, Blanca Estela, Mercedes y Flor Sitaví, Por todo su amor de madre y su incondicional apoyo, facilitando el poder alcanzar esta meta.
Mis hermanos	Angelica, Stephany, y Mario Morales. Victoria y Jose Perez.
Mi esposa	Cynthia Teni, por todo su amor, comprensión, apoyo y motivación.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mí casa de estudios, permitiendo alcanzar un título profesional más.
Mi asesor	Mtro. Ing. Angel Rodrigo Recinos Castellanos por su asesoría en la elaboración del presente trabajo.
Mis amigos	Lic. Jose Luis Garrido y Mtro. Ing. Jose Andres Lam Ceballos, por su apoyo y motivación para alcanzar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	V
LISTA DE SÍMBOLOS	IX
GLOSARIO	XI
RESUMEN	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	XV
OBJETIVOS	XIX
RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO	XXI
INTRODUCCIÓN	XXV
1. MARCO TEÓRICO	1
1.1. Diesel	1
1.2. Gasolina	2
1.3. Manejo de combustible	4
1.3.1. Buenas prácticas	4
1.3.2. Primero auxilios	5
1.3.3. Evaluación al personal	6
1.4. Contaminación ambiental por combustibles	7
1.4.1. Derrame de combustible en suelos	8
1.4.2. Derrame de combustibles en cuerpos de agua	8
1.5. Plan de manejo	8
1.5.1. Manejo de derrames	9
1.5.1.1. Equipo y material necesario	9
1.5.1.2. Área de descarga	10
1.5.1.3. Área de despacho	10
1.5.1.4. Durante el traslado	11

2.	SITUACIÓN ACTUAL	13
2.1.	Evaluación al personal	13
2.1.1.	Manejo de combustible	14
2.1.2.	Seguridad Industrial	21
2.1.3.	Medio ambiente	26
2.2.	Evaluación a los procesos	31
2.2.1.	Recepción	32
2.2.2.	Despacho	45
2.2.3.	Almacenamiento	50
2.3.	Prácticas ambientales	56
2.3.1.	Derrames	56
2.3.2.	Clasificación de residuos y desechos	60
2.3.3.	Cajas API	62
2.3.4.	Rejillas	63
2.4.	Ánalisis de resultados	65
3.	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	69
3.1.	Seguridad en el manejo de combustible	69
3.1.1.	Características de los combustibles	70
3.1.1.1.	Características de la Gasolina	72
3.1.1.2.	Características del diésel	73
3.1.2.	Manipulación de los combustibles	74
3.1.2.1.	Prevención al manipular diésel	74
3.1.2.2.	Prevención al manipular gasolina	76
3.2.	Equipos contra incendio	77
3.2.1.	Extintores	77
3.2.2.	Sistema contra incendio	81
3.3.	Seguridad industrial	84
3.3.1.	EPP	85

3.3.2.	Primeros Auxilios	86
3.4.	Buenas prácticas ambientales	88
3.4.1.	Clasificación de desechos y residuos	89
3.4.2.	Control de derrames de combustible	92
4.	RESULTADOS Y PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES	97
4.1.	Descarga de combustible	97
4.1.1.	Herramienta, equipo y documentación	97
4.1.2.	Previo a la descarga	99
4.1.3.	Durante la descarga	101
4.2.	Almacenamiento de combustible	103
4.2.1.	Instalaciones y equipo	104
4.2.2.	Durante el almacenamiento	105
4.3.	Despacho de combustible	107
4.3.1.	Previo al despacho de combustible	108
4.3.2.	Durante el despacho en <i>Rack</i>	109
4.3.3.	Durante el despacho en pistas	111
4.4.	Seguridad industrial	113
4.4.1.	Matriz de riesgos para seguridad y salud en el trabajo	113
4.5.	Riesgos ambientales	117
4.5.1.	Derrames de combustible	120
4.5.2.	Manejo de desechos y residuos	123
4.5.3.	Disposición final de desechos de combustible	125
4.6.	Inspección y revisiones al departamento	126
4.6.1.	Operación y mantenimiento Cajas API	130
	CONCLUSIONES	133

RECOMENDACIONES	135
REFERENCIAS	137

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Cantidad de personas y puestos evaluados.....	14
2.	Manejo de combustible, pregunta No. 1.....	15
3.	Manejo de combustible, pregunta No. 2.....	15
4.	Manejo de combustible, pregunta No. 3.....	16
5.	Manejo de combustible, pregunta No. 4.....	17
6.	Manejo de combustible, pregunta No.5.....	17
7.	Manejo de combustible, pregunta No.6.....	18
8.	Manejo de combustible, pregunta No. 7.....	19
9.	Manejo de combustible, pregunta No. 8.....	20
10.	Manejo de combustible, pregunta No. 9.....	21
11.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 1	22
12.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 2	22
13.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 3	23
14.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 4	24
15.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 5	25
16.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 6	25
17.	Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 7	26
18.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 1.....	27
19.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 2.....	28
20.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 3.....	28
21.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 4.....	29
22.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 5.....	30
23.	Evaluación medio ambiente, pregunta No. 6.....	30

24.	Evaluación medio ambiente, pregunta No.7	31
25.	Delimitación de área de recepción.....	33
26.	Cuarto de máquinas en área de recepción	34
27.	Estante organizador EPP y herramienta para recepción	35
28.	Repuestos usados en área de recepción.....	36
29.	Combustible de recepciones anteriores.....	37
30.	Recipiente para desecho de materiales con combustible	37
31.	Área de recepción sin iluminación	38
32.	Revisión de marchamos	40
33.	Liquidación de cisterna	44
34.	Área de despacho en pistas	46
35.	Derrame de combustible en pistas.....	47
36.	Fosa eléctrica en despacho de combustible	48
37.	Área de despacho de combustible en <i>Rack</i>	50
38.	Área de almacenamiento	51
39.	Tanques para almacenamiento de combustible diésel	52
40.	Alrededores del área de almacenamiento	53
41.	Alrededores del área de almacenamiento 2	54
42.	Fosa eléctrica en área de almacenamiento	55
43.	Derrame de combustible en área de despacho en pistas	57
44.	Derrame de combustible 2 en área de despacho en pistas	58
45.	Desechos resultado de derrame en pistas de despacho	59
46.	Bandeja de contención en cuarto de bombas	60
47.	Recipientes para clasificación de residuos	61
48.	Recipiente rebalsado con agua pluvial	61
49.	Cajas API.....	62
50.	Pozo de absorción	63
51.	Rejillas área de recepción.....	64
52.	Rejillas área de despacho en <i>rack</i>	65

53.	Capacitación seguridad en el manejo de combustibles	70
54.	Capacitación uso de extintor	78
55.	Partes de un extintor	80
56.	Práctica capacitación uso de extintor	81
57.	Capacitación sistema contra incendio	83
58.	Práctica capacitación sistema contra incendio	84
59.	Práctica, uso correcto EPP	86
60.	Capacitación primeros auxilios.....	87
61.	Capacitación, buenas prácticas ambientales	88
62.	Clasificación de residuos.....	90
63.	Contenedor para materiales con desechos de combustible.....	91
64.	Contenedor para desechos de derrames de combustible.....	92
65.	Instrucciones para la contención de derrames	122
66.	Contenedores para residuos	125

TABLAS

I.	EPP necesario por área	85
II.	Severidad en matriz de riesgo.....	114
III.	Probabilidad en matriz de riesgo.....	115
IV.	Matriz de nivel de riesgo	115
V.	Matriz de riesgos	116
VI.	Matriz de leopold	119
VII.	Formato para inspección a instalaciones	127
VIII.	Formato para revisión de equipo y herramienta	128

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
gal	Galones
GPM	Galones por minuto
°	Grados
°C	Grados Celsius
kg/m	Kilogramos por metro
kg/m³	Kilogramos por metro cúbico
km/h	Kilómetros por hora
%	Porcentual
“	Pulgadas

X

GLOSARIO

API	Instituto Americano del petróleo - <i>American Petroleum Institute.</i>
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas de Materiales - <i>American Society for Testing and Materials.</i>
Caja API	Conjunto de cajas para la contención de un derrame a través de la separación de agua-aceite.
Dique	Muro perimetral colocado alrededor de tanques para combustible verticales, los cuales contienen un derrame, impidiendo que este se disperse en los alrededores.
Emulsión	Mezcla heterogénea de dos líquidos que no se pueden mezclar totalmente uno con el otro.
EPP	Equipo de protección personal.
Fosa Eléctrica	Fosa por donde se conduce el cableado eléctrico de manera subterránea.
ISO 45001:2018	Norma internacional para sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, enfocada para la

protección de los trabajadores y visitantes de una empresa, de accidentes y/o enfermedades laborales.

Kit	Siglas en inglés para definir un conjunto de artículos.
Kolor Kut	Referencia de marca a las pastas a utilizar para la medición y detección de agua en el combustible.
Matriz Leopold	Método cualitativo para la evaluación de impacto ambiental.
Petroquímico	Químicos transformados a través del petróleo crudo.
Pozo de absorción	Permite infiltrar agua en espacios reducidos, a través de materiales como grava o piedrín. Instalado posterior a las cajas API.
Rack	Estructura metálica para abastecer de combustible a camiones cisterna.
Slug	Refiere a combustible contaminado o en malas condiciones para su uso.
UL 142	Término para indicar que un material es seguro y ha sido probado y evaluado en relación con propiedades y peligros específicos relacionados a los combustibles.

RESUMEN

El Departamento de Combustible de un ingenio azucarero es el responsable del almacenamiento, despacho y recepción de diésel así como de gasolina para las operaciones de las diferentes áreas que así lo requieran dentro del Ingenio, y por las grandes cantidades de estos materiales que se manejan, se tiene una alta posibilidad de incidentes o accidentes que afecten a la integridad de las personas, al ambiente y al patrimonio de la empresa, lo cual afectaría la continuidad operativa del departamento y de la empresa.

Por ello se genera una propuesta de un plan de manejo de combustible, el cual permitirá a través de las buenas prácticas en el manejo del diésel y gasolina, así como las buenas prácticas ambientales, reducir la posibilidad de incidentes o accidentes, relacionados a negligencias en el manejo de combustible, al realizar las diferentes actividades que conlleva la operación del departamento.

El plan se desarrolla con base a las definiciones teóricas ya establecidas para el manejo de combustible, así como una evaluación teórica del personal como a los procesos que involucran las principales actividades en el manejo de diésel y gasolina, donde a través del resultado de estas, se procedió con una fase de capacitación a todo el personal con información esencial fortalecer y brindar conocimiento sobre el manejo de combustibles al personal, para finalmente emitir un normativo para la realización de estas actividades, las cuales conformarán un plan de manejo de combustible.

Brindando con dicho plan, la importancia que tiene el realizar el manejo de diésel y gasolina con base a buenas prácticas en el manejo de estos, así como las buenas prácticas ambientales, las cuales, en conjunto, brindan una continuidad operativa y, sobre todo, un buen cuidado del medio ambiente, a través de áreas y medidas seguras para el personal.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día es importante contar con un plan para el manejo adecuado y seguro de los combustibles, el cual permita evaluar al personal y la calidad en la que se realizan las actividades, con el afán de estandarizar prácticas, incrementar la eficiencia operativa y fortalecer los controles actuales para prevenir una contaminación ambiental.

En el Departamento de Combustibles dentro de un ingenio azucarero en Escuintla, no se cuenta con un plan de manejo de combustibles lo cual hace que esta investigación sea valiosa para poder fortalecer los controles actuales y prevenir cualquier incidente que implique una contaminación ambiental.

El no contar con un plan de manejo de combustibles implica no contar con una estandarización en las prácticas de las diferentes actividades dentro del departamento, lo cual puede brindar una mala interpretación sobre cómo está capacitado el personal y sobre la calidad que realizan dichas actividades. Actualmente se cuentan con buenas prácticas y la intención es documentar, evaluar y fortalecer las mismas, implementando un plan de manejo de combustible el cual pueda ser una base para el manejo esté en las diferentes actividades dentro del departamento.

Cuando se habla de estandarizar la intención es poder alinear a todo el personal a seguir una misma línea en las actividades que realizan, lo cual hoy por hoy se realiza sin tener una base en donde el personal pueda confirmar si lo está realizando adecuadamente, y si por la urgencia de su operación en algún momento encuentra una manera de poder aumentar su eficiencia pero que pueda

afectar la calidad de su actividad y/o poner en riesgo su integridad así como la parte ambiental del entorno alrededor del departamento.

Adicional no se cuenta con una evaluación periódica documental hacia el personal y para las prácticas que realiza el mismo, regresado a la línea donde es necesario contar con el plan de manejo y garantizar que el personal siempre realizará sus actividades bajo los normativos establecidos.

En cuanto al tema de contaminación ambiental lo que se evidencia es una alta posibilidad de que ocurra un incidente por los volúmenes y la cantidad de personas que laboran en el departamento, y por ello es importante la línea de fortalecer los controles actuales con base a la estandarización, capacitación, evaluación y fortalecimiento de los controles y procedimientos actuales.

El estudio se pretende realizar en un ingenio azucarero ubicado en el Departamento de Escuintla, durante los meses de enero 2021 a octubre del año 2022, por medio de observación y recolección de datos.

Siendo la pregunta principal para esta investigación:

- ¿Se cuenta con un plan de manejo de combustibles en el Departamento de Combustibles de un ingenio azucarero, Escuintla?

Así también, se generan las preguntas complementarias de investigación:

- ¿Existen malas irregularidades en el manejo de combustibles que contribuyan a la contaminación ambiental en el Departamento de Combustible en un ingenio azucarero, Escuintla?

- ¿Existe estandarización en las prácticas de manejo de combustible en el departamento combustible de un ingenio azucarero, Escuintla?
- ¿Existe riesgo de contaminación ambiental ante la falta de un plan de manejo de combustibles?

OBJETIVOS

General

Establecer un plan de manejo de combustible a través de buenas prácticas en un ingenio azucarero, Escuintla

Específicos

1. Evidenciar los riesgos de contaminación ambiental ante la falta de un plan de manejo de combustibles en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero, Escuintla
2. Evaluar el uso de buenas prácticas operativas, con conocimiento en los procesos y la toma de acciones reactivas ante un suceso.
3. Examinar y capacitar personal sobre las buenas prácticas realizadas en todos los procesos para el manejo de combustible.

RESUMEN DEL MARCO METODOLÓGICO

El trabajo fue adaptado a un tipo de investigación descriptiva, esto con base al análisis y la evaluación realizada para la propuesta de un plan de manejo de combustible.

El diseño de la investigación fue de tipo no experimental transversal dado que los datos serán en un momento específico.

El enfoque de la investigación fue de tipo cualitativa, ya que dentro del plan de manejo de combustible que se está proponiendo, se busca recopilar y analizar información no enfocada numéricamente, implica comprender los conceptos, entrevistas al personal y evaluaciones a las prácticas.

Las variables estudiadas durante el proceso fueron: prácticas operativas en el manejo de combustible, conocimiento del personal en las actividades de manejo de combustible, y contaminación ambiental, con el fin de obtener resultados para el análisis de la investigación. Las definiciones pueden observarse en la tabla I.

El universo y la población de estudio estuvo comprendido en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero en el departamento de Escuintla.

- Criterios de inclusión
 - Área bajo responsabilidad del Departamento de Combustible en un ingenio azucarero. Escuintla.

- Colaboradores que estén involucrados en el manejo de combustible, dentro del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero.
- Prácticas que involucran el manejo de combustible, responsabilidad del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero.
- Criterios de exclusión
 - Áreas del ingenio azucarero que no estén bajo responsabilidad del Departamento de Combustibles.
 - Colaboradores que no sean parte del Departamento de Combustible o personas que no sean colaboradores del ingenio azucarero en Escuintla.
 - Prácticas que no involucren manejo de combustible dentro o fuera del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero en Escuintla.

Debido a que el universo de estudio es un solo elemento, que es el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero en el departamento de Escuintla, no aplica un muestreo probabilístico, y se considera como un muestreo no probabilístico y por conveniencia, debido a que la evaluación se realiza en el Departamento de Combustible.

El método utilizado para la recolección de datos fue la síntesis de la observación, ya que el plan consiste en observar las prácticas y actividades que

se realizan en las diferentes evaluadas para proponer un plan de manejo de combustible.

INTRODUCCIÓN

Un plan de manejo de combustible es una herramienta que brinda una guía al personal operativo y de supervisión, así como administrativo, para la correcta realización de actividades que involucran el manejo de diésel y gasolina, lo cual hace que este sea de gran utilidad dentro del departamento responsable de la distribución de estos materiales inflamables a las diferentes áreas de un ingenio azucarero.

Para el plan propuesto, inicialmente se identificaron aquellas prácticas inadecuadas que se realizaban dentro de las diferentes actividades, para posteriormente brindar enfoque a las buenas prácticas adicionales para el manejo de combustible, como para el medio ambiente, todo esto a través de la evaluación al personal como a los procesos del departamento.

El capítulo uno brinda teoría referente a los diferentes temas que se estarán abordando en la investigación, como lo son las características del diésel y gasolina, teoría sobre los procesos a evaluar, así como las definiciones para un plan de manejo, derrames, buenas prácticas ambientales y seguridad industrial, las cuales brindaran el conocimiento necesario para el entendimiento de la investigación y lo desarrollado en esta.

El segundo capítulo desarrolla la situación actual, la cual consiste en una evaluación teórica hacia el conocimiento del personal que labora en el departamento, así como una evaluación a los procesos para validar las prácticas que se realizan en el manejo de combustible, todo esto con la finalidad de poder evidenciar la necesidad de un plan de manejo hacia el diésel y gasolina.

El capítulo tres, identifica las diferentes acciones en el manejo de combustibles, evidenciando una capacitación basada en la oportunidad de mejorar aquellas malas o prácticas parciales, así mismo, brindar una actualización a todo el personal, sobre las buenas prácticas en el manejo de combustible como ambientales, para poder implementar un plan de manejo de combustible.

El capítulo cuarto plantea la propuesta de un plan de manejo de combustible, identificando a detalle una guía para la realización de las diferentes actividades que se llevan a cabo en el departamento, como lo son las áreas de almacenamiento, despacho y recepción, acompañadas de acciones a considerar en el ámbito de las buenas prácticas ambientales con base a una matriz de Leopold y normativos de seguridad industrial a través de una matriz de riesgos que identifica los peligros a los que se puede estar expuesto.

1. MARCO TEÓRICO

Los carburantes que se manejan en el Departamento de Combustible en un ingenio azucarero en el departamento de Escuintla son del tipo fósil, los cuales se originan naturalmente por la composición de fósiles animales y vegetales, se transforman y sedimentan a lo largo de los siglos, dando como resultado el petróleo, el gas y el carbón.

Con base a lo anterior y según la Secretaría de Energía (2015) en su blog, *¿Que son los hidrocarburos?* indica que los hidrocarburos son grupos de compuestos orgánicos los cuales están distribuidos principalmente por carbono e hidrógeno. Estos se catalogan como los compuestos más simples y pueden ser considerados como una substancia principal de las cuales se derivan todos los demás compuestos orgánicos. Estos pueden encontrarse en estado líquida natural (petróleo), líquida por condensación (líquidos del gas natural y condensados), gaseoso, y en estado sólido (hidratos de metano).

Por lo anterior, es importante entender que los combustibles Diesel y gasolina son hidrocarburos líquidos derivados del petróleo, los cuales serán motivo de evaluación en la presente investigación.

1.1. Diesel

Diesel: el Diesel se originó por experimentos que realizó el inventor Rudolf Diesel de nacionalidad alemana.

Denominado así a un hidrocarburo líquido el cual tiene una densidad de 850 kg/m³ a 15 °C, está compuesto por parafinas y es mayormente utilizado en motores de combustión interna. Este combustible libera un máximo de 10 % más de energía en comparación de la gasolina y por ello se ha convertido en el principal combustible en las grandes industrias, así como para maquinaria de mayor potencia.

Para este combustible se pueden definir los siguientes tipos según su calidad y de acuerdo con su uso:

- Diesel tipo A: Diesel de mayor calidad por su mayor refinación. Contiene una mayor cantidad de aditivos, lo que permite reducir la emisión de gases contaminantes y permite proteger de una mejor manera el sistema de inyección del motor.
- Diesel tipo B: en comparación al Diesel tipo A, este tiene una mayor cantidad de parafina y se utiliza mayormente en la industria agrícola, embarcaciones y motores en general. Al tener una menor filtración, este puede ser causante de problemas de mantenimiento en los vehículos.
- Diesel tipo C: Diesel que es utilizado especialmente en calderas de calefacción, al ser el de menor calidad se convierte en el más económico entre los tipos de combustibles. También por tener un alto contenido de pureza está prohibido el uso de este en vehículos o embarcaciones.

1.2. Gasolina

Combustible también conocido como nafta o bencina, la cual está hecha a través de una mezcla de líquidos inflamables y volátiles. La gasolina es

obtenida a través de la destilación del petróleo en bruto o crudo de petróleo. Su punto de ebullición se encuentra entre 70 y 180 °C, y es una mezcla de hidrocarburos entre 4 y 12 carbonos.

- Composición: esta puede variar hasta en 200 compuestos distintos en este combustible. Sin embargo, por norma, la gasolina se compone de las siguientes clases de hidrocarburos:
 - Parafinas
 - Olefinas
 - Compuestos aromáticos
- Densidad: la gasolina es un combustible que se encuentra en estado líquido, y la cual tiene una densidad de 680 kg/m³.
- Color: el color de la gasolina puede variar según su tipo y uso:
 - Gasolina regular: color naranja
 - Gasolina super: verde
 - Gasolina embarcaciones: morada
- Octanaje: el octanaje es un hidrocarburo con 8 átomos de carbono, entonces el octanaje es una unidad de medida para poder expresar la capacidad de antidetonante de la gasolina, para lo cual se toma como base una mezcla de hidrocarburos. En la actualidad con base al octanaje los tipos de gasolina más usada son:
 - Gasolina de 95 octanos
 - Gasolina de 98 octanos

1.3. Manejo de combustible

Los combustibles hoy en día son de suma importancia en nuestra vida cotidiana, y para un ingenio azucarero no es la excepción, ya que es de suma importancia en los diferentes procesos para la producción de azúcar.

Por ello Miranda (2013) en su artículo *Materiales para uso en la industria de energía*, indica que los combustibles son una clase especial dentro de toda la variedad de materiales que son estudiados, y esto debido a su carácter esencial para la existencia y sobrevivencia de la sociedad de hoy en día, la cual constantemente está requiriendo grandes cantidades de energía para poder producir nuestras diferentes necesidades, como lo son bienes, servicios, víveres, así como garantizar el funcionamiento de equipos, maquinaria y vehículos.

1.3.1. Buenas prácticas

Como se indica en el artículo *Concientización en el Manejo de Combustibles y Sustancias Peligrosas*, es importante el conocimiento sobre los potenciales riesgos que conlleva el manejar combustibles, y de las acciones que se necesitan tomar para realizar buenas prácticas en esta actividad.

Según Quiroga (2013)

La gran importancia de los hidrocarburos como proveedores de energía a través de las reacciones de combustión nos hace familiarizarnos con ellos, olvidándonos de su potencial peligrosidad, y de que pueden producir una reacción en cadena no controlada, produciendo explosión y/o incendio, como desafortunadamente sucede con frecuencia en la mayoría de los casos que no se toman en cuenta las prevenciones pertinentes, o porque

se desconoce el conocimiento sobre las reacciones de combustión, principalmente de compuestos orgánicos y en particular de los hidrocarburos. (p. 1)

En línea con lo mencionado por Quiroga (2013) es importante tomar en cuenta las siguientes condiciones para el manejo seguro de combustible:

- No guardar ni consumir alimentos o bebida dentro del área de combustibles.
- No fumar.
- No llevar a cabo trabajos de mantenimiento sin permiso correspondiente.
- No realizar actividad que involucren el uso de equipos electrónicos, que puedan generar cualquier fuente de ignición.
- Utilizar equipo de protección personal, según el área de la actividad.
- Evitar el contacto del combustible con la piel.
- Utilizar recipientes autorizados y asignados al manejo de combustibles.
- Accesos restringidos según el área de la actividad.
- Adecuado manejo de residuos, según regulaciones de la empresa.
- Ante cualquier incidente actuar según hoja de seguridad.

1.3.2. Primero auxilios

En un ingenio azucarero son miles de galones que son utilizados para el proceso de producción de caña de azúcar, y por ello es indispensable el manejo seguro de los mismos, ya que al no realizar las prácticas adecuadas se pone en riesgo la vida de los colaboradores de la empresa.

Según Trujillo (2010) indica que la explotación de petróleo, así como el uso de sus productos, y derivados ha generado grandes riesgos para la vida, así

como para la salud, la integridad física, y la seguridad, tanto de los trabajadores en sus actividades de producción, como de los usuarios que utilizan este producto.

El riesgo a la salud humana en el manejo de combustibles es muy alto, sobre todo si no se cuenta con las prácticas adecuadas y aun realizando buenas prácticas, el personal está expuesto a incidentes en el manejo de combustibles. Por ello es importante mencionar y tener en cuenta ante accidentes o incidentes en el manejo de combustibles lo siguiente:

- En caso de Inhalación: en caso de contacto con la piel: Lavar el área afectada con abundante agua y jabón. Si el combustible se impregna en la ropa se debe de retirar y colocar otra ropa limpia.
- En caso de contacto con los ojos: enjuagar con abundante agua por mínimo 10 minutos, manteniendo los párpados abiertos. De ser necesario se debe de consultar con un especialista.
- En caso de ingestión: beber abundante agua y no se debe provocar el vómito. No beber nada más que agua y de ser necesario consultar con un especialista.

1.3.3. Evaluación al personal

Las buenas prácticas en el manejo de combustible pueden ser la diferencia entre una actividad rutinaria o una cadena de accidentes e incidentes. Por lo cual es imprescindible que una persona sepa y sea constantemente evaluado sobre las prácticas que realiza en las actividades que involucran manejo de combustible.

Como menciona Reyes (2021) las buenas prácticas, así como aquellas experiencias exitosas son producto de las revisiones de los resultados que se han obtenido, siempre y cuando estas experiencias son compartidas, así como divulgadas en los distintos escenarios, por ello es importante validarlas dentro de la organización, para que estas puedan ser asimiladas, y utilizadas en nuevos procesos para una transferencia de conocimiento.

Por lo antes mencionado es fundamental que el personal pueda ser evaluado constantemente y por ello se debe de considerar lo siguiente:

- Entender la actividad a evaluar
- Formato o guía para evaluar la actividad
- Evaluación del orden del desarrollo de la actividad
- Revisión de condiciones de entorno de la actividad
- Revisión de EPP a utilizar en la actividad
- Tiempos de realización de la actividad
- Calidad en la realización de la actividad
- Conclusiones de la evaluación
- Retroalimentación del personal

1.4. Contaminación ambiental por combustibles

La contaminación por mal manejo de combustibles asociadas a fallas operativas que se puedan llevar a cabo en diferentes actividades donde se manipula este producto pueden llegar a tener un gran impacto ambiental, según Velasquez (2017) afirma que no solo aquellos grandes derrames de combustibles son los que pueden llegar a ocasionar grandes daños ambientales, si no que se debe de prestar mucha atención a aquellas situaciones que están en el día a día

y que son acumulables en el paso de los años, los cuales en su momento se convierten de gran impacto ambiental.

1.4.1. Derrame de combustible en suelos

Gonzales (2018) indica que los derivados del petróleo hoy en día son uno de los recursos más utilizados en los sectores industriales, y en el transporte a nivel mundial, dejando al suelo como uno de los recursos más dañados ya que es donde accidentalmente o por negligencias se vierten grandes cantidades de estos productos dañando al medio ambiente.

1.4.2. Derrame de combustibles en cuerpos de agua

Además, Rodriguez y Fanum (2013) indican que no solo en los suelos se da contaminación por los combustibles derivados del petróleo, mencionan que tanto en el suelo como en el agua la contaminación más común se debe a la mala manipulación de estos combustibles. Haciendo referencia que este tipo de contaminación se puede dar por el mantenimiento de maquinaria, la operación como tal de los combustibles, así como las plantas generadoras entre otras. Tomando de referencia su estudio en la construcción de esclusas en el pacífico de Panamá.

1.5. Plan de manejo

Un plan de manejo de combustible es indispensable, y es importante tomar de referencia lo que indica Alvarado y Rodriguez (2015) que un plan de manejo ambiental sirve para prevenir, mitigar, controlar, corregir y compensar aquellos posibles malos impactos o acentuar los positivos impactos. Respaldando la

importancia que tiene un plan de manejo de combustibles en un ingenio azucarero.

1.5.1. Manejo de derrames

El que hacer y cómo contener un derrame puede ser la diferencia entre un accidente de grandes magnitudes o un incidente menor, por lo que para el control de derrames de combustibles los tres ingredientes que debe de tener un área con manejo de combustibles son:

- Plan de contingencia
- Personal capacitado
- Materiales y equipos

Como indica Velasco (2010) la mayoría de los derrames pueden prevenirse, así como el tener buenas prácticas reducen significativamente el poder tener un derrame, sin embargo, no se debe de menospreciar un derrame y no se debe de perder la seriedad para poder contener el mismo.

Por ello es importante considerar lo siguiente ante un derrame de combustible.

1.5.1.1. Equipo y material necesario

El equipo para utilizarse debe de encontrarse en buen estado y en áreas identificadas para actuar de manera inmediata ante un derrame de combustible, y estos pueden ser:

- Letreros para restringir el derrame

- Conos
- Extintor
- Recipiente con arena
- Recipiente para arena con combustible
- Pala
- Escoba
- Cinta para acordonar el área

Adicional dependiendo del área se deben de considerar actividades específicas para el derrame de combustible y las personas que actuarán en el manejo de este, por ello se identifican algunas áreas donde la posibilidad de derrame es mayor, siendo estas:

1.5.1.2. Área de descarga

Como su nombre lo indica es el área donde se lleva a cabo la descarga de combustible, y donde ingresa el total de combustible que se manejara en el departamento. Aunque en esta área se debe de contar con diques de contención y rejillas, el volumen que se maneja genera una posibilidad de un derrame de alto riesgo, este se puede dar en la conexión de las mangueras, por rebalse de tanques, y por descuidos en la actividad.

1.5.1.3. Área de despacho

Punto donde se despacha combustible a la maquinaria que llega a una estación y requiere de este insumo para la continuidad de sus actividades, la actividad en esta área hace que sea mayor la posibilidad de derrame el cual puede ser de pequeñas, o de grandes cantidades ante un incidente o accidente con los equipos de despacho.

1.5.1.4. Durante el traslado

Esta puede ser cualquier área donde circule una unidad con combustible, especialmente en ruta, y áreas de estacionamiento al momento de su salida o llegada. En estas situaciones la mayor posibilidad de derrame es por desperfectos en los accesorios de la unidad que evitan contener el 100 % del combustible, o por pequeñas perforaciones que pueda llegar a tener la cisterna, especialmente por corrosión o accidentes en la integridad de esta.

2. SITUACIÓN ACTUAL

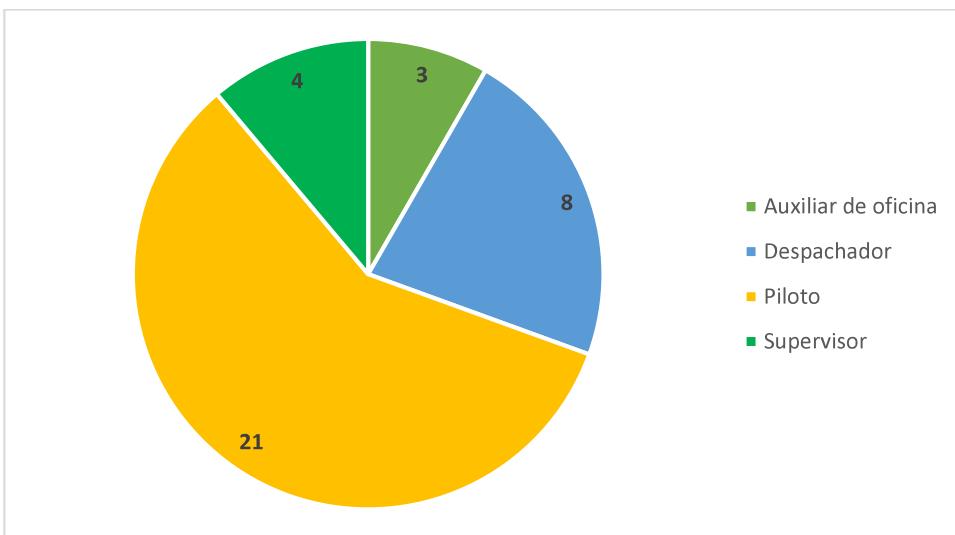
Previo a emitir un plan de manejo de combustible era necesario conocer la situación actual del proceso, así como el nivel de conocimiento del personal sobre las buenas prácticas en el manejo de combustible. Para ello se realizarán evaluaciones teóricas para determinar el conocimiento del personal, así como una evaluación de las diferentes actividades que se realizan en los procesos del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero.

2.1. Evaluación al personal

Para conocer la situación actual referente al conocimiento del personal se realizaron pruebas teóricas sobre las diferentes actividades que realizan según sus puestos de trabajo en el Departamento de Combustible. La evaluación teórica fue enfocada en tres temas específicos, seguridad en el manejo de combustible, seguridad industrial, y prácticas ambientales.

En la figura 1, se muestra la distribución de los 4 puestos de trabajo de las 36 personas que fueron evaluadas y que laboran dentro del Departamento de Combustible en un ingenio azucarero.

Figura 1. Cantidad de personas y puestos evaluados



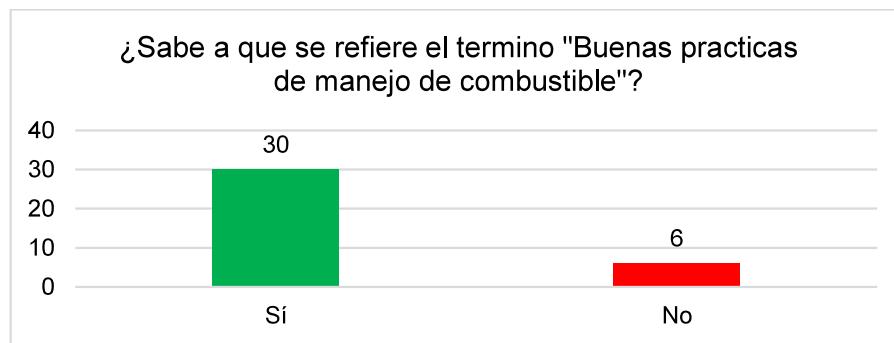
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.1. Manejo de combustible

La presente sección evaluó teóricamente al personal del Departamento de Combustible con 9 preguntas estratégicas para determinar el nivel de conocimiento respecto a las prácticas en el manejo de combustible, donde se obtuvieron los siguientes resultados.

La figura 2 representa como 30 de las 36 personas evaluadas demuestran tener conocimiento sobre el concepto de buenas prácticas en el manejo de combustible, evidenciando un buen nivel de conocimiento del tema en el personal del Departamento de Combustibles. Sin embargo, 6 personas indican desconocer o no saber sobre el tema, evidenciando la necesidad de realizar repasos o brindar capacitaciones específicas sobre el tema al personal.

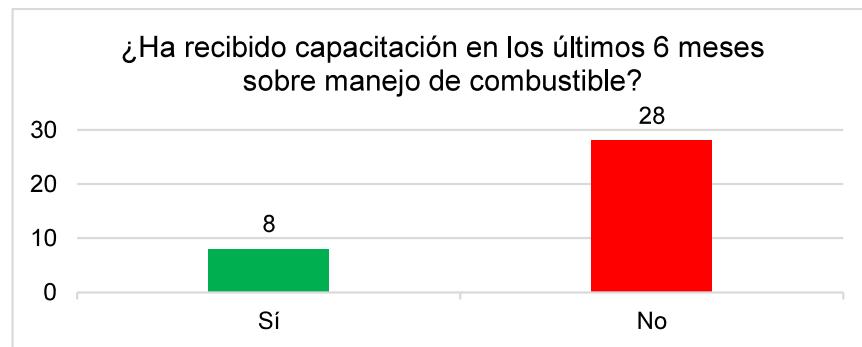
Figura 2. **Manejo de combustible, pregunta No. 1**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 3 se puede visualizar como 28 de las 36 personas no han tenido una capacitación sobre el manejo de combustibles en los últimos 6 meses, resaltando así la falta de capacitación periódica al personal para el correcto cumplimiento de sus actividades con base a buenas prácticas en el manejo de combustible. Asimismo, se muestra una debilidad y posibilidad del uso de prácticas que no son adecuadas en el manejo de combustible por personas de reciente ingreso las cuales solo cuentan con una inducción no registrada.

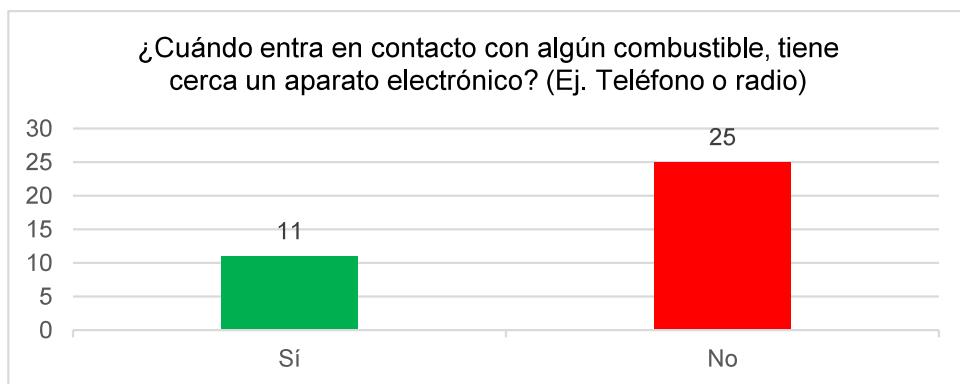
Figura 3. **Manejo de combustible, pregunta No. 2**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 4 se puede observar que 24 de las 36 personas evaluadas realizan una buena práctica en el manejo de combustibles al no tener ningún aparato eléctrico al momento de tener un combustible cerca, sin embargo, también se observa que 11 personas del departamento desconocían los riesgos que tiene el portar un aparato eléctrico cuando se realizan actividades de manejo de combustible.

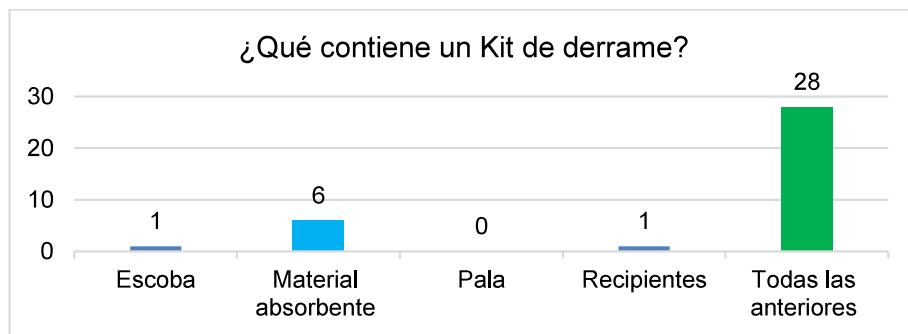
Figura 4. Manejo de combustible, pregunta No. 3



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La figura 5 representa el conocimiento del personal en cuanto a los utensilios que componen un kit para la contención de un derrame de combustible. Mostrando en ella que 8 de las 36 personas evaluadas, desconocen o no saben los implementos o materiales con el que debe de contar un Kit para la contención de un derrame, lo cual evidencia una falta de conocimiento para actuar ante un posible derrame y que utensilios se deben utilizar para realizar la contención correspondiente.

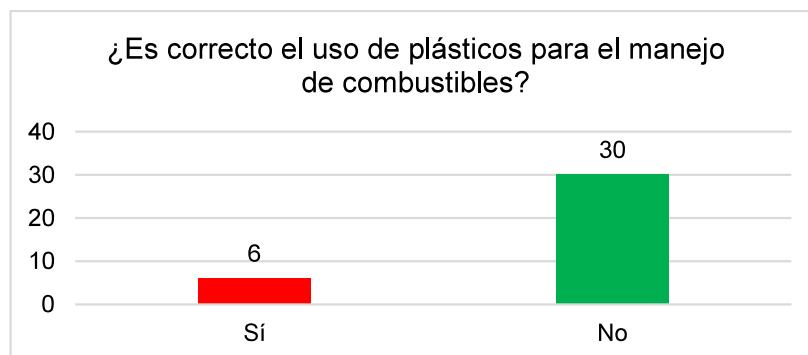
Figura 5. **Manejo de combustible, pregunta No. 4**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Como se puede observar en la figura 6, 30 de las 36 personas evaluadas, conocen y saben sobre la mala práctica al hacer uso de plásticos en el manejo de combustibles, así como las consecuencias que se podrían llegar a tener, asimismo hay 6 personas del departamento que desconocen, o no saben sobre las consecuencias que se tienen al utilizar plásticos en el manejo de combustible en sus actividades diarias, lo cual es el resultado de la falta de capacitación para el personal del Departamento de Combustibles.

Figura 6. **Manejo de combustible, pregunta No.5**

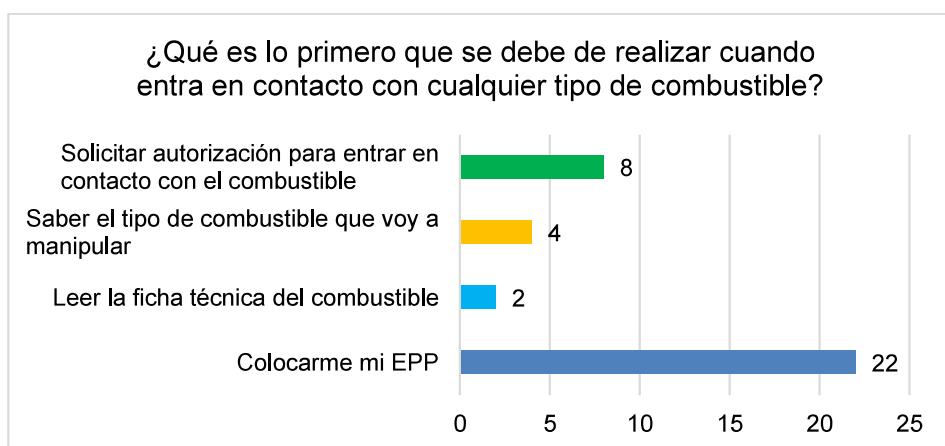


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 7, se evalúa el conocimiento del personal en cuanto a la primera actividad a realizar cuando se trabaja con un combustible, sin indicar qué tipo de combustible se manejaría.

De las 36 personas, 22 de ellas hizo énfasis en el uso de su EPP, lo cual demuestra que el personal se preocupa en utilizar su EPP previo a una manipulación de combustible, 8 personas indicaron que el primer paso era solicitar una autorización para poder entrar en contacto con el mismo, lo cual muestra el nivel del seguimiento hacia un procedimiento de la empresa que implique una autorización para poder manipular un combustible específico, 2 personas indicaron que lo inicial era leer la hoja de seguridad y solo 4 personas acertaron al contestar que es necesario saber que combustible se va a manipular para poder conocer el EPP necesario, los peligros y riesgos que conlleva el mismo. Con ello se ve una costumbre del personal en cuanto a los tipos de combustible que se manejan en el departamento, y por lo que es importante una capacitación y/o actualización para todo el personal del departamento.

Figura 7. Manejo de combustible, pregunta No.6

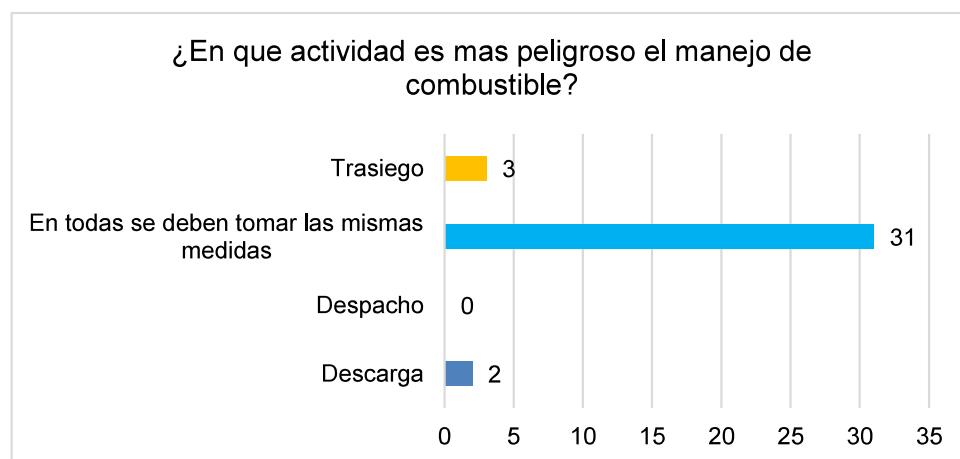


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La figura 8 muestra el resultado del conocimiento del personal en cuanto a qué actividad es más peligrosa en el manejo de combustible. Esta pregunta tiene la finalidad de evidenciar que actividad considera el personal que es más crítica o riesgosa en cuanto al manejo de combustible, aunque 31 personas de las 36 evaluadas respondieron de manera correcta, resulta que 5 personas creen o consideran que es más peligroso el manejo de combustible en las actividades de trasiego o descarga.

Se observa con esto una falta de conocimiento en cuanto al manejo de combustibles y del riesgo que existe en todos los escenarios donde se involucra un manejo de combustible. Nuevamente evidenciando la importancia de que el personal sepa sobre estos riesgos asociados al manejo de combustible.

Figura 8. Manejo de combustible, pregunta No. 7



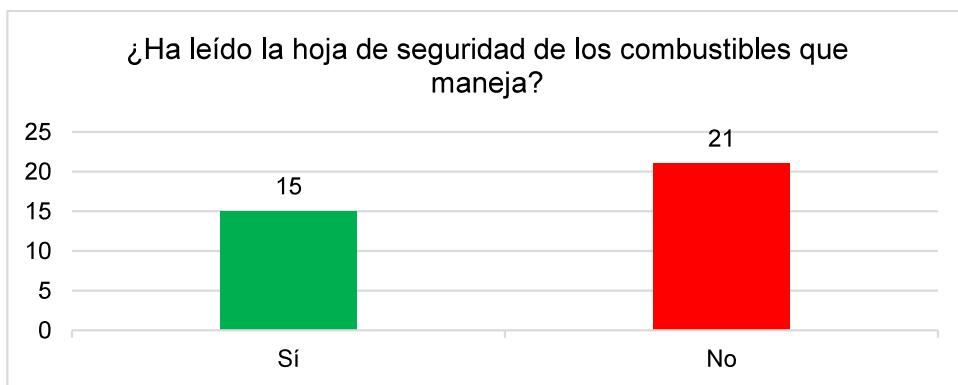
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 9 se evidencia como 21 de las 36 personas evaluadas del departamento, no han leído o desconocen la hoja de seguridad de los combustibles que manejan en sus actividades diarias.

Con esto se resalta la falta de conocimiento del personal en cuanto a las características, riesgos, peligros y que acciones tomar de los combustibles que está manejando y con el cual entran en contacto en sus actividades diarias, poniendo en riesgo su integridad física, las instalaciones que por ende afectan la continuidad operática, así también la posibilidad de daños ambientales al no saber manejar adecuadamente los combustibles que se manejan dentro del departamento.

Adicional también se tiene necesidad de poder brindar una guía para la realización de sus actividades diarias, que puedan contemplar todos los por menor en cuanto al conocimiento de la hoja de seguridad del combustible que manejan.

Figura 9. Manejo de combustible, pregunta No. 8



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 10 se refleja la falta de un plan de manejo de combustible en las diferentes actividades que realiza el personal del departamento.

El personal puede mencionar procedimientos, y algunos instructivos, los cuales han quedado como un requisito documental, sin embargo, el personal conoce estos porque fueron mostrados como parte de su inducción al integrarse a la empresa.

Figura 10. Manejo de combustible, pregunta No. 9



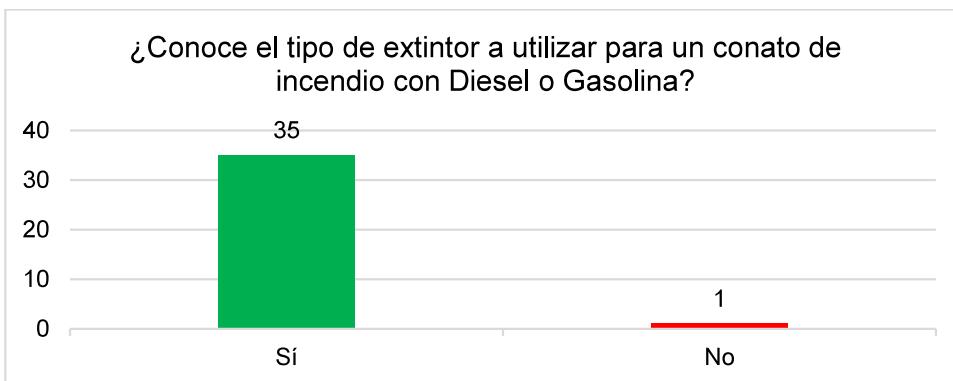
Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.2. Seguridad Industrial

Punto donde fue evaluado el conocimiento de seguridad industrial de las personas que conforman el Departamento de Combustible en las diferentes actividades que realizan dentro de este, para ello se realizaron 7 preguntas de temas específicos en cuanto a la seguridad industrial aplicada en sus actividades.

La figura 11 muestra que el personal tiene noción sobre el uso de extintor ante un conato de incendio en su actividad de trabajo.

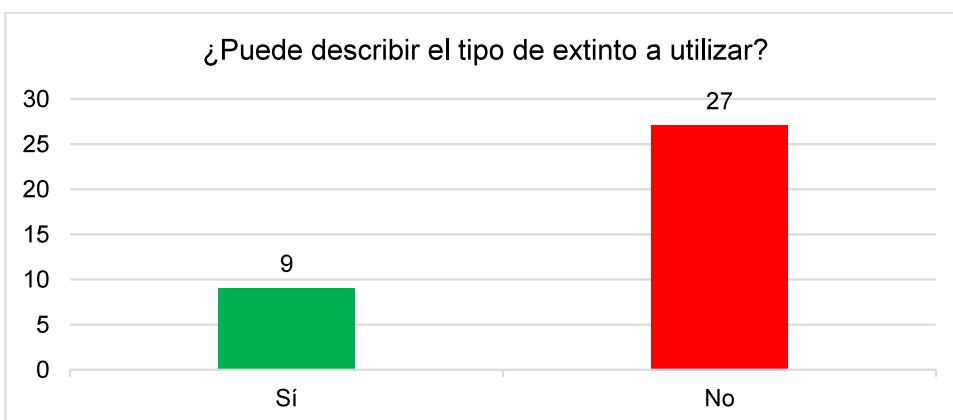
Figura 11. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 1



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Sin embargo, en la figura 12, cuando se consulta directamente si pueden determinar el tipo del extintor a utilizar, solo 9 personas de las 36 evaluadas tienen el conocimiento para poder determinar qué se necesita un extintor tipo ABC ante un conato de incendio que involucra combustible diésel o gasolina.

Figura 12. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 2

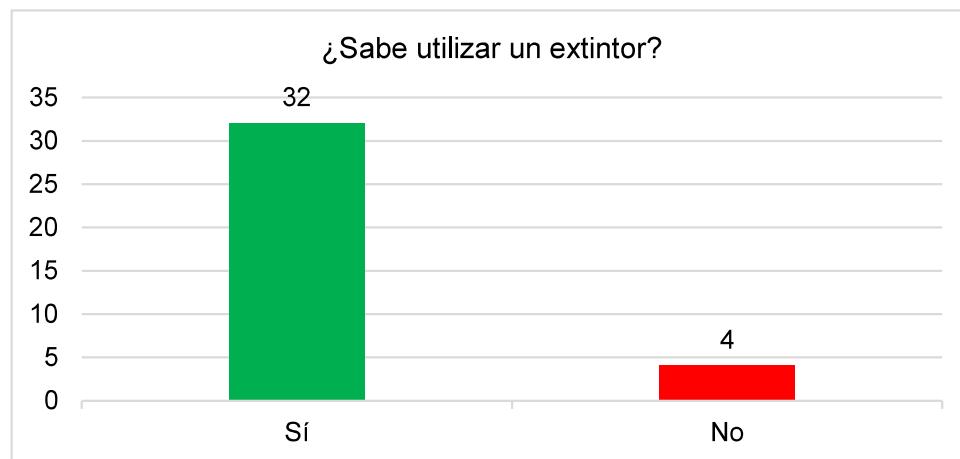


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Según la figura 13, únicamente 4 personas de las 36 evaluadas no saben utilizar un extintor dentro de su actividad de trabajo. Dato importante ya que todos deberían de poder utilizar un extintor y sobre todo por el área donde se labora.

En el detalle de las respuestas, las personas que no tienen esta habilidad para hacer uso de un extintor son personas que se integraron recientemente al departamento o que han faltado a la capacitación que se dio en algún momento de su transición al puesto.

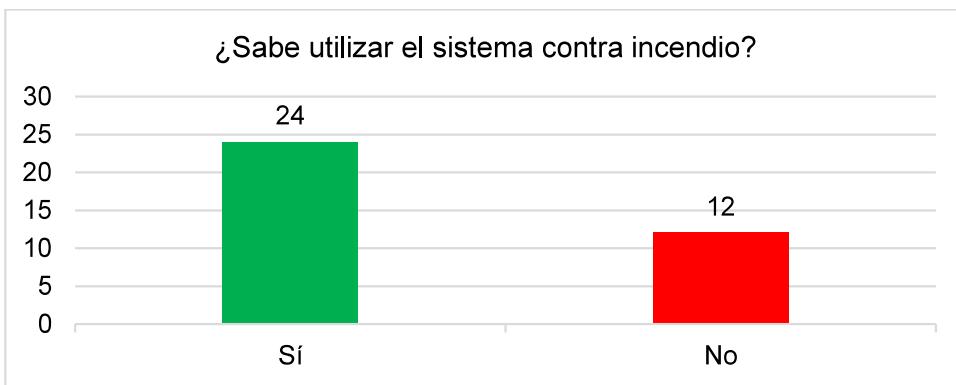
Figura 13. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 3



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Como se muestra en la figura 14, 12 personas no saben utilizar el sistema contra incendio de la estación. Lo cual evidencia una debilidad en cuanto a la respuesta que se pueda tener ante un conato de incendio en el Departamento de Combustibles.

Figura 14. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 4



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 15, se consulta sobre el conocimiento a un plan de emergencia, dentro de los procedimientos del departamento se establece que existe un plan de emergencia, por lo cual se consulta sobre el conocimiento de este, evidenciando que 7 personas desconocen del mismo.

La tendencia del desconocimiento del personal se debe a aquella que se ha integrado recientemente al departamento, sin embargo, las 29 personas que indican conocer el plan lo mencionan pues en su inducción fue presentado pero el mismo no se encuentra dentro de su documentos o revisión como actividad periódica.

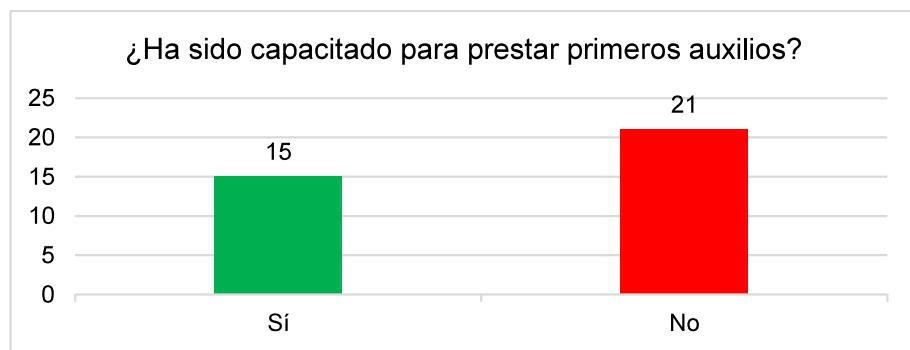
Figura 15. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 5



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Los resultados de la pregunta No. 6 reflejados en la figura 16, indica que más del 50 % del personal no ha sido capacitado sobre cómo prestar primeros auxilios, lo cual muestra un punto de debilidad para el departamento ya que dentro del manejo de combustible es importante que las personas sepan cómo actuar ante diferentes incidentes o accidentes que involucren o no, los combustibles con los cuales realizan sus actividades diarias.

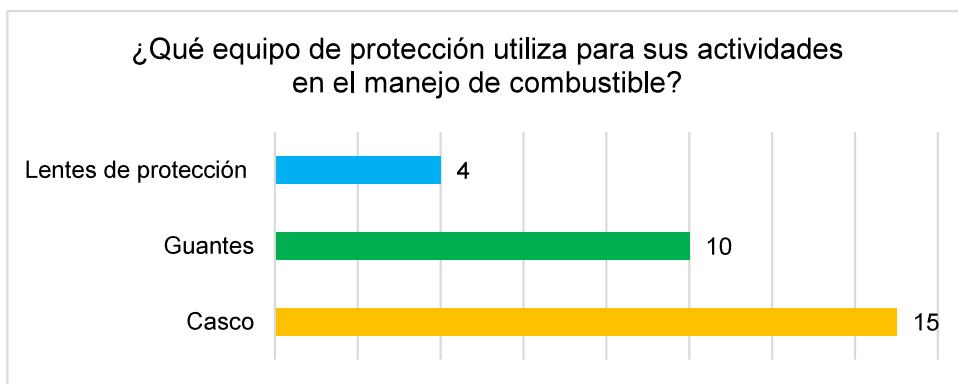
Figura 16. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 6



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 17, se evidencia el equipo de protección que el personal utiliza en sus diferentes actividades. Se consulta sobre 3 equipos de protección personal específico, pues es el equipo básico que debería de tener asignado las 36 personas evaluadas, esto porque todo el personal en algún momento dentro de sus actividades se moviliza en puntos donde es obligatorio el uso del casco, al igual que los guantes y lentes de protección cuando entran en contacto directo con el combustible.

Figura 17. Evaluación de seguridad industrial, pregunta No. 7



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.1.3. Medio ambiente

Evaluación teórica realizada referente al tema ambiental para poder identificar el nivel de conocimiento del personal del Departamento de Combustible en cuanto a este tema, así también identificar si existen fallas operativas, las cuales serían parte del plan de manejo de combustible para este departamento como una propuesta para que el mismo sirva como una base o guía en la realización de las diferentes actividades.

La figura 18 refleja el resultado del conocimiento del personal sobre el término prácticas ambientales, en la cual 30 de las 36 personas evaluadas tienen el conocimiento o la idea a la que este se refiere y 6 personas lo desconocen.

Este nivel de conocimiento indica que el personal realiza sus actividades con buenas prácticas ambientales, conocimiento que será evaluado en la evaluación a los procesos para validar dicho resultado.

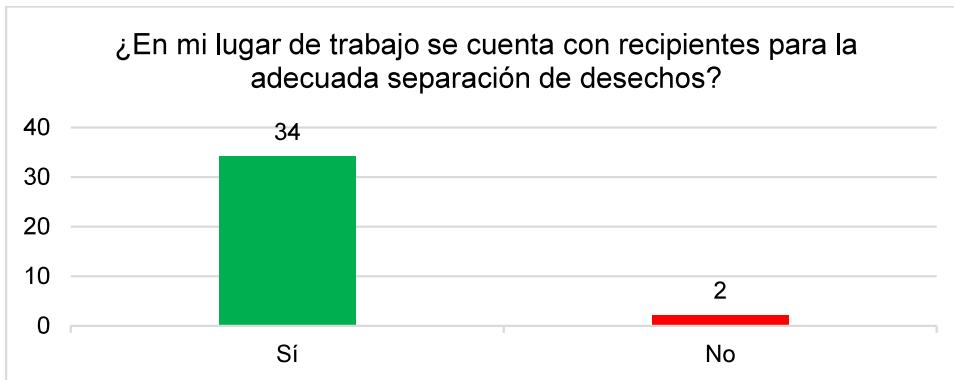
Figura 18. Evaluación medio ambiente, pregunta No. 1



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 19 se presentan los resultados sobre la existencia de recipientes para clasificación de residuos en el Departamento de Combustible, en el cual se puede evidenciar que 34 de las personas que participaron en la evaluación afirmaron tener dichos contenedores y clasificar sus residuos para un adecuado manejo de estos.

Figura 19. Evaluación medio ambiente, pregunta No. 2



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 20 se expone que 31 personas tienen el conocimiento sobre clasificación de los desechos y residuos, a través de contenedores específicos e identificados para realizar una buena clasificación de estos, y solo 5 personas indican no tener el conocimiento sobre este tema.

Figura 20. Evaluación medio ambiente, pregunta No. 3

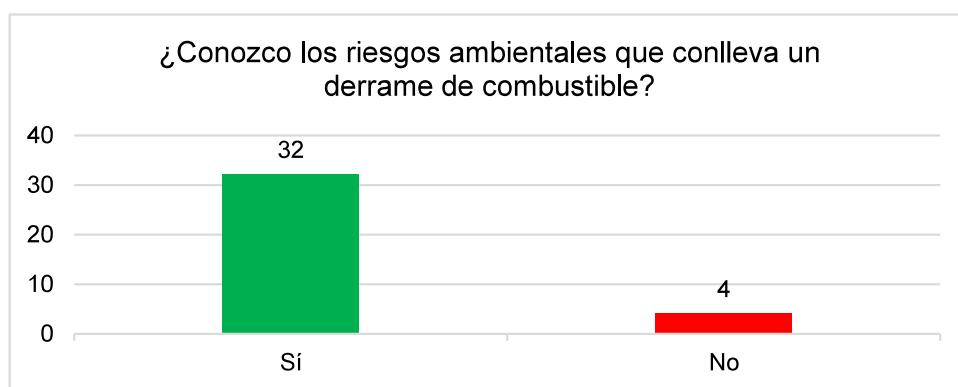


Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La figura 21 designa el conocimiento del personal sobre los riesgos ambientales que conlleva un derrame de combustible. Para lo cual 32 personas de las 36 evaluadas indicó conocer dichos riesgos, y 4 de ellas desconocen el riesgo ambiental que produce un derrame de combustible.

Esto evidencia un buen nivel de conocimiento por parte del personal en cuanto al tema ambiental relacionado a los derrames de combustible, el cual también podrá ser evaluado en los procesos de las diferentes actividades del departamento.

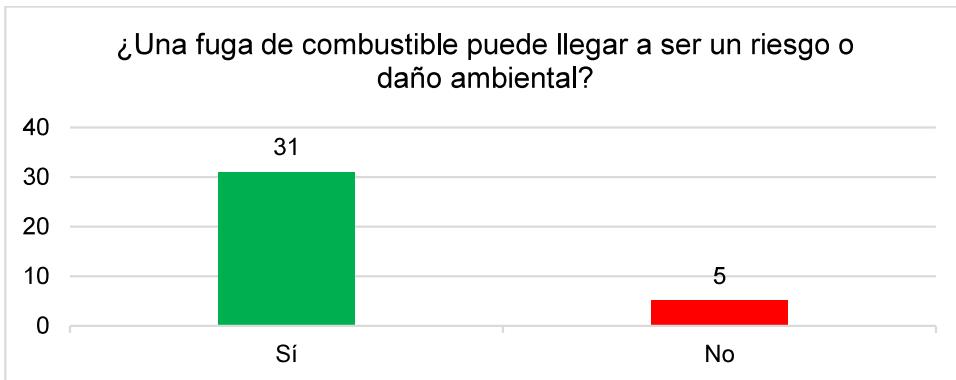
Figura 21. **Evaluación medio ambiente, pregunta No. 4**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La figura 22 refleja el conocimiento por parte de personal en cuanto al riesgo ambiental que tiene una fuga de combustible, la cual en determinado momento se puede convertir en un derrame, afectando el suelo o un cuerpo de agua, lo que convierte este tema en un conocimiento imprescindible para el personal que se encuentra diariamente en el manejo de combustibles.

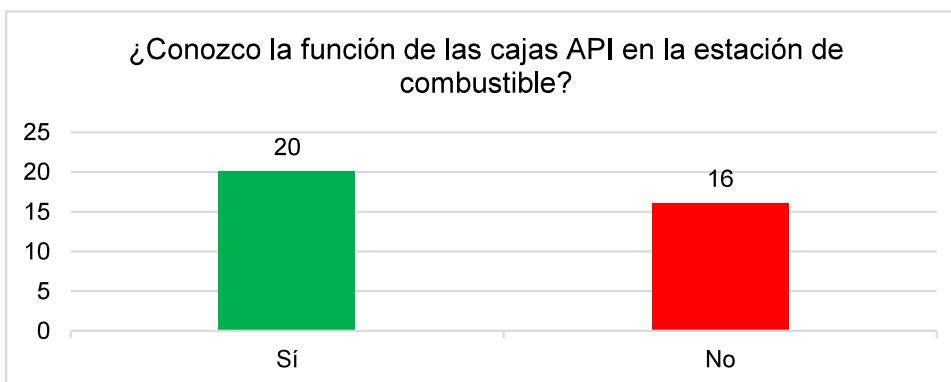
Figura 22. Evaluación medio ambiente, pregunta No. 5



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Continuando con la evaluación teórica al personal del Departamento de Combustible, en la figura 23 se detalla el resultado del conocimiento del personal en cuanto al funcionamiento y objetivo de las cajas API, mostrando que 19 de las 36 personas evaluadas tiene dicho conocimiento, sin embargo 16 desconocen la funcionalidad de estas.

Figura 23. Evaluación medio ambiente, pregunta No. 6



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En la figura 24 se expone que 20 personas de las 36 evaluadas indican tener una guía para la realización de sus actividades, y 16 personas no.

Con este resultado se evidencia que el personal puede actuar según su criterio al presentarse un derrame de combustible, y aunque no se tienen registro de derrames, se evidencia una debilidad al no contar con un plan o guía de acción para poder contener un derrame de combustible, independientemente de las magnitudes de este.

Figura 24. Evaluación medio ambiente, pregunta No.7



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

2.2. Evaluación a los procesos

Evaluación realizada a los procesos dentro del departamento para conocer el estado de las prácticas en el manejo de combustible, con la finalidad de poder emitir un plan de manejo de combustible que contemple las particularidades del proceso y refuerce aquellas que lo ameriten. Para ello se evaluarán las diferentes áreas del departamento con sus respectivas actividades principales las cuales implican manejo de combustible.

2.2.1. Recepción

Evaluación a los procesos en el área de recepción, área donde se realiza la recepción o descarga de combustible para posteriormente ser almacenado en tanques superficiales. En esta área se puede dar descargas de diésel o gasolina regular, con el apoyo de un equipo de bombeo de 450 GPM para el caso del diésel y para el caso de la gasolina regular una descarga por gravedad.

En este proceso se puede llevar a cabo la descarga de una unidad a la vez para ambos combustibles, y puede llegar a descargarse hasta 6 unidades al día de 8,000 gal de diésel y 4,000 de gasolina regular en temporada de zafra.

Este es un proceso donde participan regularmente dos personas, siendo una de ellas el personal del ingenio azucarero, y la otra persona el piloto de la cisterna de combustible que pertenece al proveedor asignado.

El proceso inicia con el personal del ingenio y el mismo tiene varias actividades, previo a mencionar estas actividades, es importante recalcar que el personal cuando inicia la actividad de descarga o recepción de combustible no consulta algún plan, guía o procedimiento que lo guíe para poder llevar a cabo dicha actividad. Por lo que cada vez se hace más esencial poder determinar un plan de manejo de combustible que contenga los diferentes procesos como es el caso de la recepción de combustible.

A continuación, las actividades que componen el proceso de la recepción de combustible:

- Ingreso de cisterna al área de recepción: el proceso inicia con el ingreso de la cisterna a las instalaciones del Departamento de Combustible, específicamente al área de recepción o descarga.
 - Deficiencias evidenciadas en el ingreso de la cisterna de combustible al área de recepción:
 - Guardia sube a la cisterna sin EPP asignado para la actividad, arnés y casco.
- Delimitación de área: se restringe el área a través de la colocación de conos para evitar que se transite por el área donde se realizará el proceso de recepción de combustible, así mismo se valida que el área no cuente con actividades ajenas al proceso de descarga de combustible.

En la figura 25, se muestra como los conos no están realmente delimitando un área para prevenir la circulación por el área. Evidenciando con ello que, aunque se tiene el conocimiento de delimitación del área, esta no se hace de manera adecuada o se desconoce el objetivo principal de la actividad.

Figura 25. Delimitación de área de recepción



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 26, se evidencia como el cuarto de máquinas que contempla el área de recepción de combustible, no cuenta con rotulación o indicaciones para las medidas básicas de seguridad.

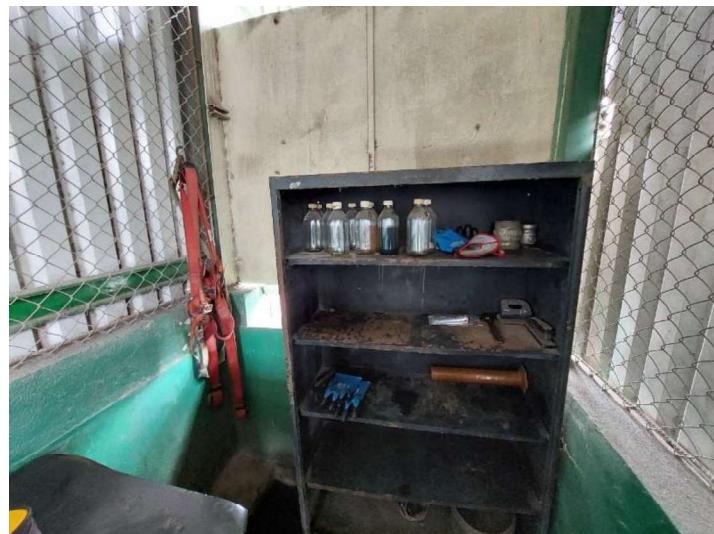
Figura 26. **Cuarto de máquinas en área de recepción**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 27, muestra un estado desorganizado y con varias muestras no identificadas, así como con EPP y plásticos, evidenciando prácticas inadecuadas en el proceso de recepción de combustible en cuanto a la toma de muestras de calidad, y el estado del EPP.

Figura 27. Estante organizador EPP y herramienta para recepción



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 28, se identificaron filtros usados en cuarto de máquinas, resultado de mantenimientos anteriores, lo cual evidencia una mala práctica en la clasificación de desechos, y sobre todo un mal manejo de este tipo de repuestos los cuales posterior a retirarlos siguen drenando combustible por un periodo prolongado.

Adicional, esta también se puede clasificar como una condición insegura para el personal que opera en esta área, pues sin conocerlo, se tendría combustible en el piso de esta área.

Figura 28. **Repuestos usados en área de recepción**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 29, se muestra combustible de recepciones anteriores, esto evidencia una mala práctica en el manejo de combustible en el área de recepción, ya que este debe de quedar registrado en la documentación de cada descarga.

Adicional esto se convierte en una condición ambiental, porque se puede dar un derrame de combustible en el área, así como una condición a la seguridad del personal por tropezarse o resbalarse ante la caída de este combustible en el piso.

Figura 29. **Combustible de recepciones anteriores**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 30, se muestra un recipiente específico para el desecho de materiales con combustible.

Figura 30. **Recipiente para desecho de materiales con combustible**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 31, se muestra el área de recepción de combustible, con falta de iluminación para la continuidad de las operaciones en horario nocturno.

Figura 31. Área de recepción sin iluminación



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidenciadas en la delimitación del área:
 - Los conos se dejan en un solo punto, el área se asume que está limitada por que el personal indica que esa área solo se utiliza para esa actividad.
 - No se realiza una inspección previa, para llevar a cabo la actividad, se asume que todo se encuentra en orden.
 - No se evidencia rotulación, plan, o guía en el área de recepción para la actividad de descarga de combustible.

- Se evidencia EPP en malas condiciones y almacenado en condiciones no adecuadas.
- Herramienta para la muestra de calidad del combustible en ambiente sucio y desorganizado.
- Repuestos usados en el área de recepción que corresponden a mantenimientos realizados semanas atrás.
- Evidencia de uso de recipientes plásticos para la medición y toma de muestra.
- Residuos de combustible de recepciones y mantenimientos realizados con anterioridad.
- Recipientes para desechos de combustible sin tapadera, el cual representa un riesgo de inundación en temporada de lluvia y que se derrame una mezcla de combustible y agua.
- Falta de iluminación en el área de recepción, que impide tener el control de la operación en horario nocturno.
- Revisión de documentación: punto donde se valida toda la documentación que respalda la entrega de combustible.
 - Pedido de compra
 - Factura
 - Respaldo de calidad

En la figura 32, se evidencia los marchamos de seguridad que debe de poseer la cisterna para proceder con la recepción del producto.

Figura 32. Revisión de marchamos



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Reposo de la unidad: punto donde se le brinda a la unidad un tiempo de reposo previo a proceder con la descarga, el cual es variable entre 15 a 45 minutos.
 - Conexión de tierra
 - Extintor cerca de la descarga
- Herramientas y EPP: punto dentro de la actividad donde el personal prepara la herramienta a utilizar, así como para colocarse el EPP necesario para llevar a cabo la actividad específica de descarga de combustible.
 - Arnés

- Guantes
- Pastas
- Recipientes
- Vara para medir combustible
- Deficiencias evidenciadas en la herramienta y EPP del personal:
 - EPP en mal estado, se evidencia guantes y arnés en mal estado.
 - No se establece revisión periódica al EPP por lo que se asume que este se encuentra en buenas condiciones.
- Medición de la cisterna: punto donde se realiza la medición en cada compartimiento para poder validar la cantidad a entregar por parte del proveedor. En este punto se utilizan dos tipos de pastas para poder validar presencia de agua en el combustible, así como una pasta especial que reacciona cambiando su tono al entrar en contacto con el combustible.
 - Deficiencias evidenciadas en la medición de la cisterna
 - El personal realiza la medición con equipo electrónico en sus bolsillos. Celular, reloj y calculadora.
- Elección de tanque: se determina el tanque en el cual se almacenará el combustible, según medidas y se habilitan las válvulas correspondientes para poder trasegar el combustible.
 - Deficiencias evidencias en la medición al tanque.

- Personal realiza medición de tanques con su dispositivo móvil en sus bolsillos.
 - La capacidad del tanque a utilizar para la recepción de combustible no es rectificada previo a recibir el combustible.
 - Se utiliza el 100 % de la capacidad nominal del tanque.
- Muestra: previo a llevar el trasiego del combustible, se toma una muestra del combustible para visualizar la calidad del producto que se está entregando.
 - Deficiencias evidencias en la toma de muestra:
 - Uso de plástico.
 - Recipientes sucios o con residuo de combustible, que pueden afectar la muestra.
 - La inspección de calidad no tiene parámetros de comparación para determinar si el producto se encuentra en condiciones para su recepción.
- Acoplamiento de mangueras: paso donde se realiza la conexión de la cisterna con la bomba para el traslado del combustible hacia los tanques.
 - Deficiencias evidencias en la actividad de acoplamiento de mangueras:
 - Acoples de mangueras en mal estado, se utiliza un seguro hechizo.

- Mangueras no adecuadas para la recepción de combustible, las cuales son plásticas y no tienen cable interno para realizar tierra con el equipo.
- Trasiego: actividad donde se trasiega el combustible de la cisterna hacia los tanques de combustible a través de la bomba instalada en el área, y se determina los galones trasladados a través de un caudalímetro.
 - Deficiencias evidencias en el trasiego de combustible:
 - La persona responsable de la descarga desatiende la actividad por conversar con el piloto de la cisterna.
- Liquidación: a finalizar el trasiego por medio de la bomba, queda un residuo el cual es liquidado manualmente para que la unidad pueda salir de la unidad.

En la figura 33 se muestra una liquidación a una cisterna en el proceso de recepción de combustible, evidenciando los diferentes plásticos que se utilizan en esta actividad.

Figura 33. **Liquidación de cisterna**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidenciadas en la liquidación de la cisterna:
 - Se utilizan recipientes plásticos para contener el combustible que no pudo ser trasegado por medio de la bomba.
 - Recipientes no cuentan con accesorio para aterrizar y evitar chispa por energía estática.
- Medidas finales del tanque: al finalizar la liquidación manual, se mide el tanque donde se realizó el trasiego de combustible para determinar las medidas con las que este queda posterior al ingreso de combustible.
- Deficiencias evidenciadas en la medición final del tanque:

- Personal realiza medición de tanques con dispositivo móvil en sus bolsillos.
- Llenado de documentación: posterior a finalizar la medición del tanque, el personal llena la documentación relacionada a la recepción del combustible con todos los pormenores de la actividad, específicamente para respaldo según su procedimiento.
 - Datos del Combustible
 - Fecha y hora
 - Datos de la unidad
 - Datos del personal que participa en la actividad
 - Medidas de la cisterna previo y después de la recepción
 - Medidas del tanque previo y después de la recepción
 - Datos del tanque donde queda almacenado el combustible
- Salida de la unidad: se finaliza el proceso de descarga de combustible en el área de recepción con la inspección de que la unidad se encuentre vacía y se procede con el retiro de esta de las instalaciones del Departamento de Combustible.

2.2.2. Despacho

Dentro de los procesos en el manejo de combustible en el Departamento de Combustible en un ingenio azucarero, se encuentra el despacho de combustible el cual se puede dividir en despacho en pistas y despacho en rack.

- Despacho en pistas: proceso de despacho de combustible que consiste en despachar combustible a la diferente maquinaria que opera en las

diferentes actividades de la empresa (ejemplo: vehículos livianos, cabezales y maquinaria agrícola), así como el despacho de combustible en recipientes para aquellas actividades donde su consumo es mínimo y el cual dependerá directamente del usuario (ejemplo: maquinaria para actividades de ornato, plantas soldadoras y compresores)

En la figura 34 se muestra el área de despacho de combustible en pistas, y se evidencia la falta de rotulación en el área.

Figura 34. Área de despacho en pistas



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla, 2021). Colección particular. Guatemala.

La figura 35 muestra un derrame de combustible por el desperfecto en el tanque de la unidad a la cual se abastece de combustible. Revisando el proceso y conversando con el personal, se evidencia que es un proceso recurrente por diversos factores, como lo son desperfectos mecánicos, descuido del personal de despacho, sobrellenado de los tanques, entre otros.

Figura 35. **Derrame de combustible en pistas**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 36 se muestra una fosa eléctrica ubicada en el proceso de despacho de combustible en pistas, evidenciando la falta de mantenimiento, así como la falta de una revisión periódica de las instalaciones donde sea incluidas estas áreas de alto riesgo para una estación de combustible.

Revisando los procedimientos, no se evidencia una lista de verificación para inspeccionar áreas como la fosa eléctrica, lo cual entra como una mala práctica ya que esta área debe de ser periódicamente inspeccionada y sobre todo estar en condiciones adecuadas. Esta área debe de ser hermética y garantizar que los cables estén en óptimas condiciones para evitar un incidente por corto circuitos, por el alto riesgo de explosión en un área donde se maneja combustible.

Figura 36. **Fosa eléctrica en despacho de combustible**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidenciadas en el despacho en pistas:
 - Personal encargado del despacho no cuenta con EPP para el desempeño de sus actividades. Uniforme de algodón, calzado punta de acero o compuesta, lentes y guantes.
 - No se cuenta con rótulos donde se indiquen las normas del área de despacho, (ejemplo: uso de celular, apagar el motor, luces y radio, no fumar).
 - No se cuenta con un *kit* especialmente asignado para la contención de derrames.
 - El material absorbente para la contención de derrames (arena), se encuentra húmedo.

- No se cuenta con una guía o plan en el área, para actuar ante un derrame de combustible.
- Se evidenció un derrame de combustible en un vehículo de combustible, el cual no fue atendido de manera adecuada.
- Personal atiende con su equipo móvil en su bolsillo, y hace uso de este en las pistas.
- Usuarios al no evidenciar una buena rotulación realiza malas prácticas como uso de celular en las pistas.
- Despacho de combustible (diésel o gasolina regular) en recipientes no adecuados para su traslado hacia el punto final.
- Cables expuestos en fosas eléctricas ubicadas en el área de despacho, se evidencia falta de mantenimiento. Alto riesgo de filtración de combustible provocando explosión.
- Despacho en *rack*: tipo de despacho que se realiza a camiones cisterna para el traslado de combustible. Este se realiza a través de un brazo de carga de 3 " de diámetro y una bomba de combustible de 450 GPM hacia cisternas con una capacidad de 3,000.00 galones de combustible.

En la figura 37 se muestra el área de despacho de combustible en *rack*, la cual se encuentra entre el área de despacho en pistas y el área de almacenamiento.

Figura 37. **Área de despacho de combustible en rack**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidenciadas en el despacho en *rack*:
 - Personal no cuenta con EPP adecuado. Arnés en buen estado, casco con barbiquejo, y guantes.
 - Uniforme con reflectivo en mal estado.
 - Contenedor para desecho no identificado.
 - No se delimita el área para realizar el despacho.
 - Rejillas para contención de derrame con presencia de tierra y maleza.

2.2.3. Almacenamiento

Otro de los procesos evaluados en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero es el área y prácticas en la actividad de almacenamiento de combustible. Esta área cuenta con 4 tanques superficiales con capacidad de

15,000.00 galones de diésel cada uno, dos tanques subterráneos de 3,000.00 galones de gasolina regular y 5,000 galones de diésel tipo slug.

En la figura 38 se muestran los cuatro tanques que conforman el área de almacenamiento para el combustible diésel.

Figura 38. ÁREA DE ALMACENAMIENTO



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Tanques: los tanques están construidos con acero negro ASTM A-36 y bajo norma UL 142, con un espesor de lámina de $\frac{1}{4}$ ".

La figura 39, muestra la parte superior de los tanques para almacenamiento de combustible diésel, evidenciando la condición en que se encuentran los tanques, y la falta de una revisión periódica para mantener el área en las condiciones óptimas que requiere el manejo de combustible en esta área.

Figura 39. **Tanques para almacenamiento de combustible diésel**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidenciadas en los tanques de combustible:
 - Tanques con una capa considerable de polvo el cual puede llegar a contaminar el combustible.
 - No se evidencia una correcta rotulación de los tanques de almacenamiento.
 - No se evidencia una lista de verificación para realizar inspecciones periódicas sobre un plan de manejo.
- Diques: en un tanque superficial, el dique es la parte del área de almacenamiento donde puede llegar a ser contenido el combustible en

caso de un derrame. Este debe de tener la capacidad de contener el 100 % del combustible almacenado en los tanques, los cuales se deben de mantener en óptimas condiciones (libres de perforaciones o filtraciones) y limpios por si se llegaran a necesitar.

- Alrededores: como parte del área de almacenamiento, se toman los alrededores de esta para evaluar las prácticas que se realizan cerca del área de almacenamiento.

La figura 40 evidencia el uso de plásticos en el almacenamiento de combustible, así como un desorden de herramientas e implementos utilizados en las diferentes actividades relacionadas al manejo de combustible.

Figura 40. **Alrededores del área de almacenamiento**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 41 se muestra otro punto de los alrededores del área de almacenamiento del departamento donde se evidencia el uso de plásticos para el almacenamiento temporal de combustible diésel o gasolina regular, así como mangueras almacenadas inadecuadamente.

Figura 41. Alrededores del área de almacenamiento 2



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

Siempre dentro de los alrededores del área de almacenamiento se encuentra una fosa eléctrica la cual se evidencia en la figura 42, donde se observa el mal estado de esta.

Esta fosa eléctrica muestra en su interior una falta de mantenimiento y un riesgo por el estado de los cables, los cuales pueden tener daños en su forro provocando un corto eléctrico y por ende una explosión por tratarse de un área con una atmósfera inflamable constante por el almacenamiento de combustible.

Nuevamente se evidencia la falta de una lista de verificación que permita tener las diferentes instalaciones en óptimas condiciones para seguridad del personal, con buenas prácticas ambientales y la continuidad operativa.

Figura 42. **Fosa eléctrica en área de almacenamiento**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

- Deficiencias evidencias en los alrededores del área de almacenamiento:
 - Uso de plástico para almacenar combustible temporal.
 - Combustible no almacenado correctamente, resultado de actividades de mantenimiento o liquidación de unidades.
 - Rejillas para la contención de derrames obstruidas por tierra y maleza.
 - Orden y organización de equipos, así como repuestos para la operación del departamento.

- Falta de pasos peatonales y rutas de evacuación.
- Fosas eléctricas cerca de los tanques de almacenamiento con cables expuestos, desorganizados y con evidencia de falta de mantenimiento.

2.3. Prácticas ambientales

Como parte de la evaluación a la situación actual, se evaluaron específicamente aquellas acciones que ponen en riesgo el medio ambiente, las cuales son consecuencia de desconocimiento, negligencia o simples descuidos en la realización de las diferentes actividades que se desarrollan en los procesos del departamento.

Definiendo como una mala práctica ambiental a aquellas acciones que por pequeñas que puedan ser, impactan de manera negativa al suelo, aire o cuerpos de agua que se encuentran en los alrededores de donde se llevan a cabo las diferentes actividades en el manejo de combustible.

Es por ello que evaluar y sobre todo el identificar malas prácticas ambientales se realiza con la finalidad de fortalecer la propuesta de un plan de manejo de combustible, el cual busca tener un impacto positivo hacia el medio ambiente a través de la reducción o eliminación de las prácticas evaluadas a continuación.

2.3.1. Derrames

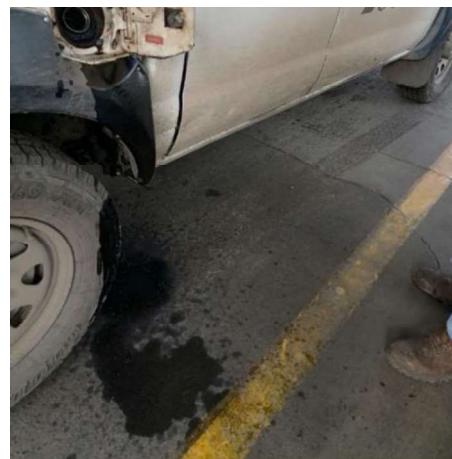
Por la cantidad de combustible manejado dentro de estas instalaciones, existe una posibilidad alta de que se tengan derrames de combustible, los cuales

pueden ser de pocas o altas proporciones por las particularidades de cada actividad dentro de estas instalaciones.

En la figura 43, se muestra cómo se dan derrames recurrentes de combustible en el área de despacho en pistas, aunque de magnitudes pequeñas, las cuales se reportan y se contienen, no se cuenta con una guía, así como un Kit especial para poder contener estos derrames que se dan por diferentes escenarios, especialmente por inconvenientes mecánicos en la integridad de los vehículos que se abastecen.

Evidenciando la importancia de contar con un plan que indique desde cómo actuar ante este tipo de derrames, el conjunto de herramienta y equipo necesario para esta actividad, así como el seguimiento que se le debe de dar a los desechos que se obtienen como resultado de contener el derrame.

Figura 43. Derrame de combustible en área de despacho en pistas



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 44, se muestra un derrame de combustible de pequeñas magnitudes. Identificando una mala práctica la cual corresponde al seguimiento de lo que sucede con el material absorbente utilizado para contener el combustible derramado. Este residuo no es almacenado inmediatamente por no contener un recipiente específico para esto, aunque se separa, se tiene una posibilidad de que el mismo sea retornado al entorno de las instalaciones por confusión del material, la cual es arena.

Figura 44. Derrame de combustible 2 en área de despacho en pistas

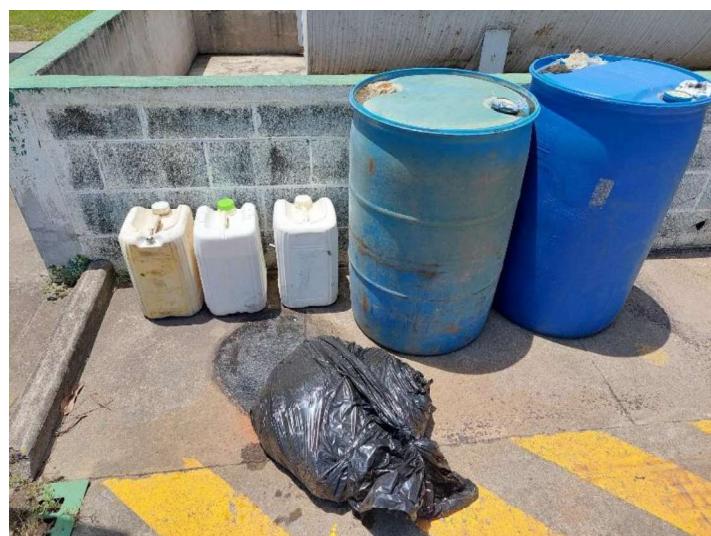


Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En continuidad al tema de los derrames recurrentes que se dan en el área de despacho de combustible en pistas, en la figura 45 se muestra como fueron almacenados los desechos temporalmente.

Esta mala práctica evidencia una falta de un contenedor específico para ir almacenando los desechos que se obtienen al contener un derrame y asegurar que estos no se queden a la intemperie por las lluvias en invierno, o que se retorne al suelo en el caso del verano.

Figura 45. Desechos resultado de derrame en pistas de despacho



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 46, se evidencia un derrame de una mezcla de agua pluvial con combustible al dejar el ingreso de la succión de la bomba, así como su bandeja de contención sin su debida tapadera y protección, esto debido a que las fuertes lluvias llegan a este punto.

Además de generar una mala práctica ambiental, genera una condición insegura para el personal, pues al llegar al área de la actividad de recepción puede resbalararse en esta mezcla y caer desde el mismo nivel. Así mismo es una mala práctica para la continuidad operativa, pues si no se limpia o se percata, el

agua ubicada en la entrada de la bomba puede ser succionada y contaminar el diésel ya almacenado en los tanques superficiales.

Figura 46. Bandeja de contención en cuarto de bombas



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

2.3.2. Clasificación de residuos y desechos

La clasificación de residuos y desechos es importante, y en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero no es la excepción. Un buen manejo de residuos permite realizar un mayor porcentaje de reciclaje o reutilización de materiales.

En la figura 47 se evidencia una inadecuada clasificación de residuos, por la falta de codificación y estado de los recipientes para dicha actividad. Aunque se menciona un procedimiento dentro de los documentos con los que cuenta el personal en la oficina, en la práctica esto no se da y los residuos no se clasifican de una manera adecuada.

Figura 47. Recipientes para clasificación de residuos



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 48, se muestra un contenedor específico para el desecho de materiales con presencia de combustible, identificando con ello una mala práctica ambiental, la cual consiste en un rebalse de una mezcla de agua pluvial con combustible que se encuentra en los desechos dentro de este contenedor, debido a que el contenedor no cuenta con una tapadera que evite el ingreso de agua.

Figura 48. Recipiente rebalsado con agua pluvial



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

2.3.3. Cajas API

Las cajas API son una composición de cajas cuyo principal objetivo es formar un sistema para la separación de combustible del agua en el caso que se diera un derrame de combustible el cual es trasladado por las rejillas de contención hasta estas cajas.

En la figura 49 se muestra como las cajas API del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero, ya cuentan con una mezcla de agua pluvial por filtraciones de las intensas lluvias, y combustible resultado de mantenimientos en los tanques de combustible, generando una mala práctica ya que estas deben de estar limpias para actuar de manera adecuada ante un derrame de combustible de grandes proporciones.

Figura 49. Cajas API



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 50, se muestra el pozo de absorción lleno de agua pluvial, lo cual genera una mala práctica ya que, al tener un derrame de grandes magnitudes, el pozo no podría realizar su función y las cajas API rebalsarían con una mezcla de agua y combustible, generando un derrame de combustible.

Figura 50. **Pozo de absorción**



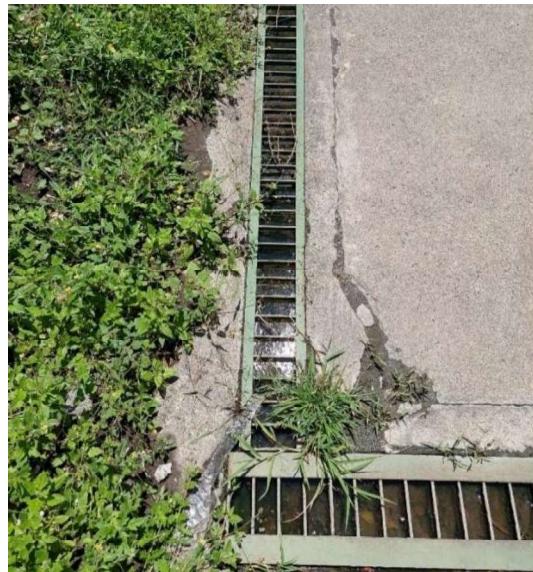
Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

2.3.4. **Rejillas**

Las rejillas en una estación de combustible son diseñadas para poder actuar ante un derrame de combustible de grandes proporciones que no pueden ser controlados únicamente por materiales absorbentes y se ve la necesidad de conducir el combustible hacia estas rejillas para poder contener el mismo en las cajas API.

En la figura 51, se muestra como las rejillas están saturadas de agua pluvial, así como de arena, tierra y maleza, evidenciando una mala práctica al no contar con una limpieza periódica de las mismas. Así mismo no se puede evidenciar un registro de la última vez que esta área fue sujeta a revisión y/o limpieza.

Figura 51. Rejillas área de recepción



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

En la figura 52 se muestra como las rejillas del área de despacho *rack* se encuentran saturadas de arena, lo cual evidencia una mala práctica al tener bloqueado estas rejillas que en su momento evitarían que un derrame de combustible de grandes proporciones pueda ser contenido de manera correcta trasladándose por estas rejillas hasta llegar a las cajas API.

Es importante resaltar que las rejillas de las diferentes áreas del Departamento de Combustible se encuentran en condiciones similares, y esto derivado a que en temporada de zafra la cantidad de tránsito por las áreas lleva a que los vehículos dejen esta arena por las rejillas, y en el caso de reparación o no zafra, esto se debe a que las lluvias arrastran este material y por la falta de limpieza se genera crecimiento de maleza en estos puntos, dando como resultado una mala práctica al tener rejillas obstruidas y en malas condiciones para su correcta operación durante todo el año.

Figura 52. **Rejillas área de despacho en rack**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

2.4. Análisis de resultados

Tanto en las evaluaciones teóricas al personal, como en la evaluación de los procesos, se evidenciaron varias prácticas que, junto a los volúmenes de diésel y gasolina manejados, hacen que exista una posibilidad alta de incidentes a la seguridad de las personas, al medio ambiente o las instalaciones que afecten la continuidad operativa.

En la evaluación teórica se observó un buen nivel de conocimiento y prácticas del personal en cuanto al uso de EPP, sin embargo, en la práctica se evidenció tanto la falta, el uso, y las condiciones del equipo, no eran las adecuadas para las operaciones relacionadas al manejo de combustible.

El uso de celular tanto en las personas responsables de las diferentes actividades, así como de las personas que reciben el servicio de abastecimiento de combustible fue evidente en la práctica, aunque en la evaluación teórica, es identificada por los mismos colaboradores como una mala práctica.

En la operación se evidenció que se tiene un alto uso de utensilios plásticos, aunque al igual que la parte del uso de celular en áreas restringidas, el personal sabe y lo identifica como una mala práctica, la realidad en la operación es que, si lo utilizan, y este lo convierte en un riesgo más alto ya que se conocen las consecuencias de realizarlo, sin embargo, es una práctica que se pudo observar en los tres macroprocesos del departamento.

Así mismo se estableció una cantidad de derrames considerables durante la evaluación al proceso de despacho, y esto debido a desperfectos que se dan en las unidades que generan derrames, aunque de pequeñas magnitudes, se tiene una alta recurrencia, haciendo importante que el personal esté capacitado, y tenga clara las acciones a tomar cuando sucedan este tipo de incidentes.

Por ello se vuelve bastante alta la importancia de las buenas prácticas en las cajas API las cuales permitirían en algún momento contener un derrame de altas proporciones o varios derrames pequeños de manera adecuada, esto siempre a través de un plan que contenga desde las acciones a tomar, herramientas a utilizar, y la manera adecuada de tratar los desechos resultado de estos derrames.

A partir del punto anterior, el plan de manejo ayudaría a reducir las prácticas inadecuadas encontradas y sobre todo saber el cómo actuar ante situaciones de emergencia como un derrame de combustible, así también lo

importante de capacitar y brindar al personal un documento que le pueda servir como guía para sus actividades diarias.

En el plan también se contempla el poder mejorar algunas prácticas ambientales identificadas y fortalecer otras, como el bote para desecho de materiales con combustible, el cual se evidencio que por estar a la intemperie y sin su respectiva tapadera, el agua pluvial lo rebalsa, convirtiéndose en un derrame de combustible, sin quitar importancia a la clasificación de residuos la cual es importante mejorar inmediatamente, para poder reciclar y reutilizar materiales según una adecuada clasificación de estos.

Es importante identificar que la necesidad de un plan no solo es para evitar las prácticas inadecuadas en el manejo de combustible, tener una guía para las diferentes actividades de los procesos evaluados, si no también que este sirva como una guía para evaluación a las instalaciones así como sus registros correspondientes, y esto debido a las condiciones encontradas en las fosas del sistema eléctrico, diques, iluminación, así como la rotulación, tomando en cuenta que el correcto estado de las diferentes instalaciones aseguran la continuidad operativa que es lo más importante para el departamento y toda la empresa.

3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL

Posterior a realizar una evaluación teórica al personal y una revisión a los procesos del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero, referente a las buenas prácticas relacionadas al manejo de combustible, se realizó una capacitación al personal con base a los resultados que se obtuvieron en las evaluaciones antes mencionadas, con el propósito de brindar el conocimiento al personal en aquellos aspectos en donde se evidenció alguna debilidad, así como la corrección de algunas prácticas.

Esto para que previo a emitir un plan de manejo de combustible para el departamento, se corrijan aquellas prácticas no adecuadas evidenciadas, y sobre todo que el personal tenga el conocimiento correcto y esté preparado para poder entender y poder llevar a cabo lo que dicte el plan de manejo de combustible.

3.1. Seguridad en el manejo de combustible

La actividad de manejo de combustible se convierte por sí sola en una práctica peligrosa, las cuales se tienen que realizar de manera adecuada para evitar cualquier tipo de incidente, ya sea hacia el personal, al ambiente o al patrimonio y continuidad operativa de un ingenio azucarero.

Por ello se inicia con una capacitación para el personal en cuanto a la seguridad que se debe de tener en el manejo de combustibles y esto se hace de manera general para las diferentes actividades que se llevan a cabo dentro del departamento.

En la figura 53, se muestra al personal del Departamento de Combustible tomando la capacitación referente a la seguridad en el manejo de estos líquidos inflamables, capacitación que se brindó a los diferentes puestos e independientemente a la cantidad de tiempo laborando para la empresa.

Figura 53. Capacitación seguridad en el manejo de combustibles



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.1.1. Características de los combustibles

Dentro de esta sección de manejo seguro de combustible, se brindan las características de los combustibles las cuales son de suma importancia para el conocimiento del personal, ya que esto debe de ser de conocimiento para todo el personal del Departamento de Combustible, y sobre todo por las actividades que se llevan a cabo en las instalaciones del departamento.

Como principales características para el conocimiento del personal se brindan lo siguiente sobre los combustibles:

- Densidad
 - Flotan sobre el agua
- Vapores
 - Altamente inflamables
 - Menor peso que el aire
- Volátil
 - Se vaporizan fácilmente
- Punto de ignición
 - Conjunto de condiciones físicas que son necesarias para que el combustible empiece a arder. (Ej. presión y temperatura)
- No renovables
 - Material que no se puede generar. Se encuentra en la naturaleza en cantidades limitadas.
- Poder calorífico
 - Lo cual le permite generar energía.

3.1.1.1. Características de la gasolina

Como uno de los combustibles manejados dentro de un ingenio azucarero, la gasolina es un combustible el cual, aunque no se maneja en las cantidades y los volúmenes del diésel, es importante conocer sus características específicas.

Brindando los conocimientos sobre las siguientes características:

- Apariencia: este combustible tiene una apariencia clara y brillosa, la cual debe de estar libre de agua, y materias suspendidas.
- Olor: todos los combustibles tienen un olor que los distingue, y aquellos que tengan un olor desagradable, será un indicador de que algo no está bien con el mismo.
- Octanaje: es la estabilidad de llama de un combustible y su característica específica para la ignición de un motor de combustión interna.

Adicional como parte de la capacitación se revisa la hoja de seguridad, específicamente las características peligrosas de este combustible, la cual en el capítulo 2 se pudo identificar que la mayoría del personal desconocían o no habían tenido la oportunidad de poder revisar la misma, destacando los siguientes peligros:

- Líquido inflamable que es de categoría 2
- Irritación en la piel categoría 2
- Mutación de células categoría 1B
- Cancerígeno de categoría 1B
- Toxicidad específica con categoría 1°

- Peligros al aspirarse categoría 1
- Peligro al medio ambiente acuático, peligro agudo o extremo categoría 3.

3.1.1.2. Características del diésel

El diésel es el combustible más utilizado dentro de la operación de un ingenio azucarero, por ende, es el de mayor manejo dentro del departamento y en con el cual se tiene actividad de manejo todos los días, así como una alta posibilidad de incidentes al no conocer sus características.

Dentro de esta sección se brinda el conocimiento de las siguientes características principales para este combustible:

- Apariencia: este combustible tiene una apariencia clara y brillosa, la cual debe de estar libre de agua, y materias suspendidas.
- Color: el cambio de a un color oscuro, puede ser signo de oxidación o contaminación. Específicamente para el diésel, un color más oscuro también puede interpretarse con un mayor contenido de azufre.
- Turbidez: indicador de agua suspendida.
- Olor: todos los combustibles tienen un olor que los distingue, y aquellos que tengan un olor desagradable, será un indicador de que algo no está bien con el mismo.
- Número de cetano: indica lo fácil de un combustible para ser quemado en un motor diésel.

- Tiempo de ignición
- Propagación de llama
- Período de combustión controlado

Al igual que la gasolina, como parte de la capacitación, se revisa la hoja de seguridad del diésel, la cual permite enfocar los conocimientos en las siguientes características peligrosas de este combustible.

- Líquido inflamable que es de categoría 3
- Irritación en la piel categoría 2
- Mutación de células categoría 2
- Cancerígeno de categoría 2
- Toxicidad específica con categoría 3
- Peligros al aspirarse categoría 1
- Peligro al medio ambiente acuático, peligro agudo o extremo categoría 3.

3.1.2. Manipulación de los combustibles

Dentro de la capacitación se incluye el tema de la prevención que se debe de tener al manejar los combustibles. Para el caso específico del ingenio azucarero, para aquellas actividades que involucren el manejo de diésel y gasolina.

3.1.2.1. Prevención al manipular diésel

El diésel es el combustible de mayor volumen y uso dentro de la operación de un ingenio azucarero, por ello es importante brindarle el conocimiento al personal sobre los riesgos que se corren al realizar el manejo de este

combustible, así como de sus medidas de prevención contra cualquier tipo de incidente o accidente.

- Riegos en el manejo de diésel

- Líquido y vapor inflamable
- Puede dar irritación a la piel
- Sospecha de causa de defectos congénitos
- Sospecha que causa cáncer
- Irritación al tracto respiratorio
- Puede causar náusea o mareos
- Puede ser fatal si se ingiere
- Peligro al medio ambiente
- Peligro a la vida marina

- Prevención en el manejo de diésel

- Mantener alejado del calor, chispas, fuego, y/o superficies calientes
- No fumar cerca de este
- Mantener contenedores o envases cerrados
- Utilizar equipos eléctricos a prueba de explosión
- Utilizar iluminación a prueba de explosión
- Utilizar herramientas que no produzcan chispas
- Medidas de precaución por cargas electrostáticas
- Utilizar EPP
- Lavarse las manos y brazos después de entrar en contacto con el combustible con abundante agua y jabón
- Seguir instrucciones especiales previo a la manipulación
- Evitar respirar, humos, nieblas, y/o vapores

3.1.2.2. Prevención al manipular gasolina

Aunque el Diesel es el combustible de mayor uso dentro de la operación de un ingenio azucarero, es importante conocer los riesgos y la prevención necesaria para el manejo de la gasolina, ya que como se ha descrito con anterioridad esta tiene una mayor inflamabilidad, lo cual aun con su bajo volumen de movimiento dentro del departamento, la convierte en un riesgo bastante elevado si el personal desconoce estos riesgos y sobre todo la prevención que se debe de tomar para la manipulación de este combustible.

- Riegos en el manejo de gasolina
 - Líquido y vapor altamente inflamable
 - Causa irritación a la piel
 - Sospecha de causa de defectos congénitos
 - Sospecha que causa cáncer
 - Irritación al tracto respiratorio
 - Puede causar náusea o mareos
 - Puede ser fatal si se ingiere
 - Peligro al medio ambiente
 - Peligro a la vida marina
- Prevención en el manejo de gasolina
 - Mantener alejado del calor, chispas, fuego, y/o superficies calientes
 - No fumar cerca de este
 - Mantener contenedores o envases cerrados
 - Conectar a tierra y utilizar equipos eléctricos a prueba de explosión
 - Utilizar iluminación a prueba de explosión

- Utilizar herramientas que no produzcan chispas
- Medidas de precaución por cargas electrostáticas
- Utilizar EPP
- Lavarse las manos y brazos después de entrar en contacto con el combustible con abundante agua y jabón
- Seguir instrucciones especiales previo a la manipulación
- Evitar respirar, humos, nieblas, y/o vapores
- Diferencia entre el diésel y gasolina
 - Por su refinación
 - La gasolina es más volátil
 - La gasolina es más inflamable
 - El diésel es más denso y aceitoso
 - La combustión del diésel es más lenta

3.2. Equipos contra incendio

Dentro de la capacitación al personal, se contempló el brindar el conocimiento teórico, así como práctico para el correcto uso de un extintor y de un sistema contra incendio, esto con la finalidad de que el personal esté entrenado y sepa cómo responder ante una emergencia que requiera la acción de estos equipos.

3.2.1. Extintores

Como parte de la capacitación al personal se brindó la teoría, así como la práctica del uso de extintores, con la finalidad de que el personal tenga el conocimiento para actuar ante una emergencia. En el proceso de evaluación, el

personal mostró un buen nivel en cuanto al uso del extintor teóricamente, sin embargo, al consultar el detalle de qué tipo de extintor se utiliza, la mayoría no pudo responder.

Por ello es importante reforzar el conocimiento del personal y detallar en la capacitación, el tipo de extintores que existen y cuál es el apropiado para ser utilizado en un conato de incendio que involucre algún tipo de combustible que se maneja en el departamento.

En la figura 54 se muestran como el personal es capacitado sobre el tipo de extintor utilizado para combatir un conato de incendio donde se involucre un combustible diésel o gasolina.

Figura 54. Capacitación uso de extintor



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

Temas brindados en la parte teórica de la capacitación sobre extintores:

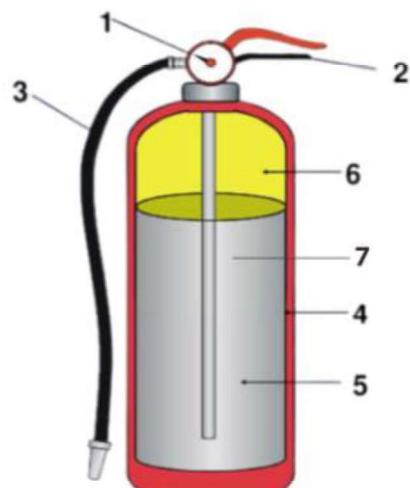
- Tipos de fuego extintores
 - Clase A: fuego en materiales como madera, cartón y plástico.
 - Clase B: fuego en materiales líquidos como aceite, combustibles y pintura.
 - Clase C: fuego en gases como butano, o propano.
 - Clase D: fuego en metales como magnesio, sodio y aluminio en polvo.
 - Clase F: para apagar fuegos donde se involucren aceites y grasas.
- Tipo de extintores por el agente extintor a utilizar
 - De agua: para combatir los fuegos tipo A.
 - De agua pulverizada: para combatir fuegos de tipo A y B (hogar).
 - De espuma: para combatir fuegos de tipo A y B.
 - De polvo: para combatir fuegos de tipo A, B, y C (Departamento de Combustibles).
 - De CO₂: para combatir fuegos de tipo A, B, y C (oficina, por el valor de los equipos eléctricos).

Como parte de la capacitación teórica, se brindó al personal las partes de un extintor como se muestran en la figura 55, así mismo en la parte práctica se repasan las partes ya con un equipo previo a llevar a cabo la acción de este.

- Partes de un extintor (figura 55)
 - Manómetro (1)
 - Válvula de salida (2)
 - Manguera (3)

- Cilindro (4)
- Agente extintor (5)
- Nitrógeno (6)
- Tubo sifón (7)

Figura 55. Partes de un extintor



Fuente: Extintores Milton (s.f.). *Extintores*.

Posterior a la parte teórica de la capacitación referente a extintores, se procedió a realizar una práctica para explicar lo visto en la parte teórica y llevar a cabo un simulacro de conato de incendio para mostrar y evaluar el correcto uso del extintor tipo ABC, contando con el mismo personal que participó en la parte teórica de esta fase de capacitación.

Dentro de las personas que fueron capacitadas, se pudo identificar a 7 personas que no habían recibido este tipo de entrenamiento, identificando que es necesario que cada determinado rango de tiempo que no sobrepase a los seis

meses, se lleve a cabo este tipo de entrenamiento y también sea un requisito indispensable para el ingreso del personal nuevo al departamento

Figura 56. Práctica capacitación uso de extintor



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.2.2. Sistema contra incendio

Al contar con un sistema contra incendio instalado en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero, y tomando de referencia los resultados obtenidos en la evaluación teórica realizada al personal, donde se evidencio que la mayoría del personal no contaba con el conocimiento o desconocía como operar y en qué consiste este sistema contra incendio. Se decide brindar una capacitación específica para brindar el conocimiento teórico sobre este, así como una práctica para el arranque y operación de este equipo.

Pretendiendo con esta parte de la capacitación, que el personal cuente con el conocimiento, así como las habilidades para poder combatir un incendio que se pueda dar en las instalaciones del Departamento de Combustible.

- Definición: un sistema contra incendio está diseñado para suministrar en grandes cantidades, agua a alta presión la cual permita combatir un incendio mayor, el cual ya no pueda combatirse a través de un extintor.
- Inspección: al ser un equipo que no se utiliza regularmente, a este se le debe de realizar una inspección semanal, y mensual.
 - Inspección visual del equipo y alrededores
 - Inspección de baterías
 - Nivel de combustible
 - Niveles de aceite
 - Nivel de refrigerante
- Mantenimiento: al ser un equipo bastante delicado y sobre todo la importancia que es tenerlo disponible. El mantenimiento debe de ser exclusivamente realizado por personal especializado en este tipo de equipos.

Como parte de la parte teórica se brinda en sitio como se muestra en la figura 57, una explicación sobre el funcionamiento, partes del sistema contra incendio, así como lo que se debe de inspeccionar previo a arrancar el sistema contra incendio instalado en el departamento.

El enfoque se brinda para la inspección previo al arranque, así como su arranque, ya que lo importante en este punto es que el personal sepa poder

accionar el mismo y sepa identificar si hay algo fuera de lo normal para que este equipo pueda operar con normalidad ante cualquier emergencia.

Figura 57. Capacitación sistema contra incendio



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

Dentro de la capacitación de un sistema contra incendio, se brinda una práctica para poder combatir un incendio a través del sistema contra incendio instalado en el departamento.

Como se muestra en la figura 58, se lleva a cabo una práctica en diferentes grupos, para que el personal sepa cómo accionar el sistema, así como accionar los hidrantes y colocar en mangueras para poder combatir un incendio de manera adecuada.

- Práctica de uso de un sistema contra incendio
 - Arranque automático y manual

- Uso de hidrantes
- Acoplamiento de mangueras
- Traslado y manejo de manguera con presión del sistema accionado
- Identificar partes del sistema
- Inspección de sistema

Figura 58. Práctica capacitación sistema contra incendio



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

3.3. Seguridad industrial

Como parte de la capacitación al personal posterior a los entrenamientos de manejo seguro de combustible, así como de los sistemas contra incendio, se brindó un refuerzo al personal sobre seguridad industrial para la realización de sus diferentes actividades.

Capacitación enfocada en cuanto al uso de EPP correcto, y adecuado según la permanencia o actividad que se realice en el Departamento de

Combustible y los primeros auxilios a aplicar al tener un incidente en la manipulación de los combustibles que se manejan en el departamento.

3.3.1. EPP

Como primer punto en el refuerzo a este tema, se brindó un recordatorio sobre el uso de EPP necesario para las diferentes áreas del Departamento de Combustible como se muestra en la tabla I, llevando a cabo un ejercicio teórico y práctico.

Tabla I. EPP necesario por área

EPP	Almacenamiento	Área		
		Despacho Pistas	Despacho <i>rack</i>	Recepción
Arnés	N/A	N/A	X	X
Botas industriales	X	N/A	X	X
Casco	X	N/A	X	X
Guantes	N/A	X	X	X
Lentes	N/A	X	X	X
Uniforme reflectivo	X	X	X	X

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Posterior al recordatorio del EPP necesario según la actividad a realizar según el área, se lleva a cabo un ejercicio práctico para capacitar al personal sobre el correcto uso de este como se muestra en la figura 61, así como de un recordatorio sobre lo importante y el objetivo de cada EPP.

Figura 59. Práctica, uso correcto EPP



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.3.2. Primeros Auxilios

Dentro del reforzamiento brindado como parte de una capacitación al personal del Departamento de Combustible en un ingenio azucarero, se brinda la parte del conocimiento en cuanto a los primeros auxilios que se pueden brindar ante un incidente en el manejo de combustible en las diferentes actividades que se realizan.

La figura 60 expone la capacitación brindada al personal del Departamento de Combustible con enfoque en primeros auxilios ante un incidente con diésel o gasolina, los cuales son los combustibles que requieren una manipulación en el departamento.

Figura 60. **Capacitación primero auxilios**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Primeros auxilios ante un incidente con combustibles
 - Contacto en los ojos: lavar los ojos inmediatamente con abundante agua.
 - Contacto con la piel: lavar con abundante agua y jabón el área afectada, así como retirar lo más inmediatamente posible ropa mojada con combustible si este fuera el caso.
 - Ingestión de combustible: no provocar vómito, y proteger las vías respiratorias.
 - Inhalación directa: la cual puede causar náusea y mareo, por lo que es importante llevar a la persona a un área ventilada en lo que se recupera.

Todo lo anterior se realizará como una medida inmediata, ya que se debe de regir bajo el procedimiento de emergencia del departamento y personal especializado en clínica médica tomará las acciones necesarias.

3.4. Buenas prácticas ambientales

Las buenas prácticas ambientales en un departamento que realiza diferentes actividades relacionadas con el manejo de combustible deben de tener un alto nivel de conocimiento en el tema de buenas prácticas ambientales, es por ello por lo que como parte final pero no menos importante, se brinda una capacitación hacia el personal, específicamente sobre el manejo de desechos y residuos, así como las acciones a tomar cuando se dé un derrame de combustible.

En la figura 61 se identifica a uno de los grupos recibiendo esta parte de la capacitación, la cual aparte de la parte teórica, se realizaron recordatorios en las diferentes áreas de trabajo.

Figura 61. Capacitación, buenas prácticas ambientales



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2021). Colección particular. Guatemala.

3.4.1. Clasificación de desechos y residuos

Dentro de la operación del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero se generan varios tipos de desechos y residuos, los cuales son importantes clasificar en un contenedor específico para este, con la finalidad de no generar una contaminación ambiental y tratar de manera adecuada aquellos que así lo requieran.

- Diferencia entre desecho y residuo
 - Desecho: aquellos que ya no pueden ser reutilizados o reciclados.
 - Residuo: aquellos que tienen potencial para ser reciclados o reutilizados en otra actividad.

En la empresa se cuenta con un programa de desecho y residuos por lo que se hace un recordatorio al personal cuál es la clasificación para que pueda ser adecuadamente implementada en sus áreas de trabajo. Esto en cumplimiento con la legislación nacional que se detalla en el reglamento 164-2021 que contienen las regulaciones que debe de cumplir la empresa en cuanto al manejo de desechos emitido por el MARN.

La clasificación actual según color y etiquetado de los contenedores para el Departamento de Combustible se refleja en la figura 62.

Figura 62. **Clasificación de residuos**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

- Clasificación de residuos
 - Orgánico, color negro
 - Ejemplo: cáscaras de frutas
 - Papel y cartón, color azul
 - Ejemplo: cajas de materiales a utilizar
 - Latas y plásticos, color amarillo
 - Latas de gaseosas consumidas
 - Botes plásticos de gaseosas consumidas
 - Varios, color gris

- Aquel material que esté fuera de la clasificación anterior

Para el Departamento de Combustibles se deben de contar con contenedores adicionales para desechos con presencia de combustible, los cuales deben de ser de color naranja, como se muestra en la figura 63.

Figura 63. Contenedor para materiales con desechos de combustible



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

También se debe de contar con contenedores específicos para los desechos resultado de la contención de un derrame de combustible, caso específico, arena con residuo de combustible como se muestra en la figura 64.

Estos contenedores tienen la finalidad de separar los desechos de materiales que entraron en contacto con combustible diésel o gasolina, para que también puedan ser tratados según el procedimiento de plan de manejo de desechos de la empresa.

Figura 64. **Contenedor para desechos de derrames de combustible**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

3.4.2. Control de derrames de combustible

Se brinda al personal como contener un derrame de combustible derivado a lo hallado en la evaluación al proceso en el despacho de combustible en pistas. En donde se pudo observar que se tiene una alta posibilidad de derrames por fallas mecánicas en los vehículos que se atienden en esta área.

Esta parte de la capacitación se divide en las herramientas necesarias para contener, así como las acciones a tomar ante un derrame en diferentes escenarios.

- *Kit necesario para el control de un derrame*
 - Para delimitar: cordón absorbente, el cual también puede ser arena o aserrín.

- Para absorber:
 - Paños absorbentes, los cuales idealmente deben de tener un metro cuadrado.
 - Rollos absorbentes para derrames, los cuales idealmente deben de ser de más de un metro cuadrado.
 - Material absorbente el cual puede ser arena o aserrín.
- Para recoger desechos:
 - Pala para recoger desechos contaminados.
 - Contenedor especial para este tipo de desechos. (Color naranja con etiqueta, arena contaminada)
 - EPP: botas, guantes, y mascarilla.
- Derrame sobre superficies de concreto
 - Delimitar el área con cordones absorbentes (arena o aserrín) para evitar que este se propague a mayor área.
 - Evitar que el combustible entre en contacto con el suelo, drenajes o fuentes de ignición que puedan provocar un incendio.
 - Absorber el fluido con material absorbente (arena o aserrín).

- Recolectar el material absorbente en un contenedor específico (recipiente color naranja etiquetado con arena contaminada).
- El material absorbente contaminado con desecho de combustible debe de enviarse al área correspondiente (tratamiento de desechos de la empresa).
- Derrames sobre el suelo
 - A diferencia del derrame sobre una superficie de concreto, en el suelo, adicionalmente se debe de tomar en cuenta:
 - Como el suelo absorbe el combustible rápidamente, se debe extraer la parte del suelo que ha sido alcanzada por el combustible.
 - Si el derrame es en grandes proporciones, se debe de realizar una remediación del suelo contaminado. (Este proceso lo realizaría personal especializado en el tema)
- Derrame sobre cuerpos de agua
 - Se debe actuar inmediatamente con cordones absorbentes para evitar que el derrame se propague. (Recuerde, el combustible flota sobre el agua).
 - Se debe de absorber el combustible con paños hasta tratar de retirar todo el combustible del agua.

- El líquido extraído como los paños utilizados deben de ir en el contenedor específico color naranja.
- Estos materiales, posterior al derrame deben de enviarse al área correspondiente (tratamiento de desechos de la empresa).

4. RESULTADOS Y PROPUESTA DEL PLAN DE MANEJO DE COMBUSTIBLES

En el presente capítulo se estructuró la propuesta de un plan de manejo de combustible para que pueda ser implementado en el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero, el cual ayudaría a reforzar los controles y riesgos ambientales que genera la actividad de manejo de combustible en sus diferentes procesos dentro de este departamento o en toda aquella operación similar.

4.1. Descarga de combustible

Una descarga al igual que toda aquella actividad que involucre el manejo de combustible debe de realizarse de forma segura y controlada. Por ello es importante realizar la actividad en un área adecuada y asignada específicamente para esta, controlada y tomando en cuenta los siguientes parámetros, los cuales buscan la seguridad de las personas, y el cuidado ambiental sin olvidar la continuidad operativa del Departamento de Combustible en un ingenio azucarero o cualquier otra área similar en donde se involucre este tipo de actividad.

4.1.1. Herramienta, equipo y documentación

Dentro de lo necesarios para llevar a cabo una descarga de combustible se encuentra la herramienta, equipos tanto complementario como EPP, así como la documentación necesaria para poder realizar una actividad segura con materiales adecuados para esta actividad.

- Herramienta y equipo
 - Embudo de aluminio con tenaza para conectar a tierra
 - Cubetas de aluminio con tenaza para conectar a tierra
 - Pasta para detectar agua en el combustible
 - Pasta para medir combustible
 - Vara de aluminio o madera para medir combustible
 - Cinta métrica para medir tanques
 - Kit para derrames
 - Material absorbente (Arena)
 - Escoba
 - Recogedor
 - Contenedor para material absorbente contaminado
 - Bandeja de contención de aluminio con tenaza para conectar a tierra
- Documentos
 - Factura o envío con la descripción del combustible a descargar
 - Hoja de seguridad del combustible a descargar
 - Formatos para documentar la descarga
 - Plan de manejo de combustible
 - Tabla de calibración de los tanques
 - Tabla de calibración de la cisterna

- EPP
 - Uniforme de algodón con reflectivos
 - Botas con punta de acero o compuesta
 - Casco con barbiquejo
 - Lentes de protección
 - Guantes especiales para manejo de combustibles
 - Arnés con dos guías
 - Idealmente, mascarilla para vapores (P95)

4.1.2. Previo a la descarga

Previo a descargar se deben de considerar varios aspectos, los cuales se convierten en una validación para el personal previo a realizar la actividad de descarga de combustible. El realizar o no estas actividades, pueden ser la diferencia entre realizar una descarga segura y prevenir o no un incidente o accidente cuando se lleva a cabo esta actividad.

- Previo a la descarga se debe de:
 - Revisar el presente plan como instructivo para una descarga segura.
 - Revisar hoja de seguridad del producto a descargar y tener la misma ante la necesidad de una consulta.
 - La velocidad del camión cisterna debe de ser menor o igual a 10 Km/h en el ingreso al área.

- Todo personal que entra al área de descarga debe de contar con su EPP, incluyendo guardias de seguridad.
- El área asignada como área de descarga, debe de estar adecuada para evacuar la cisterna en caso de emergencia.
- Solo se deben de realizar descargas en áreas adecuadas, acondicionadas y asignadas para este tipo de actividad.
- Se debe de brindar un reposo de la cisterna de 15 a 30 minutos máximo.
- Cuando el camión cisterna queda posicionado en el área, se debe de inspeccionar lo siguiente:
 - El motor debe de permanecer apagado hasta que finalice la actividad de descarga.
 - El interruptor que corta la corriente de todos los componentes eléctricos de la cisterna debe de estar activado.
 - Las llaves del camión deben de permanecer puestas.
 - El camión debe de contar con cuñas
 - El *kit* de derrames de la cisterna debe de estar en el perímetro de la descarga.

- Se debe de delimitar con conos el área específica de la actividad para evitar el tránsito de otros vehículos o personal no autorizado.
- La cisterna debe de estar conectada al sistema de tierra de la estación.
- Dentro del área delimitada se debe colocar extintores de la estación, y cisterna, así como del *kit* contra derrames de la estación.
- Dentro del área de descargar debe de existir una rejilla para la contención de un derrame de grandes magnitudes, estas deben de estar limpias y libres de cualquier material para conducir el combustible a estas si fuera necesario.
- Si se llevan actividades de descarga en horario nocturno, se debe de contar con iluminación, la cual debe de ser anti-explosión si se coloca en un rango de 1.6 metros o menos.

4.1.3. Durante la descarga

Al igual que se realizan validaciones previo a realizar la actividad de descarga, también se debe de prestar atención a varios aspectos cuando ya se realiza esta actividad como tal.

- Durante la se descarga se debe de:
 - Validar el espacio disponible en el tanque donde se realizará la descarga, el cual debe de tener una capacidad del 110 % de la cantidad que se requiere descargar.

- La capacidad del tanque no debe de exceder de un 90 % de su capacidad nominal, para prevenir un derrame de combustible.
- Por control de inventario, se debe suspender el despacho o no utilizar el tanque donde se realizará la descarga.
- La medición del producto dentro de la cisterna debe de coincidir con la cantidad de producto en la tabla de calibración.
- Verificar que no exista una fuente de generación de chispa cercana a la actividad de descarga.
- Validar que todos los acoplamientos sean herméticos para evitar fugas de combustible.
- Todos los acoplamientos deben de quedar ajustados y no tener ningún tipo de fuga.
- Se necesita extraer una muestra del combustible para poder determinar la calidad del combustible.
- La descarga se puede dar por medio de equipo de bombeo que debe de ser anti-explosión o por gravedad.
- Si durante la descarga se presentan fugas, se deberá detener la operación y realizar las correcciones necesarias.

- En todo momento el responsable de la actividad, así como el piloto de la cisterna, deben de estar presentes y brindando atención a la actividad.
- Las mangueras que se utilizaran para descargar a través de bomba o gravedad deben de ser especiales para este tipo de actividad (manguera para trasiego de petroquímicos).
- Para liquidar la cisterna, se deben utilizar rampas adecuadas y no piedras o trozos de madera.
- Se debe de drenar el residuo de combustible que queda dentro de la manguera, el cual se debe de realizar en una bandeja de aluminio conectada a tierra.
- Se debe de ingresar al tanque de combustible las muestras y los restos de combustible obtenidos de la liquidación de la cisterna.

4.2. Almacenamiento de combustible

Dentro del manejo de combustible en el departamento se encuentra el proceso de almacenamiento, el cual tiene muy poca actividad en cuanto al almacenamiento de forma adecuada el diésel y gasolina.

A continuación, se describe como parte del plan de manejo de combustible, las consideraciones necesarias para poder almacenar de una manera adecuada el diésel y gasolina regular en las instalaciones del Departamento de Combustible de un ingenio azucarero.

4.2.1. Instalaciones y equipo

Para la actividad de almacenamiento, la cual no es una actividad donde constantemente se tenga manipulación o contacto con el combustible, sin embargo, requiere cierto nivel de instalaciones, así como identificar el EPP necesario para transitar o permanecer dentro de esta área.

- Instalaciones necesarias en el área de almacenamiento
 - El almacenamiento de combustible se puede realizar en tanques superficiales o subterráneos.
 - Para el almacenamiento en tanques superficiales, estos deben de contar con un dique que tenga la capacidad de contener el 100 % de la capacidad nominal del tanque.
 - Los diques de los tanques superficiales deben estar en óptimas condiciones, se debe inspeccionar que no cuente con grietas o filtraciones.
 - El perímetro del área debe de ser un área impermeable rodeada por rejillas que estén conectadas a cajas API.
 - Los diques deben de encontrarse con llaves cerradas y limpios, permitiendo que el combustible no se vaya directamente a las cajas API y que no se llegara a contaminar en el momento de una emergencia.

- Los tanques subterráneos deben de tener un contenedor de derrames en su ingreso.
- Los tanques subterráneos, deben de tener idealmente, una verificación de funcionalidad anualmente.
- Para la gasolina los tanques deben de contar con una válvula de venteo que libere la sobrepresión de vapor de combustible en los tanques.
- EPP necesario en el área de almacenamiento
 - Uniforme de algodón con reflectivos
 - Botas con punta de acero o compuesta
 - Casco con barbiquejo
 - Lentes de protección
 - Guantes especiales para manejo de combustibles

4.2.2. Durante el almacenamiento

Ya en el proceso de almacenamiento del diésel y gasolina, se deben de tomar varias medidas, que van desde las actividades que se realizan para llevar el control de inventario, así como otros aspectos que aseguran dicha actividad.

- Consideraciones en el almacenamiento
 - No debe de ser transitada por personal ajeno al departamento y si se diera la necesidad de tener personal ajeno, este debe de ser

siempre acompañado y previamente instruido sobre las normas a cumplir en dichas instalaciones.

- Es un área restringida donde no se debe de permitir la portación o uso de aparatos eléctricos.
- Todos los tanques, tanto superficiales como subterráneos deben de permanecer cerrados con candado para asegurar el inventario de combustible.
- La medición de los tanques se puede llevar a cabo con vara de madera, aluminio o cinta. Estas deben de estar en óptimas condiciones, números legibles e integridad de esta para evitar una variación de inventario.
- Para la medición de los tanques, se debe de validar presencia de combustible con pasta (Kolor Kut) especial que cambia de tono al entrar en contacto con el agua, y para la medición del nivel de combustible se utiliza pasta especial (Kolor Kut) la cual cambia de tono al entrar en contacto con el combustible.
- Se deben de tomar muestras del combustible almacenado, el cual debe de estar en los parámetros de calidad.
- Los tanques deben de tener idealmente una limpieza anual para asegurar la calidad del combustible.

- Los desechos obtenidos por la limpieza de tanques, debe de ser tratado adecuadamente o trasladados al área encargada de dichos desechos.
- No se deben de realizar actividades que provoquen o generen chispas en una distancia no menor a seis metros de donde se ubique el perímetro de almacenamiento.
- Todo trabajo que se necesite realizar en esta área debe de contar con un permiso de trabajo que asegure las condiciones en que se llevará a cabo este.
- Se debe de tener un mantenimiento periódico que involucre la inspección y revisión de las instalaciones.

4.3. Despacho de combustible

En la actividad de despacho se tiene una mínima manipulación directa de los combustibles, ya que esta actividad se realizará a través de equipos dispensadores que lo realizan de manera automatizada lo cual reduce la posibilidad de entrar en contacto directo con este.

Sin embargo, aunque sea mínima se tiene contacto con el combustible y sobre todo se generan vapores, formando una atmósfera inflamable al igual que las otras actividades, con la diferencia que en dicha actividad se tiene la presencia de personal ajeno al departamento, quien puede tener o no, el conocimiento sobre las buenas prácticas cuando se lleva a cabo un despacho de combustible.

4.3.1. Previo al despacho de combustible

Es importante definir las actividades y consideraciones necesarias que se deben de tomar en cuenta previo a realizar la mayor actividad que se lleva a cabo en el departamento, la cual consiste en brindar combustible directamente a maquinaria o a cisternas para el traslado de este. La cual por la alta demanda que tiene, aumenta grandemente la posibilidad de incurrir en un incidente o accidente.

- Normas previo a un despacho de combustible
 - Se debe de ingresar el vehículo en el área específica y cercana al equipo de despacho.
 - La velocidad máxima de un vehículo en el área de despacho debe de ser de un máximo de 10 Km/h.
 - Todo vehículo debe de estar apagado en su totalidad (sin luces, radio o intermitentes).
 - No se debe contar con ningún dispositivo electrónico por parte del responsable del despacho como del usuario, el cual pueda provocar chispa (celular, radio o similar).
 - Es prohibido fumar en el perímetro del área donde se realiza el despacho de combustible.
 - Dentro del perímetro donde se realiza la actividad de despacho, se debe asegurar que no se tenga ninguna actividad que genere

peligro para esta (soldadura, trabajos con pulidora, fogatas o similares).

- El área debe de contar con dos extintores por equipo de despacho, los cuales deben de estar vigentes y en un fácil acceso.
- Se debe de contar con un *kit* de derrames, el cual debe de estar colocado estratégicamente para poder hacer uso de este rápidamente.
- Para el despacho en pistas, las mangueras deben de estar en buenas condiciones y no presentar grietas, o desgaste. De presentarse alguna de las anteriores estas deben de ser cambiadas inmediatamente.
- De existir fuga en cualquier acople o equipo de despacho se debe de reparar previo a realizar la actividad.

4.3.2. Durante el despacho en rack

En la revisión al proceso, se identificó que el departamento tiene dos tipos de despacho, dentro de los cuales se encuentra el despacho de combustible en *rack*, actividad que consiste en realizar despacho a granel a camiones cisterna.

Por lo antes mencionado, se lleva a cabo una separación en los tipos de despacho, considerando el EPP, así como las medidas a tomar previo a realizar este tipo de despacho.

- EPP necesario en la actividad de despacho de combustible

- Uniforme de algodón con reflectivo
- Calzado industrial con punta de acero o compuesta
- Casco con barbiquejo
- Arnés de seguridad
- Lentes de protección
- Guantes especiales para manejo de combustibles
- Durante el despacho
 - El personal debe de contar con su EPP previo a realizar la actividad de despacho.
 - Durante la estadía de la unidad cisterna a abastecer, se debe de implementar un bloqueo de la unidad para evitar que esta se retire del área provocando una caída del colaborador que abastece.
 - El piloto de la cisterna y el responsable del abastecimiento deben de prestar atención en todo momento durante el despacho de combustible.
 - Al momento de realizar la medición el colaborador se debe de enganchar a la línea de seguridad y lo mismo para el piloto cuando se lleva a cabo el despacho y el monitorea el llenado.
 - Se debe de prestar siempre la atención al nivel del llenado de la cisterna, ya que por inconvenientes en el equipo de despacho se puede dar un sobrellenado de la cisterna.

- Para la medición previo y posterior al despacho, se debe de utilizar una vara especial para medición de combustible. (Madera o aluminio en óptimas condiciones para evitar variación de las medidas)
- Todo residuo de la actividad de despacho que haya tenido contacto con combustibles debe de depositarse en el contenedor específico para estos desechos.
- Ante un incidente o accidente se debe parar el despacho inmediatamente y presionar el botón de paro de emergencia.

4.3.3. Durante el despacho en pistas

Dentro de las actividades evaluadas, el despacho en pistas es la actividad con mayor movimiento en cuanto a lo que debe de realizar el personal del departamento, así como de una presencia alta de personal ajeno a la operación, ya que la maquinaria y vehículos que ingresan, representan cada una de ellas, por lo menos una persona que puede o no conocer las normas a seguir en estas instalaciones.

Para ello se emite el EPP necesario e indispensable para el personal a cargo de esta actividad, así como de las consideraciones a tomar por este personal en el tiempo donde se hace efectivo este trasiego de combustible.

- EPP necesario
 - Uniforme de algodón con reflectivo

- Calzado industrial con punta de acero o compuesta
- Guantes especiales para manejo de combustibles
- Lentes de protección
- Durante el despacho
 - El personal ajeno al departamento debe permanecer idealmente en el interior del vehículo, y evitar estar trasladándose por el área de despacho.
 - Se debe de contar con rótulos de prevención (no fumar, no teléfonos, y motor apagado como mínimo) los cuales deben de ser rápidamente identificados por el usuario que visita el área.
 - Debe de prestarse atención durante todo el despacho de combustible, no dejando el equipo de despacho desatendido.
 - Evitar el sobrelleñado de tanque, el cual se puede evitar haciendo uso del disparador automático de vapores.
 - Se debe tener una inspección visual del tanque para evitar un sobre llenado de este.
 - En el caso de que haya un sobrelleñado, se debe de actuar según el manejo de derrames establecido.
 - En las cercanías del despacho, debe de ser de fácil acceso el ir por extintores y el *kit* contra derrames.

- Todos los desechos resultados de la contención del derrame deben de ir en el recipiente específico y no mezclarlo junto a otros residuos o desechos de otro tipo.
- Ante la presencia de una fuga o desperfecto del equipo se debe detener el despacho.
- Ante un incidente o accidente se debe parar el despacho inmediatamente y presionar el botón de paro de emergencia.
- En caso de emergencia por contacto con la piel, ojos o ingerir combustible por accidente, se debe de actuar según la hoja de seguridad del combustible.

4.4. Seguridad industrial

Dentro de un plan de manejo de combustible, es importante e indispensable contar con una sección sobre la seguridad industrial la cual se pueda enfocar en los riesgos a cubrir por el manejo de combustible que se tiene en las diferentes actividades.

Para ello se genera una matriz de riesgo para las principales áreas que se han ido desarrollando dentro del presente plan de manejo de combustible en un departamento a cargo de este material en un ingenio azucarero.

4.4.1. Matriz de riesgos para seguridad y salud en el trabajo

Se realizó una matriz de riesgo con base a la Norma ISO 45001:20018 específicamente en su inciso 6.1 el cual indica una serie de acciones para

identificar riesgos y oportunidades, con el objetivo de prevenir riesgos en las diferentes actividades enfocadas en la seguridad y salud en el trabajo del personal en el departamento, aprovechando con la matriz de riesgos generar medidas de control para aquellos riesgos identificados en la realización de las actividades de recepción, almacenamiento, y despacho de combustible.

Esta matriz de riesgo se desarrolla bajo tres criterios para poder establecer un nivel de riesgo según el peligro al que está expuesta la persona que realiza la actividad, estos tres criterios son la severidad, la probabilidad y el nivel de riesgo.

La severidad se define como el impacto del riesgo y que consecuencias negativas resultan. En la tabla II se identifica como se desglosa dicha calificación mostrada en la tabla V.

Tabla II. Severidad en matriz de riesgo

Grado de severidad	Abreviatura
Levemente dañino	LD
Dañino	D
Extremadamente dañino	ED

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

En el caso de la probabilidad, se determina sobre lo fácil o no de que se dé el peligro identificado en la manipulación del combustible. En la tabla III se muestran los criterios para la probabilidad de la matriz mostrada en la tabla V.

Tabla III. Probabilidad en matriz de riesgo

Nivel de probabilidad	Abreviatura
Baja	B
Media	M
Alta	A

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

El nivel de riesgo se determina en una combinación entre severidad y probabilidad, en la tabla IV se identifica un resumen sobre el nivel de riesgo según su probabilidad y severidad, la cual fue utilizada para determinar la matriz de riesgo de la tabla V.

Tabla IV. Matriz de Nivel de riesgo

		SEVERIDAD		
		Ligeramente Dañino		Extremadamente Dañino
		LD	D	ED
Probabilidad	Baja	Riesgo trivial T	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO
	Media	Riesgo tolerable TO	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I
	Alta	Riesgo moderado MO	Riesgo importante I	Riesgo intolerable IN

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La tabla V, brinda el detalle de la matriz de riesgo la cual identifica a detalle los peligros a los que se expone el personal al realizar las diferentes actividades

en el manejo de combustible en los procesos de almacenamiento, despacho y recepción.

En el apartado de actividad en la tabla V, para la matriz de riesgos, se trabaja bajo la línea de los procesos evaluados, almacenamiento, despacho y recepción. En el apartado de riesgo se detallan las actividades que realiza una persona en los diferentes procesos enunciados en la actividad identificados como un riesgo para la salud del colaborador, posterior a ello con la ayuda de lo explicado en la tabla II, III y IV se califica el riesgo asociado a la actividad según la severidad, probabilidad y nivel de riesgo de cada una de estas.

Tabla V. Matriz de riesgos

Actividad	Riesgo	Severidad			Probabilidad		Nivel de riesgo			Medida de control		
		LD	D	ED	B	M	A	T	TO	MO	I	IN
Despacho Recepción	Atropello o golpe con vehículos											Rotulación velocidad máxima 10 Km/h Mantenimiento periódico a señalización
Almacenamiento Recepción	Caídas desde diferentes alturas en medición de tanques y cisternas											Uso de arnés Implementación y/o inspección barandas
Almacenamiento Despacho Recepción	Caídas desde el mismo nivel por derrame de combustible Pasos peatonales obstruidos											Manejo de derrames Inspección orden y limpieza

Continuación tabla V.

Almacenamiento	Contacto o exposición a líquidos y vapores de combustible				Asignación e inspección de uso EPP Plan de mantenimiento de instalaciones
Almacenamiento	Deficiencia de infraestructura en instalaciones				Asignación e inspección de uso EPP Plan de mantenimiento de instalaciones
Almacenamiento	Despacho	Explosión			Sistema contra incendio y extintores Plan de mantenimiento de instalaciones
Almacenamiento	Recepción				Asignación e inspección de uso EPP Plan de mantenimiento e inspección de instalaciones
Almacenamiento	Despacho	Golpes-Cortes			Revisión de cumplimiento de normas de seguridad Plan de mantenimiento e inspección de instalaciones Sistema contra incendio y extintores
Almacenamiento	Recepción	Incendios			

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

4.5. Riesgos ambientales

Las diferentes actividades de manejo de combustible traen consigo un riesgo ambiental al no considerar o establecer normativas para evitar incidentes o accidentes que impacten al medio ambiente. Por ello es importante determinar

los riesgos ambientales asociados a la evaluación en los procesos de almacenamiento, despacho y recepción.

Dichos riesgos ambientales fueron determinados a través de la metodología de la matriz de Leopold, la cual brinda un análisis simple de las actividades o acciones evaluadas en el Departamento de Combustible, con la finalidad de poder identificar y valorar los riesgos ambientales, los cuales se desarrollarán para que sean parte y considerados en la implementación de un plan de manejo de combustible.

Para desarrollar la matriz de Leopold mostrada en la tabla VI, en la columna Impacto Ambiental se identifican los principales factores ambientales que pueden llegar a ser afectados por las operaciones del departamento en sus diferentes procesos, así como el detalle de donde se puede ver afectado dicho factor.

En el apartado de las acciones, se continúan las evaluaciones en los procesos que han sido evaluados en el presente trabajo, detallando las principales actividades que puedan tener un riesgo ambiental por la realización de estas.

Con base a la identificación de los factores ambientales como el detalle de las acciones en los procesos, se califica en la primera fila la magnitud que tiene el factor a evaluar en un rango de -1 a -10 en combinación de factores baja, media y alta, en la segunda fila la importancia en un rango de 1 a 10 en combinación de factores temporal, media permanente en combinación puntual, local y regional.

La evaluación se realiza con base a las debilidades encontradas en la evaluación de los procesos, donde se identificaron oportunidades de reducir y/o

eliminar dichas acciones, valorando la magnitud e importancia en los escenarios de la matriz considerando escenarios de mayor magnitud relacionados a los volúmenes manejados y considerando escenarios críticos para poder enfocar los riesgos ambientales.

Tabla VI. Matriz de Leopold

		Acciones	Almacenamiento	Pistas y		Recepción		Afectaciones		
			o	rack						
		Almacenaje	Limpieza	Mantenimiento	Despacho	Mantenimiento	Descarga	Mantenimiento	Muestreo	Positivas
Impacto ambiental										
Aire	Atmósfera	-2	-1	-1	-1	-1	-2	-1	-1	8
	inflamable	3	1	1	1	1	1	1	1	
Agua	Derrame	-7	-2	-3	-1	-3	-7	-2	-1	8
	cuerpos de agua	1	1	1	1	1	1	1	1	
Suelo	Derrame	-9	-7	-3	-3	-1	-7	-1	-1	8
	Manto freático		2	1	1	1	2	1	1	
Flora	Árboles		-3							1
			3							-3
	Pastos		-3	-1	-1	-1	-2	-1		6
			3	1	1	1	1	1		-9
Fauna	Aves		-1	-1		-1				3
			1	1		1				-3
	Reptiles		-3				-1			2
			1				1			-4
Conservación de recursos	Desechos líquidos		-7	-3	-1	-3	-7	-3	-1	7
			1	1	1	1	1	1	1	
	Desechos sólidos		-4	-6	-4	-6	-1	-6	-4	7
			1	1	1	1	1	1	1	
	Clasificación de residuos		-6	-5	-3	-5	-1	-3	-1	7
			10	3	1	3	3	1	1	
										-24

Continuación tabla VI.

Promedios Positivos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Promedios Negativos	4	9	8	7	8	8	7	6	57
Agregación de impactos	-	-	-	-14	-	-	-	-9	-
	24	31	23		21	28	17		167

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La tabla VI obtenida a través de la metodología de la matriz de Leopold deja como resultado 2 riesgos ambientales de bastante criticidad para el manejo de combustible, los cuales son los derrames (-58) y el manejo de desechos, así como residuos (-80) resultados de la operación de este departamento.

Esto con base a la interpretación según la metodología, en donde el más alto puntaje de un número negativo en la parte de agregación de impactos, implica medidas de corrección y mitigación. Para el caso del Departamento de Combustible, medidas indispensables para la continuidad de su operación.

4.5.1. Derrames de combustible

Dentro del Departamento de Combustible en un ingenio azucarero, donde su principal función es el manejo de diésel como gasolina, se genera una alta posibilidad de derrames de combustible y por ello posterior a la capacitación del personal, el presente plan, pretende que se diga cierto normativo que pueda reducir la posibilidad de un derrame o en caso de que este ya se generó, el poder contener el mismo para evitar una contaminación ambiental.

- Dentro del departamento se puede dar un derrame de combustible principalmente por:

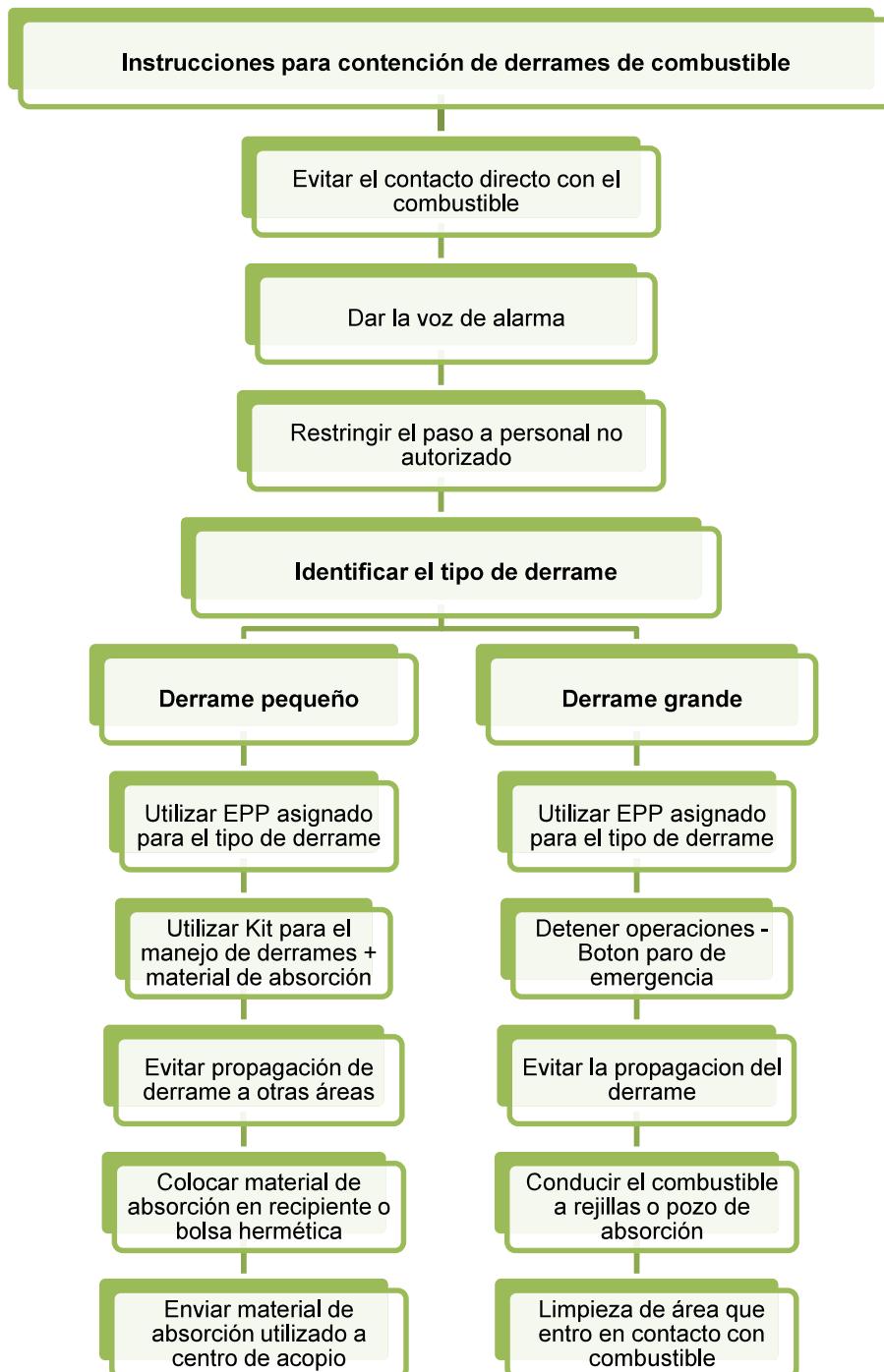
- Sobrelleñado de tanques (Recepción y despacho)
- Fuga en tubería que traslada combustible
- Fuga en equipos de despacho
- Descuido en las diferentes actividades de trasiego
- Fuga en tanques
- Desperfectos mecánicos de la unidad a la que se despacha

Importante que las causas antes descritas pueden provocar un derrame pequeño el cual puede ser controlado con el *kit* de derrames o si se suscita un derrame de grandes magnitudes donde se necesita contener por medio de diques o rejillas que reduzcan el impacto de dicho derrame. Resaltando con ello la importancia que tiene el contar con rejillas limpias y libres de cualquier obstrucción como se mencionó en el apartado de capacitación.

Por ello se genera un instructivo el cual se muestra en la figura 65, por medio del cual se pretende brindar los pasos necesarios para la contención de un derrame según las dimensiones de este.

Es importante destacar que dicho instructivo debe de ser periódicamente revisado por el personal que se encuentra en las actividades, y como una medida obligatoria para el personal de nuevo ingreso al departamento. Esta medida como una medida para mitigar los resultados obtenidos en la evaluación al personal y a los procesos, donde se pudo identificar que no se cuenta con el mismo nivel de conocimiento.

Figura 65. **Instrucciones para la contención de derrames**



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Word.

4.5.2. Manejo de desechos y residuos

Como medida ambiental, también se encuentra el manejo de los desechos y residuos que se obtienen como resultado de la realización de las diferentes actividades dentro del Departamento de Combustibles de un ingenio azucarero.

Por ello adicional de la parte de la capacitación al personal donde se brindó el conocimiento para poder llevar a cabo dicha actividad, este apartado brinda las consideraciones y revisiones que se debe de realizar para poder contar con un buen manejo de residuos, lo cual permite también aplicar la regla de las 3 erres, la cual consiste en reducir, reutilizar y reciclar.

- Normativo para poder llevar a cabo un buen manejo de residuos y desechos en el departamento:
 - Se debe de asignar un área específica para la colocación de los recipientes.
 - La identificación de los recipientes debe de ser constantemente inspeccionada para asegurar que se tiene una buena identificación de estos.
 - Se deben de realizar inspecciones regulares para validar que se realice una correcta clasificación.
 - Si los recipientes se encuentran a la intemperie, estos deben de contar con tapadera para evitar el ingreso de agua pluvial o desechos no deseados.

- Los desechos no deben mezclarse en ningún momento.
- Identificar con el equipo de trabajo aquellos materiales que apliquen a reducir, reutilizar o reciclar para disminuir la cantidad de residuos.
- Para los desechos con combustible, se debe asegurar que el recipiente no tenga ningún tipo agujero o grieta que pueda ocasionar derrame de estos.
- Los recipientes con desechos de combustible deben de estar separados del resto de residuos.
- Para los desechos de combustible, se debe de identificar si son líquidos o sólidos.
 - Los desechos sólidos de combustible pueden ser arena contaminada utilizada para contener un derrame, material absorbente utilizado para limpiar combustible en herramienta y equipo, como trapos o wipe.
 - Los desechos líquidos de combustible pueden ser mezcla de agua con combustible, combustible contaminado con otro material el cual ya no es apto para su uso.
- Es imprescindible realizar una correcta entrega de los desechos y residuos al área responsable.

La figura 66 muestra un ejemplo de las baterías de contenedores para residuos implementadas en el Departamento de Combustible en un ingenio azucarero, el cual permitirá la correcta separación de estos.

Figura 66. **Contenedores para residuos**



Fuente: [Fotografía de Jorge Morales]. (Escuintla. 2022). Colección particular. Guatemala.

4.5.3. Disposición final de desechos de combustible

En seguimiento al manejo de desechos y residuos, como punto relevante se encuentra la disposición final de los desechos sólidos o líquidos con presencia de combustible, resultado de la operación en las diferentes actividades del departamento, los cuales deben de ser tratados o entregados a empresas para su desecho final, las cuales deben de estar legalmente autorizadas y certificadas por el MARN, MEM y MSPAS, según sea el caso en cumplimiento con el reglamento 164-2021 según el MARN.

- Se puede clasificar un desecho con presencia de combustible los siguientes materiales:
 - Materiales residuo de la contención de un derrame, catalogado como desecho sólido.
 - Materiales resultados de limpieza, mantenimiento, u operación del departamento, catalogado como desecho sólido.
 - Líquidos residuo de derrames o mantenimiento a cajas API, catalogados como desechos líquidos.
 - Líquidos resultados de limpieza de áreas en los procesos evaluados, catalogados como desechos líquidos.

4.6. Inspección y revisiones al departamento

Dentro del plan es importante la inspección previa a las instalaciones, así como la revisión de la herramienta y equipo, las cuales deben de ser las adecuadas y cumplir parámetros de seguridad que reduzcan la posibilidad de un incidente o accidente, por el estado o la mala condición de estas.

En la tabla VI se detalla un formato el cual puede ser implementado en los registros del sistema de gestión del departamento, con este formato se pretende cubrir una inspección a las diferentes instalaciones para prevenir un incidente o accidente.

Tabla VII. Formato para inspección a instalaciones

INSPECCIÓN A INSTALACIONES				
Fecha:	Inspección:			
Hora:	Semana	Mes		
Área:				
Responsable:				
Código:	Firma:			
No.	Actividad	Cumple		
		Sí	No	N/A
1	Área específica para resguardar EPP			
2	Área sin evidencia de derrames			
3	Cajas API limpias y sin combustible			
4	Clasificación de desechos y residuos			
5	Combustible fuera de almacenamiento			
6	Contenedor para arena contaminada			
7	Contenedor para desechos con combustible			
8	Cuenta con arenero en buenas condiciones			
9	Estado de área impermeable			
10	Estado de barandas			
11	Estado de conexión a tierra			
12	Estado de estructura			
13	Estado de retráctil para enganche			
14	Extintor vigente y en buen estado			
15	Fosas eléctricas			
16	Fugas de combustible en tubería o equipos			
17	Iluminación			

Continuación tabla VII.

18	Instalaciones eléctricas
19	Kit contra derrames
20	Limpieza
21	Limpieza de tanques
22	Operación sistema contra incendio
23	Orden
24	Rejillas limpias y sin obstrucción
25	Rotulación de área
26	Señalización
Observaciones	

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

La tabla VII brinda un detalle de la revisión que se debe de realizar al equipo como a la herramienta utilizada en las diferentes actividades del departamento. Con esta revisión, el plan permite que el personal de supervisión o encargado realice inspecciones no solo a las instalaciones, si no que la inspección abarque EPP, herramientas y equipos, así como evitar fallas operativas por negligencia como el uso de plásticos dentro de estas actividades, formando con ello una cultura de revisión e inspección.

Tabla VIII. Formato para revisión de equipo y herramienta

REVISIÓN EQUIPO Y HERRAMIENTA		
Fecha:		Inspección:
Hora:		Semana Mes
Área:		
Responsable:		
Código:	Firma:	

Continuación tabla VIII.

No.	Actividad	Cumple		
		Sí	No	N/A
1	Calzado industrial del personal			
2	Cubeta de aluminio con conexión a tierra			
3	Embudo de aluminio con conexión a tierra			
4	Estado de arnés			
5	Estado de casco de protección			
6	Estado de lentes de protección			
7	Estado de vara o cinta para medición			
8	Estado Kit para derrames			
9	Extintor			
10	Pasta para detectar agua en combustible			
11	Pasta para medir combustible			
12	Sin equipos electrónicos no autorizados			
13	Sin presencia de utensilios plásticos			
14	Uniforme del personal			
Observaciones				

Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Excel.

Para la actividad de inspección y revisión se debe de asignar a un responsable, como se muestra en los formatos anteriores, se cuenta con un espacio para determinar si esta es semanal o mensual. Es importante que dichas inspecciones no se realicen por una misma persona.

Para el Departamento de Combustible de un ingenio azucarero se recomienda que lleve a cabo una inspección semanal la cual este a cargo del personal operativo encargado de la actividad del área, y una inspección mensual

la pueda realizar el supervisor del área para tener una segunda revisión sobre lo que realiza el personal operativo, inspección que también debe de realizar en su momento el coordinador o jefe del departamento, quien debe asegurar que las instalaciones cuentan con las condiciones adecuadas para llevar a cabo las diferentes actividades.

4.6.1. Operación y mantenimiento cajas API

Como parte importante a las inspecciones y revisiones en el Departamento de Combustible, desde el punto de prevención ambiental es importante resaltar las cajas API las cuales sirven para tratar agua contaminada con hidrocarburos previo a que llegue a un pozo de absorción. Dicho tratamiento consiste en separar el agua de los hidrocarburos a través de su densidad, las cuales pueden ser prefabricadas o fabricadas según diseño y capacidad de la estación.

- Para el caso del Departamento de Combustible se deben de tomar las siguientes consideraciones para su correcta operación, así como su respectivo mantenimiento.
 - Correcta operación
 - Deben de ser impermeables y no tener fugas.
 - Deben de permanecer vacías y libres de cualquier material para un correcto funcionamiento ante un derrame de combustible.
 - Deben de estar conectadas a las rejillas de contención de derrames y diques de los tanques de almacenamiento.

- La conexión de los diques con las cajas API debe de permanecer cerrada ya que la primera contención ante un derrame debe de ser los diques.
- Deben de estar correctamente identificadas para evitar confusión con pozo de absorción.

○ Mantenimiento

- Se debe de validar interna y superficialmente la integridad de la caja.
- En temporada de invierno debe de ser inspeccionada con mayor frecuencia, la cual está directamente relacionada a la cantidad de eventos de lluvia.
- En caso de contar con presencia de agua, se debe de validar que la misma no se encuentre con presencia de agua, de contener una emulsión, se debe de desechar esa mezcla de agua con combustible según el apartado de manejo de desechos finales.

CONCLUSIONES

1. Se realizaron evaluaciones al personal y a los procesos del Departamento de Combustibles, identificando acciones que requieren un plan de manejo para los materiales diésel y gasolina, el cual permita estandarizar, así como reducir o eliminar acciones para la seguridad y salud de los colaboradores como la prevención de contaminación ambiental.
2. Se evaluaron los riesgos ambientales a través de la metodología de la matriz de Leopold, por medio de la cual se identificaron como prioritarios el mejorar las acciones ante derrames de combustible, así como el manejo de desechos con presencia de combustible, como residuos que tienen la oportunidad de ser manejados bajo la metodología de las 3R'S.
3. Se tuvo un resultado del 64 % en la evaluación teórica realizada al personal del Departamento de Combustible, así mismo se identificaron diferentes acciones de riesgo para la salud y seguridad del colaborador, como también a prácticas ambientales inadecuadas, que dificultarían la acción del personal ante un suceso, como los son los derrames y la disposición final de los desechos resultado de la contención de este.
4. Tras los resultados obtenidos en la evaluación teórica como en la revisión a las prácticas que se realizaban en los procesos del Departamento de Combustibles por parte del personal, se identificó la necesidad de un plan de capacitación para todo el personal que ya labora en el departamento, así como para todo aquel personal de nuevo ingreso.

RECOMENDACIONES

1. **Velar por la implementación del plan de manejo de combustible, el cual brinda soporte al personal operativo y responsable de la supervisión, para la realización de las diferentes actividades bajo buenas prácticas técnicas.**
2. **Asegurar el registro documental de las diferentes medidas a tomar para llevar a cabo las actividades en los distintos procesos del departamento, como justificación o evidencia ante la continuidad, e implementación de buenas prácticas técnicas.**
3. **Brindar capacitación constante cada seis meses, y obligatoriamente para cada persona que se une al departamento, la cual debe de realizarse sin asumir que el personal cuenta o no con conocimiento en el manejo de combustibles.**
4. **Promover una cultura para reducir, reutilizar y reciclar los residuos que se obtienen como resultado en la operación del departamento, así como una cultura para el buen manejo de los desechos con presencia de combustible.**
5. **Garantizar instalaciones acordes y adecuadas para las diferentes actividades que se realizan en el departamento, a través de inspecciones y revisiones mensuales a las diferentes áreas que conforman este.**

REFERENCIAS

1. Acuerdo Gubernativo Número 137-2016. Reglamento de evaluación, control y seguimiento ambiental. Ministerio de ambiente y recursos naturales. Guatemala. 11 de julio de 2016.
2. Cassmaconsultor. (3 de abril, 2018). Plan de manejo ambiental [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.cassmaconsultores.com/plan-de-manejo-ambiental-pma/>.
3. Castro, G. (2007). *Diseño monitoreo derrames de hidrocarburos*. Quillota, Chile: Proyectos y asesorías ambientales.
4. Cifuentes, J., Castañeda, L., García, L., y Héctor, O. (2020). *Análisis de la Presencia de Plaguicidas e Hidrocarburos en el Lago de Atitlán* (Tesis de maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala.
5. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología, Fondo Nacional de la Ciencia y Tecnología y Universidad de San Carlos de Guatemala. (2010). *Evaluación de la Contaminación Físico-Química y Bacteriológica en el Agua del Río Dulce y Lago de Izabal*. Guatemala: Autor.
6. Cornejo, P. (s.f.). Importancia de los hidrocarburos. México: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

7. Decreto Número 109-97. Ley de comercialización de Hidrocarburos. Diario de Centroamérica. Guatemala. 12 de noviembre de 2007.
8. Flores, D., y Joel, L. (2021). *Metodología de transferencia del conocimiento para prevenir los riesgos laborales en el sector de hidrocarburos* (Tesis de maestría). Universidad Santo Tomás. Colombia.
9. Gonzales, J. (2018). *Estudio de la contaminación de suelos por residuos de hidrocarburos y propuesta de manejo ambiental de los talleres de mecánica automotriz* (Tesis de maestría). Universidad Nacional se San Agustín se Arequipa. Perú.
10. Instituto de Investigaciones Marinas, Universidad del Valle y Corporación Autónoma Regional de Nariño. (2017). *Implementación de acciones que contribuyan a la rehabilitación ecológica de áreas afectadas por hidrocarburos en zona costera y piedemonte del departamento de Nariño*. Colombia: Autor.
11. Miranda, P. (2013). *Materiales para uso en la industria de energía*. Brasil: Autor. Recuperado de <https://www.scielo.br/j/rmat/a/W4XmgshKgv6kvbXYWKkMBwK/?lang=es&format=pdf>.
12. Ortínez, O., Ize, I., y Gavilán, A. (marzo, 2003). La restauración de suelos contaminados con hidrocarburos en México. *Gaceta Ecológica*, 69, 83-92.

13. Quiroga, M. (enero, 2013). Concientización en el Manejo de Combustibles y Sustancias Peligrosas. *Espacio ITH*, 3(2), 63.
14. Raúl, G. (2014). *Plan de manejo ambiental planta distribuidora de combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos* (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú.
15. Reinoso, J., y Santacruz, L. (2019). *Plan de contingencia para derrame de combustible en la ruta cuenca-suscal conforme a los requisitos de la norma UNE 150008 2008 evaluación de riesgos ambientales* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca, Ecuador.
16. Reyes, M. (2021). *Metodología de transferencia del conocimiento para prevenir los riesgos laborales en el sector de hidrocarburos* (Tesis de maestría). Universidad Santo Tomás, Colombia.
17. Rodriguez, J. y Alvarado, F. (2015). *Plan de manejo ambiental, en base a la presencia de metales pesados en el estero Huaylá, PTO. Bólibar* (Tesis de licenciatura). Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.
18. Rodriguez, R. y Fanum, F. (enero, 2013). La educación ambiental como alternativa para la prevención de tercer juego de esclusas, sitio pacífico. *Revista científica universitaria*, 1, 362-393.
19. Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Instituto Mexicano del Transporte (2004). *Medidas de mitigación para uso de suelos*

contaminados por derrame de hidrocarburos en infraestructura de transporte terrestre. San Fandila, México: Autor.

20. Secretaría de Energía. (16 de julio, 2015). *¿Qué son los hidrocarburos?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de <https://www.gob.mx/sener/articulos/que-son-los-hidrocarburos>.
21. Solórzano, C. (2002). *Consultoría nacional (Guatemala) contaminación marina.* Guatemala: Sistema Arrecifal Mesoamericano.
22. Trujillo, R. (2010). *Hidrocarburos manejo seguro.* Bogotá, Colombia: ECOE EDICIONES.
23. Velasco, E. (2010). *Procedimiento para dar Respuesta en caso de Derrame de desechos peligrosos* (Tesis de licenciatura). Universidad Autónoma del Estado de Baja California, México.
24. Velásquez, J. (junio, 2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 8(1), 151-165.