



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

**REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A
TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MÓVILES, PARA
EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE
COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO**

Adolfo Luis Vásquez Solís

Asesorado por el Ing. Efraín Andrés Paiz Cano

Guatemala, mayo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A
TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MÓVILES, PARA
EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE
COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

ADOLFO LUIS VÁSQUEZ SOLÍS

ASESORADO POR EL ING. EFRAÍN ANDRÉS PAIZ CANO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, MAYO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Raúl Eduardo Ticún Córdova
VOCAL V	Br. Henry Fernando Duarte García
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras de Akú
EXAMINADOR	Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
EXAMINADOR	Ing. Leonel Estuardo Godínez Alquijay
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

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:

REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MÓVILES, PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 12 de octubre de 2015.

Adolfo Luis Vásquez Solís

Guatemala, 10 abril de 2016

Ingeniero

Juan José Peralta Dardón

Director de Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

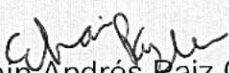
Facultad de Ingeniería

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por este medio me permito informarle que he procedido a revisar el trabajo de graduación titulado **“REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MOVILES, PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO”**, elaborado por el estudiante Adolfo Luis Vásquez Solís con carné 200412713, a mi criterio, el mismo cumple con los objetivos propuestos, aprobando el contenido del mismo para los trámites correspondientes.

Sin otro particular

Atentamente,


Ing. Efraín Andrés Paiz Cano
Colegiado No. 7675

Asesor

Efraín Andrés Paiz Cano
Ingeniero Mecánico Industrial
Colegiado No. 7.675



REF.REV.EMI.042.016

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLES, A TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MOVILES, PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario **Adolfo Luis Vásquez Solís**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'E. Ixpapa Reyes'.

Ing. Edwin Josué Ixpapa Reyes
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Ing. Josué Ixpapa Reyes
Ing. Mecánico Industrial
Colegiado No. 7128

Guatemala, abril de 2016.

/mgp



REF.DIR.EMI.088.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO EN CISTERNAS MÓVILES, PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario **Adolfo Luis Vásquez Solís**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Juan José Peralta Dardón
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos
De Guatemala

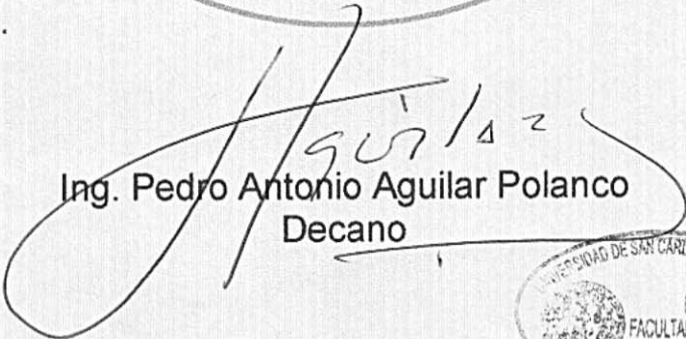


Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG.260-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REDUCCIÓN DE COSTOS EN EL SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE, A TRAVÉS DEL MONTAJE DE UN EQUIPO DE CISTERNAS MÓVILES, PARA EL AUMENTO DEL RENDIMIENTO OPERATIVO DE LA MAQUINARIA DE COSECHA DE CAÑA EN UN INGENIERO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario: **Adolfo Luis Vásquez Solís**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano



Guatemala, mayo de 2016

ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por permitirme la oportunidad de alcanzar este logro.
Mi madre	Mirna Solís, por su amor, ejemplo, esfuerzo y apoyo incondicional.
Mis abuelos	Por sus consejos y ser mis segundos padres. Jose Eduardo Solís y Aminta López.
Mi padre	Adolfo Vásquez por su confianza y apoyo.
Mis hermanas y sobrinos	Arelys y Mariloly Vasquez, José Manuel Solis, Alejandro Sigüenza, Adrián y Mateo Yoc, Camila y Renata Navarro, por ser la motivación a culminar mis metas.
Mi familia	Por su apoyo incondicional. Ofelia, Hania, Oswaldo, Manfredo, Sonia, Heydi Escobar.
Mis amigos	Sergio López, Wilson Pérez, Raymundo Morales, Erick Ordoñez, Betsaida Olivares, Flor Chávez, Gabriel Arriola, Elida Florián, Juan Pablo Pérez, Sergio García y Alba Pérez.

AGRADECIMIENTOS A:

USAC	Por ser mi segunda casa que me formó como persona y profesional.
Ingenio Santa Ana	Por abrirme la puerta para la realización de este trabajo.
Departamento de Combustibles	Por la ayuda y paciencia en la elaboración de este proyecto.
Ing. Efraín Paiz Cano	Por su asesoría en la elaboración de este trabajo.
Ing. Danilo Gonzáles	Por su apoyo y consejos durante este viaje.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XI
GLOSARIO	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. La empresa.....	1
1.1.1. Reseña histórica	1
1.1.2. Ubicación	2
1.1.3. Misión	3
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Servicios y productos prestados	4
1.1.6. Estructura organizacional	4
1.1.6.1. Organigrama.....	6
1.1.7. Proceso de producción del azúcar.....	7
1.2. Combustible diésel	9
1.2.1. Definición	9
1.2.2. Clasificación de los combustibles diésel	10
1.2.3. Manejo y almacenamiento.....	12
1.3. Tanques de almacenamiento	12
1.3.1. Definición	12
1.3.2. Clasificación por su forma	13
1.3.2.1. Cilíndrico horizontal	13

	1.3.2.2.	Cilíndrico vertical	14
	1.3.3.	Protección del tanque.....	14
	1.3.3.1.	Recubrimientos internos y externos	15
1.4.		Energía solar y su aprovechamiento	15
	1.4.1.	Definición.....	15
	1.4.2.	Principios básicos de conversión	16
	1.4.2.1.	Energía solar a eléctrica.....	16
	1.4.3.	Accesorios y elementos para la transformación de energía solar a eléctrica	16
1.5.		Bombas de succión de fluidos y accesorios.....	18
	1.5.1.	Principios de funcionamientos.....	18
	1.5.2.	Tipos de bombas.....	19
	1.5.3.	Accesorios.....	20
1.6.		Sistema global para la comunicación móviles (GSM)	20
	1.6.1.	Definición.....	21
	1.6.2.	Historia y desarrollo.....	21
	1.6.3.	Aplicaciones	24
2.		DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL	25
	2.1.	Planteamiento del problema.....	25
	2.1.1.	Procesos del despacho de combustible por medio de una cisterna móvil de combustible.....	25
	2.1.1.1.	Descripción actual	26
	2.1.1.2.	Abastecimiento de combustible a la cisterna móvil de combustible	26
	2.1.1.2.1.	Diagrama de operación	26
	2.1.1.3.	Despacho de combustible a maquinaria agrícola	28

	2.1.1.3.1.	Diagrama de operación.....	28
	2.1.1.4.	Mantenimiento actual.....	30
	2.1.2.	Diagrama Ishikawa de proceso de despacho de combustible.....	30
	2.1.2.1.	Cisternas móviles de combustible	30
2.2.		Descripción general de las instalaciones.....	32
	2.2.1.	Tanque de almacenamiento	32
	2.2.1.1.	Forma de construcción	32
	2.2.1.2.	Capacidad.....	32
	2.2.1.3.	Demanda de combustible	32
	2.2.2.	Sistema de despacho de combustible	33
	2.2.2.1.	Bomba de combustible	33
	2.2.2.2.	Distribución de tubería de despacho ...	34
	2.2.2.3.	Manguera y pistola de expendido de combustible.....	35
2.3.		Elementos importantes que participan en el despacho de combustible	35
	2.3.1.	Tipo de maquinaria	36
	2.3.2.	Horario de servicio.....	37
	2.3.3.	Recurso humano responsable del despacho de combustible.....	37
	2.3.4.	Control de consumo de combustible.....	38
	2.3.4.1.	Boletas de combustible.....	38
	2.3.4.2.	Envío de boletas	39
	2.3.4.3.	Visualización de información	39
3.		PROPUESTA A IMPLEMENTAR.....	41
	3.1.	Planteamiento.....	41

3.1.1.	Procedimiento de despacho de combustible a implementar.....	41
3.1.1.1.	Diagrama de operación	42
3.2.	Modificaciones de las instalaciones	43
3.2.1.	Tanque de almacenamiento	43
3.2.1.1.	Forma de construcción	43
3.2.1.2.	Material para la construcción.....	44
3.2.1.3.	Recubrimiento interno y externo.....	45
3.2.1.4.	Capacidad de almacenamiento	47
3.2.1.5.	Protección anódica del tanque de almacenamiento	49
3.2.2.	Sistema de despacho de combustible.....	50
3.2.2.1.	Selección de bomba de despacho	50
3.2.2.2.	Distribución de tubería de despacho y accesorios	51
3.2.2.3.	Instalación de equipo de envío de información.....	53
3.2.2.3.1.	Conexión eléctrica.....	53
3.2.2.3.2.	Montaje de accesorios ..	54
3.2.3.	Control de rendimiento y consumo de combustible	55
3.2.3.1.	Recepción de información vía GSM	55
3.2.3.2.	Rendimiento de maquinaria agrícola....	56
3.2.3.2.1.	Límites de control.....	56
3.2.3.3.	Exposición de información de consumo.....	59
3.2.3.3.1.	Comparación de rendimientos con sus límites.....	61

3.2.4.	Seguridad e higiene en el despacho.....	62
3.2.4.1.	Normas de seguridad e higiene	62
3.2.4.2.	Procedimientos de emergencia	63
3.2.4.2.1.	Por derrame.....	63
3.2.4.2.2.	Intoxicación.....	64
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	67
4.1.	Presentación.....	67
4.1.1.	Aumento del control sobre el consumo de combustible.....	67
4.1.2.	Análisis de impacto ambiental	69
4.1.3.	Estudio financiero	70
4.1.3.1.	Período de recuperación de la inversión	70
4.1.3.2.	Costos de mantenimiento	70
4.1.3.3.	Beneficio costo de la propuesta a implementar	71
4.2.	Cronograma de las actividades	76
4.2.1.	Estimación monetaria del proyecto.....	76
4.2.2.	Adquisición de los accesorios.....	77
4.2.3.	Requerimiento del recurso humano para la ejecución de la propuesta	77
4.2.4.	Ejecución del proyecto a proponer	78
4.3.	Inducción del recurso humano responsable del despacho	79
4.3.1.	Despacho de combustible.....	79
4.3.1.1.	Procedimiento.....	79
4.3.2.	Uso y manejo de equipo	80
4.3.3.	Procedimientos de emergencia	83
4.3.4.	Instrucción al personal administrativo	83

4.4.	Mantenimiento.....	83
4.4.1.	Cronograma de mantenimientos	84
4.4.2.	Calibraciones.....	86
4.4.2.1.	Programa de calibraciones.....	86
4.4.2.2.	Cantidad de combustible despachado.....	86
5.	SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	87
5.1.	Resultados	87
5.1.1.	Interpretación	87
5.2.	Seguimiento y mejora continua	89
5.2.1.	Auditorías	89
5.2.1.1.	Programación	90
5.2.1.2.	Auditoría a maquinaria agrícola.....	90
5.2.1.3.	Auditoría a cisterna móvil de combustible	91
5.2.1.3.1.	Verificación de la cantidad de combustible física contra inventario en el sistema.....	92
5.2.2.	Actualización de indicadores	93
5.2.2.1.	Límites de control de consumo de combustible	93
5.2.2.2.	Actualización de límites por máquina ...	93
	CONCLUSIONES.....	97
	RECOMENDACIONES	99
	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Mapa de la ubicación de la empresa.....	3
2.	Organigrama Grupo Corporativo Santa Ana	6
3.	Tanque cilíndrico horizontal	13
4.	Tanque cilíndrico vertical.....	14
5.	Conexión de sistema de energía solar	17
6.	Funcionamiento interno de una bomba de agua	18
7.	Diagrama de operaciones del proceso de abastecimiento a cisterna de combustible	27
8.	Diagrama del proceso de despacho de combustible a maquinaria	29
9.	Diagrama de Ishikawa en el proceso del despacho de combustible	31
10.	Bomba de despacho de combustible marca Fill-Rite alimentada por acumulador 12 V	34
11.	Diagrama de operación de despacho con nueva propuesta	42
12.	Diagrama de distribución de tubería de despacho y accesorios	51
13.	Elementos del sistema de despacho de combustible.....	54
14.	Pantalla de visualización de información para responsables de la maquinaria	60
15.	Detalle de información para responsables de maquinaria.....	62
16.	Reporte de grupo de maquinaria fuera de límites de control categorizada por responsable	68
17.	Flujo de efectivo del proyecto de sistema de combustible	73
18.	Cronograma de actividades para ejecución de propuesta	78
19.	Formato de control de despacho en frentes de cosecha.....	82



20.	Cronograma de mantenimientos, calibraciones y auditorías para móviles de combustible en frentes de cosecha	84
21.	Ruta de mantenimiento para móviles de combustible en frentes de cosecha	85
22.	Comportamiento de rendimiento de cosechadora de caña en frente de cosecha	88
23.	Cronograma de mantenimientos, calibraciones y auditorías para móviles de combustible en frentes de cosecha	90
24.	Gráfica del comportamiento del rendimiento fuera de límites de control	94

TABLAS

I.	Consumo de combustible por mes en frente de cosecha	33
II.	Tipo y cantidad de maquinaria que labora en frentes de cosecha.....	37
III.	Especificaciones de fabricación de tanques en relación a su volumen	44
IV.	Simbología y clasificación de sustancias peligrosas para su transporte.....	45
V.	Consumo promedio de combustible en frente de cosecha por día a la semana	49
VI.	Cantidad de galones despachados por máquina por evento	50
VII.	Límites de control de combustible para maquinaria de cosecha	58
VIII.	Almacenamiento de datos en el servidor	59
IX.	Procedimiento de emergencia en caso de derrame de combustible diésel para móviles en frentes de cosecha	64
X.	Procedimiento de emergencia en caso de intoxicación de combustible diésel	65
XI.	Costos iniciales de inversión del proyecto	72

XII.	Costos de mantenimiento del sistema de control de combustible	72
XIII.	Consumo de combustible por temporada.....	72
XIV.	Estimación monetaria de la inversión inicial.....	76
XV.	Tiempos estimados de entrega de accesorios	77
XVI.	Procedimiento para el despacho de combustible en móviles de frentes de cosecha.....	80
XVII.	Procedimiento para la realización de auditorías a maquinaria agrícola	91
XVIII.	Procedimiento para auditoria de existencia de combustible en cisterna de combustible en frente de cosecha	92

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
	Bomba 12 V
CO₂	Dióxido de carbono
	Filtro
G	Galones
GPM	Galones por minuto
h	Horas
Kw	Kilowatts
m	Metros
ppm	Partes por millón
π	Pi, equivale a 3,141592 de forma adimensional
r	Radio
V	Voltio

GLOSARIO

Alzadora	Máquina utilizada para levantar la caña postrada en el suelo y depositarla en una jaula o contenedor.
Ánodo	Electrodo en el que se produce una reacción de oxidación, mediante la cual un material, al perder electrones, incrementa su estado de oxidación.
ASTM	American Society for Testing and Materials.
Bagazo	Biomasa residuo de la caña de azúcar después de extraído su jugo.
Biomasa	Materia orgánica susceptible de ser aprovechada energéticamente.
Cachaza	Derivado del aprovechamiento industrial de la caña de azúcar y mecanismo de mayor capacidad para producir masa verde como abono.
Calibración	Proceso de comparar valores obtenidos de un instrumento de medición contra el patrón de referencia.
Cosechadora de caña	Máquina utilizada para la realización del corte de caña de forma mecanizada.

Diésel	Hidrocarburo utilizado principalmente como combustible en motores de combustión interna de maquinaria agrícola e industrial.
Flujometro	Instrumento de medición de volumen. Determina la cantidad de volumen de diésel que ha sido despachado.
Frente de cosecha	Grupo de personas y máquinas encargadas de cosechar un área determinada de caña de azúcar.
GSM	Global System for Mobile communications.
Hidrocarburo	Compuesto orgánico compuesto únicamente por átomos de carbono e hidrógenos.
Horómetro	Instrumento de medición de tiempo. Utilizado para determinar horas de trabajo de una máquina.
Jaula	Contenedor de caña de azúcar que tiene la función de trasladar el producto del frente de cosecha hacia la fábrica del Ingenio.
Límites de control	Parámetros de medición que utilizados para monitorear un proceso en específico.
Marchamo	Precinto con número de correlativo único, utilizado como señal que un tanque de combustible no ha sido abierto sin previa autorización.

Melaza	Residuos de la cristalización final del azúcar.
Móvil de combustible	Estación de despacho de combustible que es posible transportarla de un lugar a otro.
Nozle	Antena inalámbrica instalada en la punta de la pistola de despacho de combustible que identifica la máquina.
Rendimiento	Relación o tasa de consumo de combustible diésel por unidad de tiempo.
Seraphin	Patrón de medición de volumen, utilizado para realizar calibraciones.
Servidor	Computador conectado a una red informática que contiene datos, programas, entre otros, que dan servicio a otras computadoras a través de esta red.
Zafra	Período de cosecha de la caña de azúcar.

RESUMEN

El ingenio azucarero es una empresa industrial en la que participa en ella una gran cantidad de maquinaria que funciona a base de combustible.

El combustible es un recurso indispensable y vital para la realización del proceso de la transformación de la caña en azúcar. En su ausencia, ninguna máquina puede realizar las actividades que se le han encomendado en dicho proceso. Se debe a su alta importancia en el proceso, que es necesario dar el correcto uso del manejo y almacenamiento no solo por el valor monetario que este combustible tiene sino por el impacto ambiental que alcanza.

Este trabajo de graduación nace por una oportunidad de mejora en el control de la distribución, manejo, mejoramiento y aprovechamiento del consumo de combustible de la maquinaria. Dado que el combustible diésel está en la lista de un los productos más susceptibles a ser contrabandeados.

Esta investigación brinda una grata experiencia acerca del control de un producto que debe de presentar múltiples medidas de seguridad, tanto en el manejo del inventario como en el control del consumo de la maquinaria.

OBJETIVOS

General

Reducir costos en el suministro de combustible a través del montaje de un equipo en cisternas móviles, para el aumento del rendimiento operativo de la maquinaria de cosecha de caña en un ingenio azucarero.

Específicos

1. Conocer el proceso de la cosecha de la caña de azúcar en sus distintas formas.
2. Priorizar la importancia que representa el suministro combustible para el proceso en el ingenio.
3. Conocer el aprovechamiento de la energía solar para la alimentación de equipos eléctricos.
4. Establecer normas de seguridad para el manejo y almacenamiento de combustible diésel.
5. Conocer las propiedades físicas y químicas del combustible diésel para optimizar el manejo y almacenamiento.
6. Conocer los materiales y procedimientos básicos para la construcción de cisternas móviles de forma circular horizontal.

7. Establecer procedimientos para la determinación de límites de control en la maquinaria agrícola.

8. Determinar el impacto económico que representa en la reducción de costos a través del aumento en el rendimiento operativo de la maquinaria.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de graduación está enfocado en una propuesta de instalación de un equipo de control para el suministro de combustible, alimentado por medio de energía solar, en cisternas móviles que permitan aumento en el rendimiento operativo de la maquinaria. En este documento se establecen aspectos generales de la empresa, como los procesos que en ella se realizan, esto será de suma importancia para la comprensión de la investigación en sí. También se menciona una serie de aspectos científicos y técnicos que respalda dicha propuesta.

Se establece un diagnóstico de la situación actual del proceso de despacho de combustible por medio de una unidad móvil, analizando cada elemento del proceso y definiendo el planteamiento del problema.

Se define el planteamiento de la propuesta en la instalación del equipo de despacho de combustible, ésta se realiza desde la distribución en el campo hasta la representación de los datos del consumo por las diferentes unidades. Con esto se integran límites del gasto combustible de cada máquina, permitiendo el control en dichas unidades.

Además, se determinan los mecanismos por medio del cual el presente trabajo de graduación será implementado. Lo que representa una mejora representativa dentro de la organización, mejor uso de los recursos, control en el impacto ambiental, aumento de eficiencia en el servicio de distribución.

Para finalizar, el módulo de seguimiento y mejora continua. Se da interpretación a los resultados. Se establece lineamientos como auditorías a maquinaria, a la unidad de despacho. Lo anterior servirá como retroalimentación para la mejora continua de proceso de despacho de combustible en maquinaria agrícola.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La empresa

El Ingenio Santa Ana forma parte del Grupo Corporativo Santa Ana, que con más de 39 años desde su fundación se ha convertido en uno de los líderes de la agroindustria azucarera guatemalteca. Santa Ana se dedica a la producción de caña de azúcar, elaboración de azúcar y generación de energía eléctrica. También comercializa subproductos como la melaza, bagazo y cachaza.

1.1.1. Reseña histórica

En 1968, un grupo de empresarios adquirió parte de los equipos Santa Juana y Canóvanas de Puerto Rico, iniciándose así la construcción del Ingenio Santa Ana, en la finca Cerritos, ubicada a 65 km al sur de la ciudad de Guatemala, en el departamento de Escuintla, a 220 m sobre el nivel del mar. La primera zafra prueba se hizo en 1969/70, moliéndose 154 973,75 toneladas de caña y produciendo 239 525 quintales de azúcar en 136 días; la capacidad instalada en esa época era de 3 500 ton/día. Actualmente tiene una capacidad instalada de 19 000 ton/día.

En 1993, comenzó a operar la refinería, diseñada para elaborar refina de alta calidad, partiendo de la azúcar blanca sulfatada, con capacidad de 500 toneladas de azúcar por día. Cuenta con 3 tachos, 7 filtros, 6 centrifugas automáticas, una secadora y una enfriadora; años más adelante, se instaló un clarificador de azúcar disuelta, para trabajar con azúcares afinadas.

En el área de cogeneración, el Ingenio Santa Ana produjo su propia energía eléctrica desde el comienzo de sus operaciones. En efecto, desde 1969, contó con una potencia instalada de 3 500 Kw, hoy en día la capacidad instalada actual es de 53 Mw.

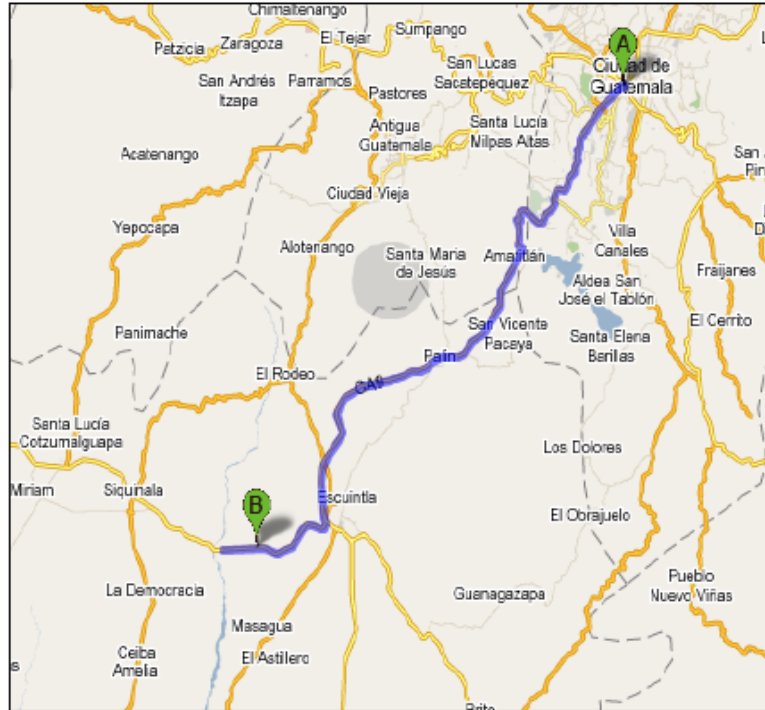
Las operaciones de corte de caña, se iniciaron en el período 1977/78. Se empleaban 1 200 empleado para cortar 1 000 toneladas de caña diarias con machete convencional. Hace seis años, se inició el programa de capacitación permanente para el corte de caña con machete australiano, habiéndose incrementado la eficiencia en el corte, la calidad de producto final y los ingresos de los cortadores. Así también, se construyeron módulos habitacionales con todas las comodidades, para albergar a los cortadores de cuadrilla, procedentes del altiplano guatemalteco, a los cuales se proporciona alimentación abundante en proteínas, completa con sales de rehidratación oral.

En 1996, Santa Ana avanzó significativamente en sus planes estratégicos, al desarrollar una de las fábricas más eficientes, lo cual logró colocando mayor capacidad instalada, con equipo de alta tecnología, ello apoyado por un proyecto de automatización industrial único en Centro América, alcanzando en la zafra 2004/05 una producción récord de 5 000 000 de quintales de azúcar.

1.1.2. Ubicación

Grupo Corporativo Santa Ana S. A. posee sus oficinas operativas donde se ubica el Ingenio Santa Ana en el km 64,5 carretera a Santa Lucía Cotzumalguapa, en el interior de la finca Cerritos, departamento de Escuintla.

Figura 1. **Mapa de la ubicación de la empresa**



Fuente: Google Maps, Escuintla de 2015.

1.1.3. **Misión**

“Somos un grupo corporativo visionario, comprometido con el progreso y bienestar de Guatemala, dedicado a producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad, derivados de la caña de azúcar, por medio del desarrollo de los recursos humanos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes nacionales e internacionales”¹.

¹ Ingenio Santa Ana. *Misión y visión*. <http://guialocal.com.gt/search/mision%20y%20vision%20de%20la%20empresa/guatemala/page:10>. Consulta: noviembre de 2015.

1.1.4. Visión

“Ser un grupo corporativo visionario, comprometido con el progreso y bienestar de Guatemala, dedicado a producir eficientemente bienes y servicios de óptima calidad, derivados de la caña de azúcar, por medio del desarrollo de los recursos humanos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de nuestros clientes nacionales e internacionales”².

1.1.5. Servicios y productos prestados

“Ser el equipo líder por excelencia en la administración estratégica de la agroindustria azucarera, competitivo en el contexto empresarial que demanda el siglo XXI, a través de un alto grado de tecnificación en todas nuestras áreas y un equipo humano motivado, desarrollado y visionario que consolide como un grupo de clase mundial; superándonos permanentemente por medio del mejoramiento continuo, con participación activa a todo nivel, sirviendo de modelo a otras empresas de Guatemala y Centro América para proyectarse al mundo”³.

1.1.6. Estructura organizacional

Como empresa, Santa Ana está dirigida por una Junta Directiva, se estructura en siete divisiones y el *staff* de la Gerencia General. Está representada por un organigrama tipo funcional dado que tiene una mejor representación administrativa que se muestra en la figura 2.

² Ingenio Santa Ana. *Misión y visión*. <http://guialocal.com.gt/search/mision%20y%20vision%20de%20la%20empresa/guatemala/page:10>. Consulta: noviembre de 2015.

³ Ingenio Santa Ana. *Servicios y productos*. <http://guialocal.com.gt/search/mision%20y%20vision%20de%20la%20empresa/guatemala/page:10>. Consulta: noviembre de 2015.

- Gerencia General

El gerente general es responsable de dirigir, planificar, coordinar, supervisar, controlar y evaluar las actividades de la gestión técnica y administrativa de las gerencias de división, e impartir las instrucciones para la ejecución de las funciones correspondientes, además de definir e interpretar las políticas establecidas por la dirección. El correcto desempeño de estas obligaciones, requiere de un conocimiento funcional de todas las fases de la operación de la empresa, y una buena comunicación con sus subordinados.

- División de Recursos Humanos

Su misión es satisfacer en forma eficaz los requerimientos del recurso humano adecuado mediante técnicas y procedimientos actualizados, propiciando las condiciones óptimas para su desarrollo personal y dentro de la Empresa, con el propósito de lograr la mayor eficiencia del Grupo Corporativo.

- División Agrícola y Servicios

Es un equipo multidisciplinario, cuyo compromiso fundamental es el aprovechamiento integral sostenible de los recursos naturales, para producir caña de azúcar, otros productos agrícolas, servicios de cosecha, taller y transporte.

- División Administrativa

Es una División completamente de servicio, comprometida con todas las divisiones de la Corporación, a quienes asiste en sus necesidades en forma

eficiente y oportuna, a través de una organización adecuada, utilizando recurso humano capacitado y tecnología para satisfacer a sus clientes.

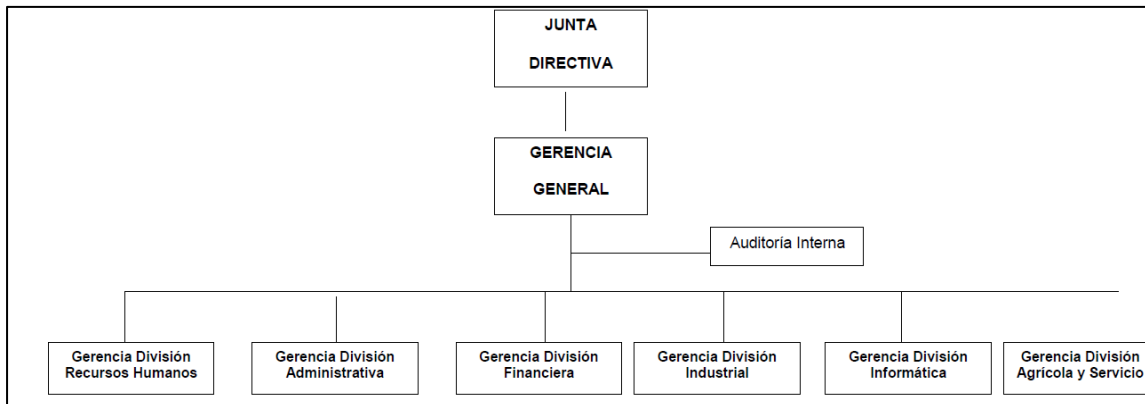
- División Industrial

Se ocupa de la transformación de la caña de azúcar y otros insumos en productos de óptima calidad, administrando los recursos humanos, físicos y tecnológicos para satisfacer las necesidades de los clientes nacionales e internacionales.

1.1.6.1. Organigrama

A continuación en la figura 2 se presenta la estructura de la empresa en forma de organigrama.

Figura 2. Organigrama Grupo Corporativo Santa Ana



Fuente: División de Recursos Humanos, Grupo Corporativo Santa Ana.

1.1.7. Proceso de producción del azúcar

- **Siembra**

La caña de azúcar es una planta que pertenece a la familia de las gramíneas, es una planta perenne, que tiene la ventaja de ser la más eficiente en transformar la energía solar en azúcares y biomasa. También, genera igual cantidad de oxígeno que cualquier bosque tropical.

La caña cuando se planta, produce de 4 a 7 cortes anuales (retoños), sin necesidad de plantarla cada año.

- **Cosecha y transporte**

La caña que procesa el ingenio se corta manualmente, hay siete frentes de corte que suministran arriba de 18 000 toneladas de caña diarias.

Aproximadamente existen más de 3 000 hombres dedicados al corte de caña, además de los que se dedican a otras labores de la cosecha, como maquinaria, apuntadores, recogedores de caña, entre otros.

La caña llega al patio a granel, que viene en contenedores, llamados jaulas, para que puedan ser fácilmente descargados.

En el patio, la caña es pesada en las básculas y luego se descarga en las mesas de caña, donde es lavada. Después, la caña pasa por los conductores donde es transportada y preparada para que en el sistema de molienda la extracción del jugo sea fácil.

- Molienda

El sistema de molienda consiste de un tándem de molinos compuestos de cuatro rodillos conocidos con el nombre de mazas. Se agrega agua de imbibición para facilitar la extracción de sacarosa. La finalidad principal de los molinos es conseguir la mayor separación posible de los dos elementos de la caña: fibra y jugo. El jugo extraído es bombeado a fábrica y el bagazo es conducido a calderas para utilizarse como combustible.

- Clarificación y evaporadores

Luego del molino, el jugo es pasado por calentadores para subirle la temperatura, y pasa a clarificación para sacarle los lodos en los clarificadores que trabajan por medio de decantación; el lodo es enviado a los filtros de cachaza para extraer parte del jugo. El jugo del clarificador es enviado a los evaporadores, y luego a los tachos donde se concentra la miel para formar el grano de azúcar.

- Cristalización

En las centrifugas se recibe la maza de los tachos, aquí se separa el grano de la miel. El azúcar es enviada a una secadora y enfriadora, luego es transportada al envasado o a bodegas a granel para su distribución.

En las calderas se genera todo el vapor necesario para el funcionamiento de las turbinas, turbogeneradores y cocimientos en el proceso de fabricación. Los hornos de las calderas son alimentados con bagazo, que es transportado por conductores de tablillas o bandas transportadoras.

1.2. Combustible diésel

Es producido de petróleo y es parecido al gasóleo calefacción. Al contrario de combustibles para motores de gasolina, diésel está usado en así llamados motores de encendido automático. Es decir, el combustible no es encendido por una chispa, sino se enciende de sí por el acaloramiento en estar comprimido por el pistón, andando arriba. Aparte de eso, diésel no está carburado, sino por los inyectores del motor diésel está inyectado entre el cilindro, y con eso atomizado.

1.2.1. Definición

El motor diésel tiene la misma apariencia que el de gasolina. La gran diferencia estriba en que el de diésel no tiene bujías. En los años posteriores a la explotación del petróleo mediante la perforación (1859), el kerosene, empleado en el alumbrado con lámparas, era el producto más valioso que se obtenía. La gasolina se quemaba por inservible, el residuo pesado iba al basurero y el destilado intermedio se enviaba a la ciudad.

Con el invento del motor diésel, el destilado encontró aplicación. Las necesidades de los primeros motores que emplearon diesel no eran tan específicas como ahora y ha habido necesidad de mejorarlo, a fin de que los diseños de las máquinas cumplan con una relación potencia/peso más elevada. Lo primero fue eliminar los carburantes con alta viscosidad y residuos difíciles de quemar. Lo segundo, mejorar la combustión. Los carburantes para máquinas que operaban a baja velocidad y pocas revoluciones por minuto, perdían su utilidad cuando se trataba de construir aparatos que se desplazaran a altas velocidades, a más de 2 000 revoluciones por minuto.

La calidad de ignición de un diésel inicialmente se expresaba por el llamado índice diésel, que era una función de la densidad multiplicada por el punto de anilina y dividido entre cien. Los crudos y sus destilados están constituidos por muchas variedades de hidrocarburos: parafinas, naftenos y aromáticos. Los aromáticos tienden a mantenerse líquidos y no formar sólidos cuando la temperatura disminuye. La anilina es un compuesto químico aromático, y se denomina punto de anilina de un carburante a la temperatura más baja a la cual cantidades iguales de anilina y carburante permanecen en solución. Un carburante con alto contenido de aromáticos tendrá un punto de anilina menor que uno de alto contenido en parafinas. El índice diésel se ha dejado de usar por su falta de precisión y hoy en día los diésel se caracterizan por el Índice de Cetano.

El Cetano es un hidrocarburo parafínico de fórmula $C_{16}H_{34}$. Para juzgar el índice de Cetano se usa el que no está ramificado y se le da un valor de cien en la escala de cero a cien, la otra molécula de referencia es el 2,2,4,4,6,8,8, heptametil nonano, que tiene un número de Cetano de 15.

El índice de Cetano es un sustituto del número de Cetano de un diésel, y se calcula a partir de una relación empírica con parámetros de densidad y volatilidad. El número de Cetano en sí es una medida de la calidad de ignición de un diésel y está basado en el tiempo de encendido de la máquina. Cuanto mayor es el número de Cetano, menor es el tiempo que tarda en encender y por ende mejor la calidad de la ignición.

1.2.2. Clasificación de los combustibles diésel

Los combustibles diésel se clasifican según su volatilidad y la velocidad de los motores en los que se emplean. En Guatemala según las normas Coguanor

hay tres clasificaciones: aceite combustible para motores diésel grado núm. 1-D, grado núm. 2-D y grado núm. 4-D. En la actualidad el que se comercializa es el de grado núm. 2-D.

- Diésel grado núm 1D

Son combustibles destilados que comprende la clase de aceites combustibles volátiles que abarcan desde el queroseno hasta los destilados intermedios y se emplean en motores de alta velocidad de vehículos automotores, los cuales prestan servicio en aplicaciones que involucran cambios de velocidad y de carga relativamente amplios y frecuentes, tales como en autobuses y en aplicaciones similares; también, se emplean en aquellos casos donde es frecuente encontrarse con temperaturas ambientales anormalmente bajas.

- Diésel grado núm. 2D

Son combustibles destilados que incluyen la clase de gasóleos destilados de más baja volatilidad y se emplean en motores de alta velocidad de las instalaciones industriales o en motores de vehículos automotores de servicio pesado, tales como tractores, camiones o vehículos similares, los cuales prestan servicios que involucran velocidades uniformes y cargas relativamente altas; también, se emplea en aquellos motores que no requieren un combustible con las características de y la alta velocidad del aceite combustibles para motores diésel del grado núm. 1-D.

- Diésel grado núm. 4D

Son los combustibles destilados que abarcan la clase de destilados más viscosos y las mezclas de estos destilados con aceites combustibles residuales, y se emplean en motores de velocidad media y baja, los cuales prestan servicios que involucran cargas sostenidas y velocidades substancialmente constantes, tales como ferrocarriles con motores diésel⁴

1.2.3. Manejo y almacenamiento

Todo el manejo y almacenamiento se debe apegar a la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Número 109-97 en donde se especifican todos los requisitos a cumplir para los distintos combustibles.

1.3. Tanques de almacenamiento

Son por lo general tanques muy grandes, por ejemplo, 1 000 a 6 000 m³ y el combustible diésel normalmente contiene grandes cantidades de agua, insectos diésel (contaminación microbiana) y partículas, junto con altos niveles de sodio y potasio.

1.3.1. Definición

Contenedor metálico seguro con la capacidad de almacenara combustible diésel de un volumen definido.

⁴ AGUILAR. Carlos Enrique. *Comparación de la calidad del diésel 2d, entre las cuatro compañías de mayor comercialización en Guatemala, según las normas vigentes del país.* p. 21.

1.3.2. Clasificación por su forma

Los tanques de almacenamiento obedecen a una clasificación por su forma de construcción que satisfacen las necesidades del usuario.

1.3.2.1. Cilíndrico horizontal

Generalmente son de volúmenes relativamente pequeños, debido a que presentan fallas por corte y flexión. Principalmente son utilizados para el transporte de combustible y como tanques secundarios en lugares de distribución. Los tanques cilíndricos horizontales pueden estar expuestos a la intemperie o enterrados bajo la superficie.

Figura 3. **Tanque cilíndrico horizontal**



Fuente: Departamento de Combustibles.

1.3.2.2. Cilíndrico vertical

Permiten almacenar grandes cantidades volumétricas. Con la limitante que solo se pueden usar a presión atmosférica o presiones internas relativamente pequeñas.

Figura 4. Tanque cilíndrico vertical



Fuente: Departamento de Combustibles.

1.3.3. Protección del tanque

Debido a las condiciones atmosféricas es necesario proteger los tanques contra la corrosión. Esto evitará el derrame del combustible y el prematuro mantenimiento a los tanques, ayudando al cuidado del medio ambiente.

Todo contenedor de combustible deberá ser cambiado después de terminar su vida útil, el objetivo de la protección es optimizar el tiempo de uso.

1.3.3.1. Recubrimientos internos y externos

Una característica particular que se tiene en los lugares cercanos al mar, es la acelerada corrosión como resultado del ambiente.

Los tanques de combustible deben ser recubiertos interna y externamente con pinturas anticorrosivas y epóxicas que evitan el deterioro de los mismos, mitigando la corrosión. En algunos casos, adicional a esto también se aplican en el exterior pinturas asfálticas que de una mayor tiempo de vida útil en los tanques.

Otro tipo de protección se obtiene mediante la instalación de celdas bimetalicas, de magnesio o zinc. Estas celdas actúan como un ánodo de sacrificio.

1.4. Energía solar y su aprovechamiento

Durante el presente año, el Sol arrojará sobre la Tierra cuatro mil veces más energía que la que se va a consumir. Esta energía puede aprovecharse directamente, o bien ser convertida en otras formas útiles como, por ejemplo, en electricidad utilizando paneles solares (fotovoltaicos) que convierte los rayos solares en electricidad.

1.4.1. Definición

Es una fuente de energía que produce electricidad de origen renovable, obtenida directamente a partir de la radiación solar, mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica.

1.4.2. Principios básicos de conversión

Transforma los rayos en electricidad a través de los paneles solares o de las células fotovoltaicas. Los paneles solares, que están fabricados con silicio (el segundo elemento más abundante de que se dispone, después del oxígeno) que, junto con otros materiales, y al ser excitado por la luz solar, permite que se muevan los electrones y se genere una corriente eléctrica directa. Las células fotovoltaicas, por su parte, atrapan los fotones de la luz solar liberando con ello una carga que se convierte en electricidad.

1.4.2.1. Energía solar a eléctrica

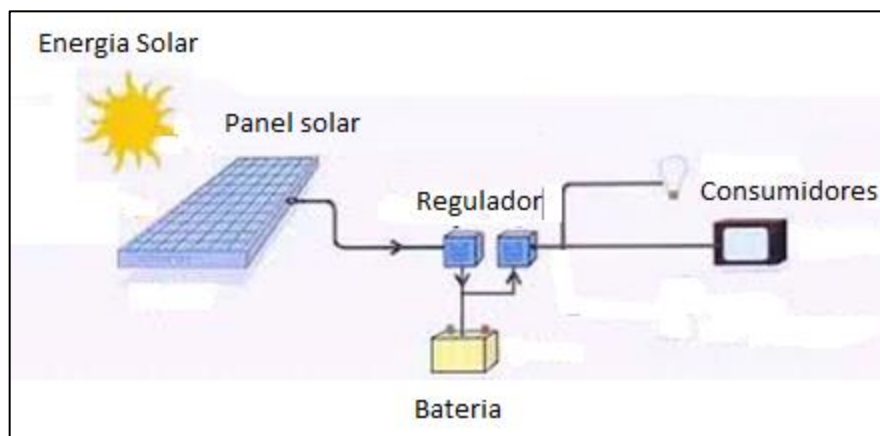
En un semiconductor expuesto a la luz, un fotón de energía arranca un electrón, creando a la vez un hueco en el átomo excitado. Normalmente, el electrón encuentra rápidamente otro hueco para volver a llenarlo, y la energía proporcionada por el fotón, por tanto, se disipa en forma de calor. El principio de una célula fotovoltaica es obligar a los electrones y a los huecos a avanzar hacia el lado opuesto del material, en lugar de simplemente recombinarse en él: así, se producirá una diferencia de potencial y por lo tanto tensión entre las dos partes del material, como ocurre en una pila.

1.4.3. Accesorios y elementos para la transformación de energía solar a eléctrica

- Generador solar: conjunto de paneles fotovoltaicos que captan energía luminosa y la transforman en corriente continua a baja tensión.
- Acumulador: almacena la energía producida por el generador. Una vez almacenada existen dos opciones:

- Sacar una línea de este para la instalación (utilizar lámpara y elementos de consumo eléctrico).
- Transformar a través de un inversor la corriente continua en corriente alterna.
- Regulador de carga: su función es evitar sobrecargas o descargas excesivas al acumulador, puesto que los daños podrían ser irreversibles. Debe asegurar que el sistema trabaje siempre en el punto de máxima eficacia.
- Inversor (opcional): se encarga de transformar la corriente continua producida por el campo fotovoltaico en corriente alterna, la cual alimentará directamente a los usuarios.

Figura 5. **Conexión de sistema de energía solar**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

Un sistema fotovoltaico no tiene por qué constar siempre de estos elementos, pudiendo prescindir de uno o más de estos, teniendo en cuenta el tipo y tamaño de las cargas a alimentar, además de la naturaleza de los recursos energéticos en el lugar de instalación.

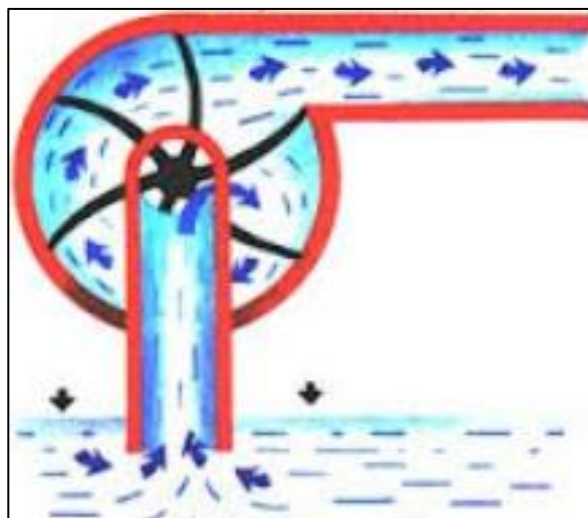
1.5. Bombas de succión de fluidos y accesorios

Para el traslado de los fluidos es necesario el uso de bombas y accesorios; tubería, válvulas, ente otros. Existe una variedad de cada uno de ellos que satisfacen las distintas necesidades.

1.5.1. Principios de funcionamientos

Consiste en la transformación de energía mecánica en cinética, generando presión y velocidad en el fluido. La bomba es un convertidor de energía.

Figura 6. **Funcionamiento interno de una bomba de agua**



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

1.5.2. Tipos de bombas

Las bombas se clasifican en tres tipos principales:

- De émbolo alternativo
- De émbolo rotativo
- Rotodinámicas

Los dos primeros operan sobre el principio de desplazamiento positivo, es decir, que bombean una determinada cantidad de fluido (sin tener en cuenta las fugas independientemente de la altura de bombeo).

El tercer tipo debe su nombre a un elemento rotativo, llamado rodete, que comunica velocidad al líquido y genera presión. La carcasa exterior, el eje y el motor completan la unidad de bombeo.

En su forma usual, la bomba de émbolo alternativo consiste en un pistón que tiene un movimiento de vaivén dentro de un cilindro. Un adecuado juego de válvulas permite que el líquido sea aspirado en una embolada y lanzado a la turbina de impulsión en la siguiente. En consecuencia, el caudal será intermitente a menos que se instalen recipientes de aire o un número suficiente de cilindros para uniformar el flujo. Aunque las bombas de émbolo alternativo han sido separadas en la mayoría de los campos de aplicación por las bombas rotodinámicas, mucho más adaptables, todavía se emplean ventajosamente en muchas operaciones industriales especiales.

Las bombas de émbolo rotativo generan presión por medio de engranajes o rotores muy ajustados que impulsan periféricamente al líquido dentro de la carcasa cerrada. El caudal es uniforme y no hay válvulas. Este tipo de bombas

es eminentemente adecuado para pequeños caudales (menores de 1 pie³/s y el líquido viscoso). Las variables posibles son muy numerosas.

La bomba rotodinámica es capaz de satisfacer la mayoría de las necesidades de la ingeniería y su uso está muy extendido.

Su campo de utilización abarca desde abastecimientos públicos de agua, drenajes y regadíos, hasta transporte de hormigón o pulpas.

1.5.3. Accesorios

- Tubería galvanizada: es un conducto que cumple la función de transportar combustible la cual está formada por acero al que se le aplica galvanizado para aumentar su resistencia a la oxidación.
- Válvulas: es un mecanismo que se utiliza para regular el flujo del fluido para este caso el combustible diésel.
- Juntas o uniones: elementos que permiten ensamblar tuberías y válvulas.

1.6. Sistema global para la comunicación móviles (GSM)

Un cliente GSM puede conectarse a través de su teléfono o computador, enviar y recibir mensajes por correo electrónico, faxes, navegar por Internet, acceder con seguridad a la red informática de la compañía (red local/Intranet), así como utilizar otras funciones digitales de transmisión de datos, incluyendo el servicio de mensajes cortos (SMS) o mensajes de texto.

1.6.1. Definición

Es una tecnología inalámbrica que presta los servicios de voz de alta calidad y transmisión de datos, conmutados por una alta gama de bandas de espectros.

1.6.2. Historia y desarrollo

En Europa la telefonía móvil celular fue introducida inicialmente en Suecia, Noruega, Finlandia y Dinamarca, en 1981, este era un sistema totalmente analógico, operando en las bandas de 450 y 900 Mhz. Posteriormente una gran cantidad de proveedores se fue sumando, los cuales instalaron sistemas similares en muchos otros países de Europa Occidental. Uno de los primeros problemas de estos era que no tenían compatibilidad con cada uno de los otros sistemas, y que no permitían interconexión entre ellos mucho menos *roaming* internacional; para solventar los inconvenientes que presentaba esta tecnología, fue desarrollado un nuevo estándar llamado "Global".

Sistem for Mobil Comunication" (Sistema Global para Comunicaciones Móviles, GSM) en 1990, para la siguiente generación de telefonía celular, la cual dejaba de ser analógica y se convertía en digital. Sistemas basados en este estándar fueron implementados en 18 países de Europa en 1991. Para fines de 1993, había sido adoptado en nueve países más; a la fecha, este sistema ha sido introducido en la mayoría de países del mundo incluyendo Guatemala. GSM combina FDMA y TDMA que utilizan dos bandas de frecuencia, una destinada para la comunicación del Móvil a la Red (*uplink*) y la otra de la estación base hacia los móviles (*downlink*).

GSM permite la conexión con la red conmutada (red de telefonía fija) y con la RDSI, ofrece al usuario servicio de telefonía, transmisión de datos en un rango de 9,3 a 9,6 Kb/s, conexión a sistemas de correo electrónico (X-400) y envío de mensajes cortos alfanuméricos SMS que pueden ser transmitidos o recibidos desde una unidad móvil, visualizándolos en este último caso en la pantalla del móvil correspondiente. Soporta igualmente otros servicios adicionales, como son, desvío de llamada, restricciones de llamadas entrantes o salientes, conferencias tripartitas, llamada en espera, entre otros.

En lo que a seguridad se refiere, ofrece novedosos servicios, como el uso de tarjeta de usuario para la autenticación y validez de la llamada, codificación, que facilita una confidencialidad total (voz, datos e identidad del abonado), además de impedir la utilización de equipos robados mediante la asignación previa de un número de serie a cada estación móvil.

La componente de radiofrecuencia utilizan distintas bandas de frecuencia, con el método TDMA, que proporciona ocho canales telefónicos en una misma portadora y una codificación de voz a 13 Kbps, por lo que se destina un octavo de tiempo a cada canal, logrando así un ancho de banda efectivo de uso es de 25 KHz, o sea $200/8$ (para GSM Primaria o P-GSM). Actualmente, los proveedores de equipo GSM ofrecen una solución para duplicar la capacidad de llamadas activas por ranura de tiempo llamada Adaptación de Múltiple Tasa AMR, con lo cual se logra una codificación de voz de velocidad a la mitad, lo que permitiría la utilización de 16 canales por portadora, con el inconveniente de sacrificar la calidad de voz.

En un sistema de comunicación móvil, trabajando sobre una red GSM son necesarios los siguientes componentes y elementos:

- Estación base, regularmente se encuentra ubicada en el área que se desea cubrir con cobertura de telefonía celular, esta puede ser rural o urbana.
- Unidades de switcheo o conmutación de llamadas entre estaciones base y las redes externas de telefonía o de datos.
- Interfaces para las redes de conmutación de telefonía pública, redes públicas de datos (PDN), y otras redes públicas de telefonía móvil.
- Estaciones móviles (MSs), las cuales contienen equipo móvil (ME) y tarjetas SIM con una identificación única para cada suscriptor como un IMSI (Identificación Internacional de Suscriptores de Telefonía Móvil) e IMEI (Identificación Internacional de Equipo Móvil).
- Unidades de autenticación: necesarias para autenticar suscriptores por medio de códigos y algoritmos.
- Unidades de encriptación: necesarias para que la información de voz o datos, sea enviada por la interfaz de aire con una codificación de seguridad.
- Compresores de voz y datos: necesarios para aprovechar mejor los recursos limitados de radio.
- Base de datos: las cuales deben contener datos de seguridad, e información de los suscriptores.
- Administrador de ubicación: utilizado para conocer la ubicación de un suscriptor para la recepción de llamadas y enrutamiento de las mismas.
- Unidad de coordinación de Handover entre estaciones base: cuando el suscriptor se está moviendo dentro del área de cobertura de una celda y pasa a otra.
- Control de potencia: para minimizar la potencia transmitida por el usuario.
- Centro de administración de red: este facilita el manejo de las redes y el conjunto de estadísticas según su desempeño.

- Centro de tarificación, encargado de llevar un registro de llamadas del usuario para el cobro de su cuenta.
- Área de cobertura, esta es necesaria para que varias cuadras de edificios o poblaciones, puedan mantenerse comunicadas.

1.6.3. Aplicaciones

- Control sobre sistemas de riego, fertilizantes y motores
- Automatización de bodegas
- Control sobre vehículos
- Comunicaciones

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Planteamiento del problema

Es la delimitación clara y precisa del objeto de la investigación que se realiza por medio de preguntas, lecturas, encuestas pilotos, entrevistas, entre otros.

2.1.1. Procesos del despacho de combustible por medio de una cisterna móvil de combustible

La cisterna móvil de combustible en el frente de cosecha es abastecida por otra unidad móvil encargada de esta labor. Esto queda registrado en una boleta que es el documento que da validez al traslado del producto.

Una vez este proceso está concluido la móvil del frente procede a realizar el abastecimiento a cada máquina que lo necesite. Esto es registrado en una boleta de combustible.

Las boletas son centralizadas en los cascos de las regiones y luego enviadas por medio de un mensajero a la estación central, donde se procede a ingresarlas al sistema de almacenes de la gasolinera.

2.1.1.1. Descripción actual

La cisterna móvil es abastecida una vez ésta lo necesite, depende del consumo diario que tenga cada máquina y la ubicación en la que se encuentre. Cada abastecimiento según historial se realiza a cada dos días.

Este proceso de abastecimiento lo realiza otra unidad móvil de combustible encargada de esta actividad. Esta otra unidad móvil traslada el combustible del casco de la región a los puntos donde se encuentra la cosecha de la caña.

2.1.1.2. Abastecimiento de combustible a la cisterna móvil de combustible

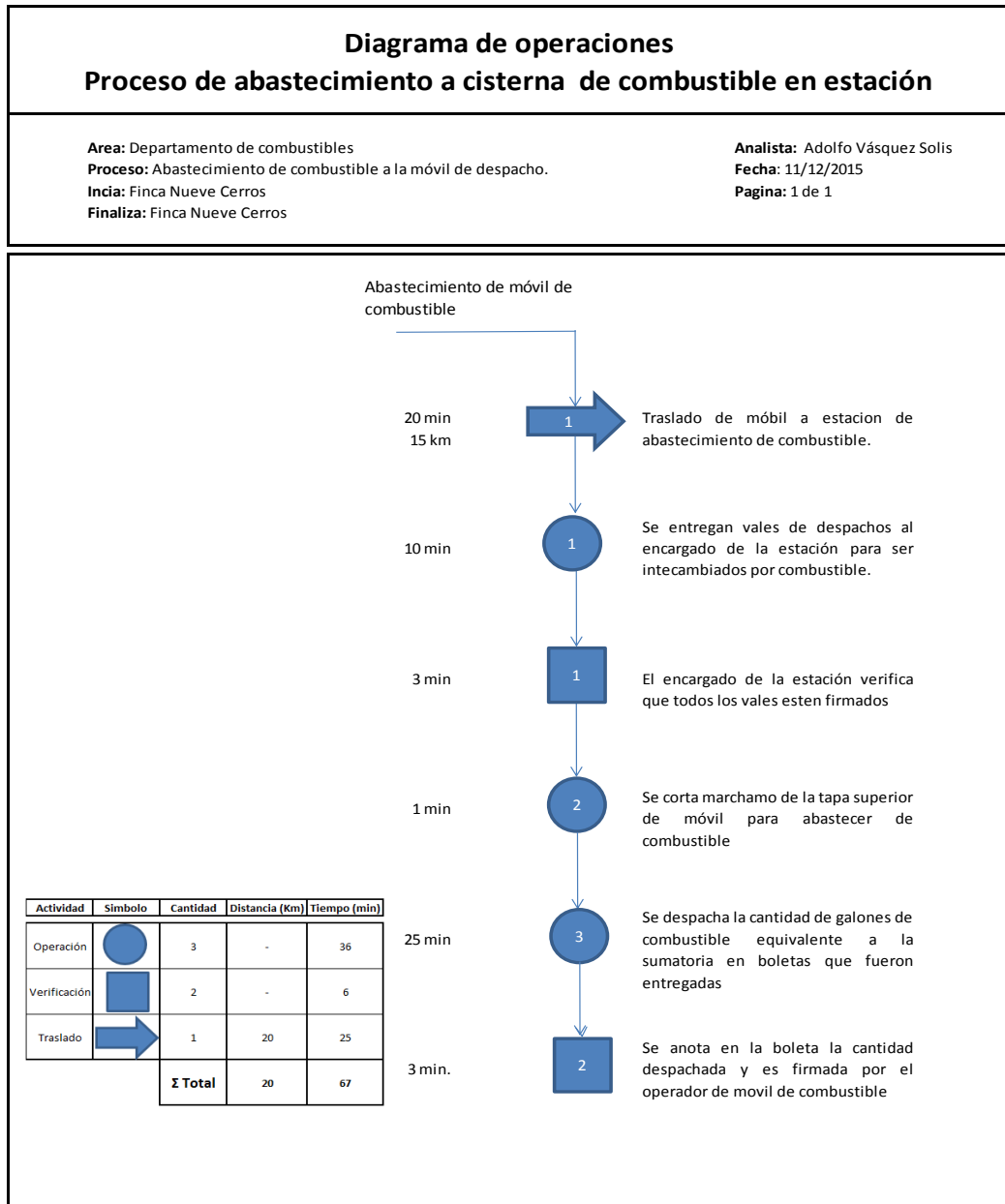
La móvil es abastecida una vez esta lo necesite, depende del consumo diario que tenga cada máquina y la ubicación en la que se encuentre. Cada abastecimiento según historial se realiza a cada dos días.

Este proceso de abastecimiento lo realiza otra unidad móvil de combustible encargada de esta actividad. Esta otra unidad móvil traslada el combustible del casco de la región a los puntos donde se encuentra la cosecha de la caña.

2.1.1.2.1. Diagrama de operación

A continuación se presenta de una manera gráfica el proceso de abastecimiento a cisterna de combustible.

Figura 7. Diagrama de operaciones del proceso de abastecimiento a cisterna de combustible



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.1.1.3. Despacho de combustible a maquinaria agrícola

Cada vez que una máquina requiera de abastecimiento en el frente de cosecha se acerca a la unidad móvil de combustible, para que esta pueda despachar la cantidad necesaria.

El encargado o despachador solicita al usuario estacionar la máquina en un lugar apropiado. También, se necesitan de los datos para llenar la boleta de control que posteriormente será grabada en el sistema del almacén de la Gasolinera Central.

Los datos son los siguientes: fecha, código de bodega que despacha, código de máquina, horas o kilometraje actual, cantidad de galones despachados, código y firma de operador, código y firma del que despacha.

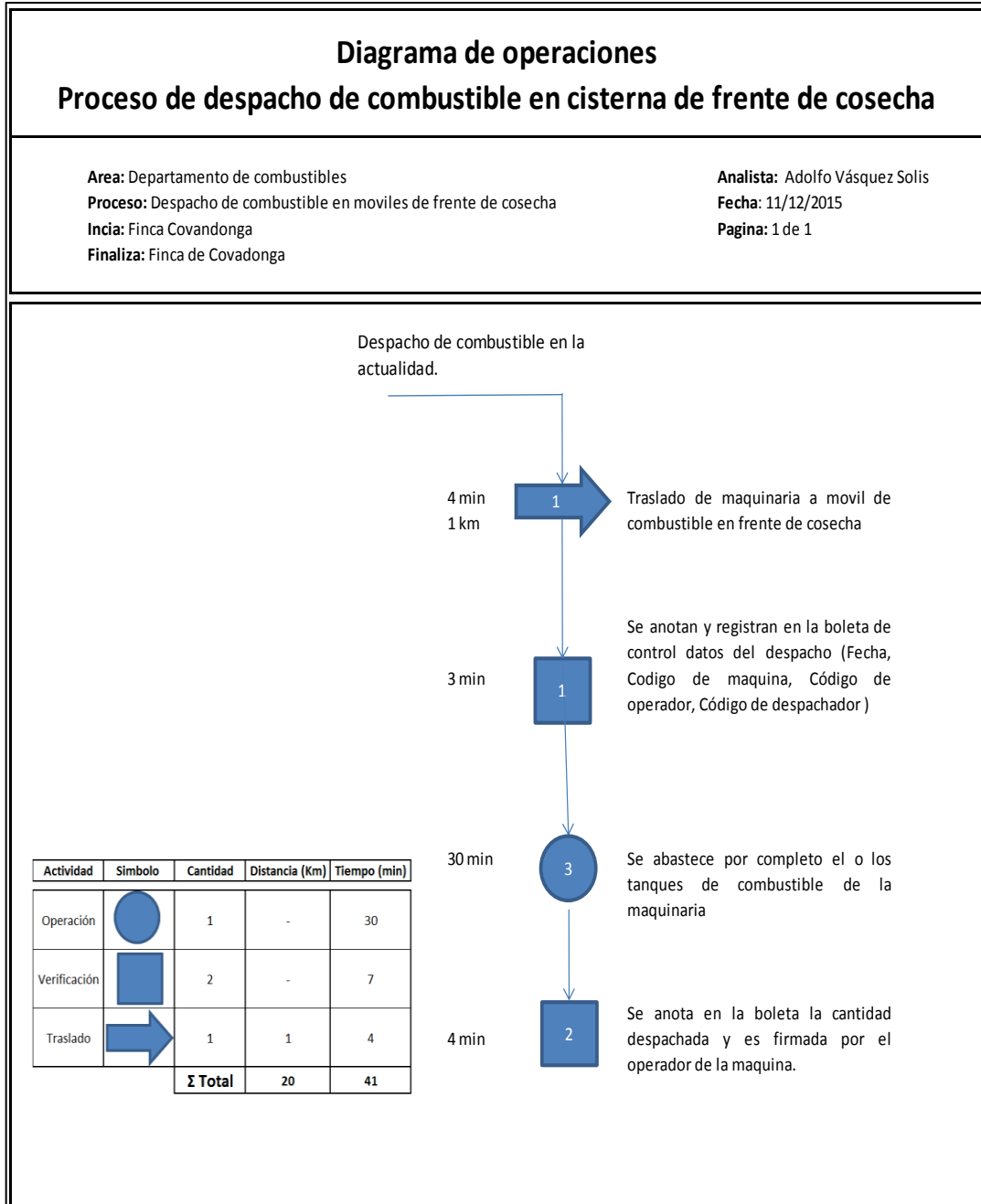
Una vez presentada esta información la persona procede a realizar el despacho de combustible hasta llenar el tanque por completo.

Es importante mencionar que si el tanque de combustible no es abastecido por completo no será posible obtener resultados de eficiencia de cada una de las máquinas por el período de tiempo trabajado.

2.1.1.3.1. Diagrama de operación

A continuación se presenta de una manera gráfica el proceso de despacho de combustible a maquinaria.

Figura 8. Diagrama del proceso de despacho de combustible a maquinaria



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.1.1.4. Mantenimiento actual

El tipo de mantenimiento que se realiza es correctivo. Únicamente se hace a las bombas de despacho cuando ellas lo requieren, ya sea por pérdida de presión o por datos incorrectos en el medidor de galones.

El encargado del despacho realiza el reporte y se envía asistencia en el menor tiempo posible. Esto puede ser según sea el caso varios días después.

2.1.2. Diagrama Ishikawa de proceso de despacho de combustible

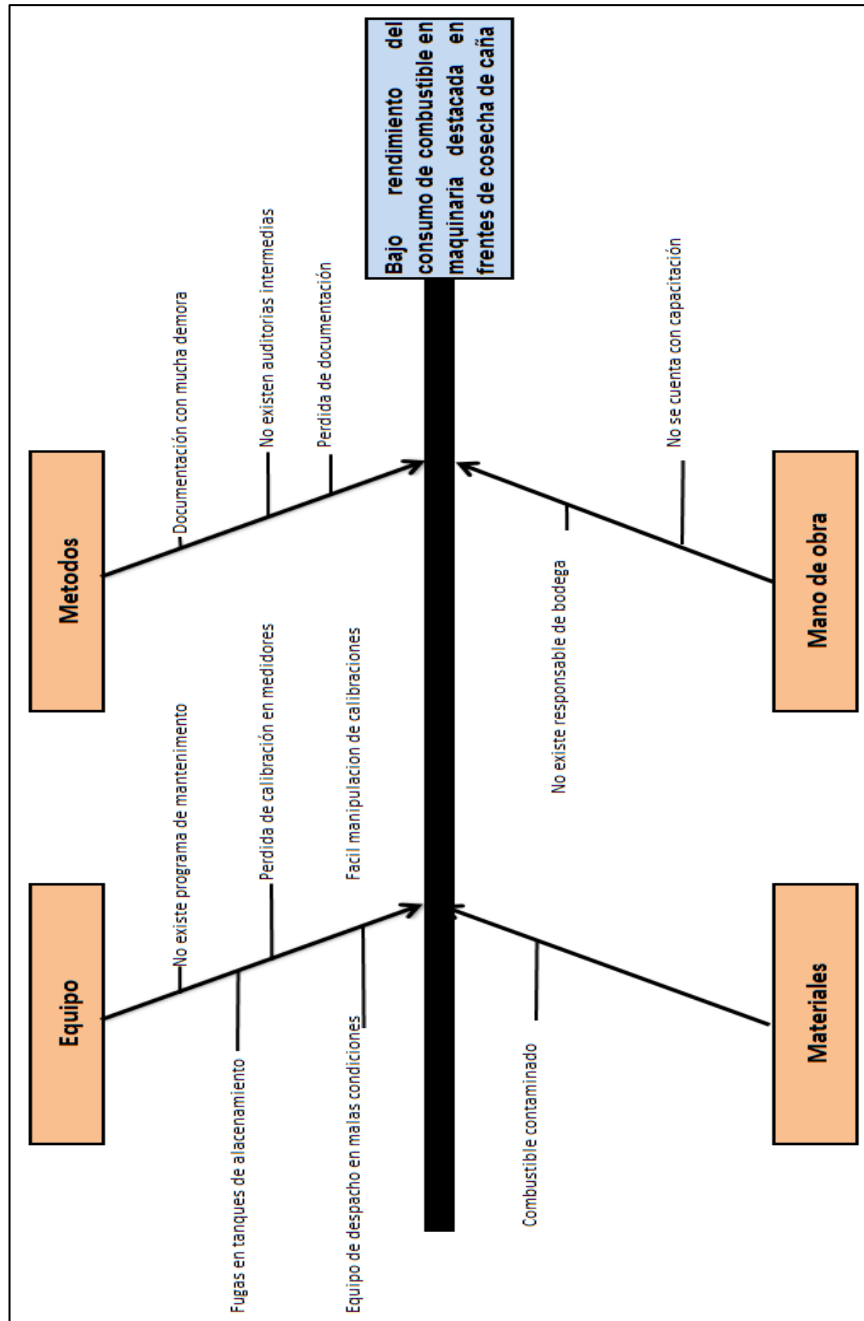
Se utiliza este diagrama como una herramienta de diagnóstico donde se evidencia deficiencias que se deben de corregir, para el mayor control de consumo de la maquinaria y evitar las fugas del mismo.

El siguiente diagrama brinda un panorama hacia donde se deben encausar los esfuerzos que hagan cambios significativos en el proceso del abastecimiento de combustible en la maquinaria de cosecha.

2.1.2.1. Cisternas móviles de combustible

Transmite la información del reabastecimiento de combustible realizados únicamente a vehículos autorizados.

Figura 9. Diagrama de Ishikawa en el proceso del despacho de combustible



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

2.2. Descripción general de las instalaciones

Se dedica a la producción de caña de azúcar, elaboración de azúcar y generación de energía eléctrica. También comercializa subproductos como la melaza, bagazo y cachaza y diversos servicios conexos.

2.2.1. Tanque de almacenamiento

El almacenamiento apropiado reduce las posibilidades de contaminación y crecimiento de microorganismos. Por lo que se recomienda que los espacios donde se almacene el producto se mantengan limpios y libres de contaminación por roedores e insectos.

2.2.1.1. Forma de construcción

En la actualidad se tiene el tanque con la forma de construcción cilíndrica horizontal, siendo esta la más adecuada para este trabajo, por la facilidad para el traslado y almacenamiento.

2.2.1.2. Capacidad

La capacidad actual para estos tanques de combustible es de 500 galones. No se cuenta actualmente con una tabla de calibración que indique la cantidad disponible que corresponda a su altura dentro del tanque.

2.2.1.3. Demanda de combustible

La tabla a continuación resume la cantidad demandada por un período de tiempo en este frente de cosecha.

Tabla I. **Consumo de combustible por mes en frente de cosecha**

Año	Mes	Cantidad Galones
2013	11	9,761
	12	16,723
2014	1	21,576
	2	20,819
	3	19,642
	4	24,784
	5	8,592
Total		121,896 Galones

Fuente: estación de combustible Grupo Corporativo Santa Ana.

En resumen es importante aumentar la capacidad del tanque de almacenamiento. Esto ayudará a disminuir la frecuencia de abastecimiento y el riesgo de quedar sin combustible para la maquinaria.

2.2.2. Sistema de despacho de combustible

Es un sistema de control de combustible y administración de flotillas que proporciona varios niveles de seguridad, utiliza métodos como anillo inalámbrico identificador de vehículo y tarjetas magnéticas o llaves magnéticas para identificar al piloto de la unidad.

2.2.2.1. Bomba de combustible

Se tiene una bomba eléctrica para el despacho de combustible. Es alimentada por una batería de 12 V. Esta energía es tomada de la batería de la máquina que se está abasteciendo.

Tiene una capacidad de despacho de 4 GPM. Esta bomba tiene adjunto un contador de galones mecánico el cual da la lectura de la cantidad despachada.

El contador de galones puede descalibrarse, es por esto que tiene un sistema de ajuste. Se hacen comparaciones de la calibración cada vez que se reporta una anomalía en el frente de cosecha.

Figura 10. **Bomba de despacho de combustible marca Fill-Rite alimentada por acumulador 12 V**



Fuente: Departamento de Combustibles.

2.2.2.2. Distribución de tubería de despacho

La distribución de la tubería de despacho está conformada por dos secciones, una de ellas por tubo galvanizado y en otras por manguera. Estas instalaciones fueron diseñadas sobre la marcha omitiendo puntos importantes, tanto de seguridad como de diseño.

Del tanque hacia la bomba de succión existen fugas ocasionadas por malos acoples y mal apriete de las conexiones, esto se debe al diseño inadecuado de las instalaciones.

2.2.2.3. Manguera y pistola de expendido de combustible

La manguera es de $\frac{3}{4}$ " de diámetro, fabricada de nitrilo o neopreno que son materiales resistentes a los derivados del petróleo. Tiene una longitud de 1,50 metros, en algunas ocasiones representa inconvenientes debido a la medida muy corta y representa una actividad insegura para el abastecimiento de algunas máquinas.

La pistola de distribución de combustible fabricada principalmente de aluminio, funciona como una válvula de paso únicamente dejando pasar el fluido cuando se aprieta el gatillo.

Existe una gran variedad de pistolas de despacho, siendo la más recomendada la que cuenta con el accionamiento que detiene el paso del combustible cuando el depósito ya se encuentra repleto. Esto evita una acción insegura y el desperdicio y derrame de combustible.

2.3. Elementos importantes que participan en el despacho de combustible

- Contener la fecha, la cual debe corresponder a la del envío de combustible al comprador o del retiro por este, sin perjuicio del plazo prudencial que transcurra desde el envío o retiro hasta su destino, el cual

deberá ser considerado por el Servicio de Impuestos Internos al requerir la guía, según la naturaleza o características del traslado.

- Contener nombre, dirección y número de ruta del vendedor y del comprador.
- Deben ser numeradas correlativamente, contener el detalle y precio unitario del combustible enviado y ser timbradas.
- El vendedor deberá conservar los duplicados de las guías durante seis años, con indicación del número de la correspondiente factura.
- Registrar la Patente del vehículo destinado al transporte de carga, en el que se realizará el traslado del combustible.
- Las guías de despacho emitidas por la empresa expendedora de combustible deberá registrar la Patente del vehículo en el que se está cargando el combustible.

2.3.1. Tipo de maquinaria

Un frente de cosecha está integrado por una variedad de maquinaria que es indispensable para su operación. Estas máquinas laboran únicamente durante el tiempo de reparación y son las encargadas de acondicionar la caña en las jaulas. Las jaulas o carretas son las encargadas de transportar la caña desde la ubicación del corte hasta la fábrica donde esta es procesada.

A continuación se presenta la descripción y cantidad de máquinas que participan en la cosecha de caña durante el período de zafra.

Tabla II. **Tipo y cantidad de maquinaria que labora en frentes de cosecha**

Cantidad	Descripción
6	Tractores
4	Cosechadoras de caña mecanizada
1	Alzadora

Fuente: elaboración propia.

2.3.2. Horario de servicio

El proceso de transformación de la caña en azúcar es continuo, es debido a esto que toda la maquinaria que participa debe de estar en labores las 24 horas. De igual manera el servicio de despacho de combustible en los frentes de cosecha está disponible en todo el día.

2.3.3. Recurso humano responsable del despacho de combustible

Actualmente la responsabilidad del despacho de combustible en los frentes de cosecha la tiene a cargo el mecánico de la maquinaria. Esta persona lleva el control del despacho y en ocasiones solicita apoyo del propio operador de la máquina, para que el mismo sea quien se despache debido a que se encuentra realizando otras actividades.

2.3.4. Control de consumo de combustible

El control del consumo se lleva por medio del rendimiento de cada una de las máquinas, este rendimiento es obtenido de la relación de las horas de trabajo entre los galones consumidos.

Este valor de rendimiento es individual para cada una de las máquinas, dado que aunque sean máquinas de la misma serie y configuración realizan labores distintas.

En el frente de cosecha cada jefe solicita al mecánico encargado del despacho de combustible los datos recopilados en la boleta, para llevar un historial del consumo por máquina.

Este control se lleva de forma manual, dependiendo totalmente de los datos que el mecánico haya podido recopilar y de la fidelidad de la información.

2.3.4.1. Boletas de combustible

La boleta de combustible es un documento que se tiene en forma de talonario identificado por medio de un correlativo. Esta boleta se utiliza única y exclusivamente para registrar cada despacho de combustible en cualquier lugar.

Los datos que se recopilan en esta boleta son indispensable para dejar constancia en el sistema de almacenes del de los movimientos diarios, y poder hacer la reconciliación de inventarios de la bodega de despacho.

Cada vez que el período de zafra termina se debe hacer la liquidación completa de la bodega. Cualquier diferencia debe ser justificada, caso contrario se procede a realizar el respectivo cobro al encargado de la bodega.

2.3.4.2. Envío de boletas

Los frentes de cosecha durante el período de zafra se ubican en todos los lugares o fincas donde se tenga caña sembrada. Estas fincas están localizadas en su gran mayoría en la costa sur del departamento de Escuintla.

Las boletas de despacho se entregan cada vez que la móvil es abastecida.

Las boletas son entregadas por el mecánico del frente al despachador de la otra unidad móvil que lo abastece. Esta otra móvil regresa todos los días al casco de la finca y es en este lugar donde una vez por semana un mensajero recoge la papelería y la traslada hacia las oficinas ubicadas en el Ingenio.

El tiempo en que se alimenta el sistema de almacenes es aproximadamente una semana.

2.3.4.3. Visualización de información

La presentación de la información que se tiene actualmente es únicamente del despacho. Esta información le da a Gasolinera Central el historial de despachos y la forma como se ha despachado el combustible a las distintas máquinas.

Debido al período de espera de que se tiene por el traslado de las boletas de combustible esta información se actualiza con una semana de retraso. Esto dificulta poder atender inmediatamente una anomalía o un mal dato registrado en las boletas de despacho.

3. PROPUESTA A IMPLEMENTAR

3.1. Planteamiento

Con base en el diagnóstico de la situación actual a continuación se hace la presentación del procedimiento propuesto, para hacer del despacho de combustible en frentes de cosecha y una herramienta de control y seguimiento de eficiencia del consumo de combustible para la maquinaria.

Este control es necesario e indispensable, siendo el combustible uno de los principales bienes de la empresa que son altamente susceptibles al hurto y mal manejo.

3.1.1. Procedimiento de despacho de combustible a implementar

El complemento ideal que da esta propuesta, consiste en que este sistema envía automáticamente cada despacho de combustible hacia el servidor por medio de la tecnología GSM. Esto alimenta el sistema de almacén de la Gasolinera Central.

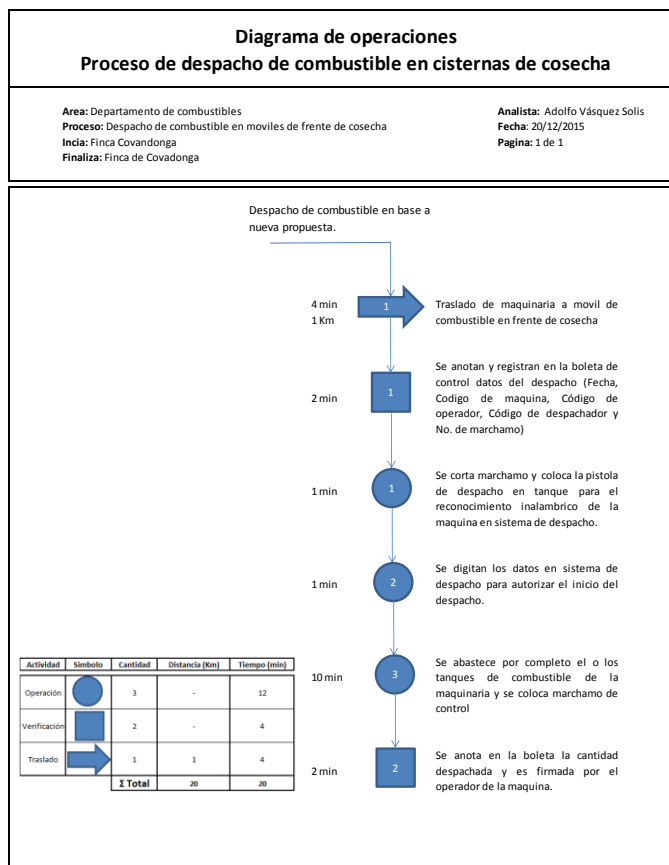
Esta información rebaja automáticamente la cantidad despachada de la bodega que se tiene en el frente de cosecha y asigna el despacho a la máquina que se abasteció.

Esto permite a cada responsable ver en línea el comportamiento del rendimiento de cada máquina y tomar acciones correctivas en caso de alguna anomalía o incongruencia.

3.1.1.1. Diagrama de operación

A continuación se presenta de una manera gráfica la operación de despacho con nueva propuesta.

Figura 11. Diagrama de operación de despacho con nueva propuesta



Fuente: elaboración propia, empleando Microsoft Visio.

3.2. Modificaciones de las instalaciones

Es necesaria la realización de modificaciones físicas en las instalaciones del despacho de combustible para aumentar la seguridad en integridad de los colaboradores y del medio ambiente.

Las modificaciones tienen el alcance también en los sistemas informáticos que permitan aumentar el control del consumo de cada máquina y la correcta administración del inventario de la bodega de combustible en el frente de cosecha.

3.2.1. Tanque de almacenamiento

Es un contenedor seguro para líquidos inflamables, que forma parte del sistema del motor, y en el cual se almacena el combustible.

3.2.1.1. Forma de construcción

El tanque de combustible se construirá con la forma cilíndrica horizontal en la actualidad los tanques tienen forma rectangular y no son independientes. Los tanques pertenecen a la estación de los mecánicos de soporte.

Esta forma permite el aprovechamiento máximo del espacio que se posee para su fácil traslado de un lugar a otro.

Adicional a esto se deben incluir en el interior del tanque dos separadores los cuales tienen la función de disipar esfuerzos internos que se generan por el movimiento del líquido en el interior del tanque de combustible. Estos movimientos pueden causar fatiga en el material y la soldadura aplicada,

creando grietas, las que dan como resultado pérdida de producto y creación de condiciones inseguras a los trabajadores en caso de incendios.

3.2.1.2. Material para la construcción

El material a utilizar para la construcción debe tener las especificaciones según Norma ASTM-A-36.

El diseño de fabricación y prueba es de acuerdo a lo señalado en los códigos UL-142, UL-158; NFPA-30 sección 2.1; NFPA-30A sección 2.4.2.2 excepciones 1 y 2 y UFC apéndice IIF. Estos códigos establecen las características de la temperatura que debe soportar un tanque expuesto al fuego⁵.

La siguiente tabla establece el parámetro de las dimensiones y espesor del material a utilizar dependiendo el volumen a manejar.

Tabla III. **Especificaciones de fabricación de tanques en relación a su volumen**

Capacidad		Diámetro Máximo		Norma de fabricación	Espesor Nominal			
U.S. Galones	Litros	Pulg	m		Calibre	Pulg	mm	Galvanizado
Hasta 285	Hasta 1,078	42	1.07	14	0.075	1.91	0.079	2.01
286 a 560	1,082 a 2,120	48	1.22	12	0.105	2.67	0.108	2.74
561 a 1,100	2,124 a 4,164	64	1.63	10	0.135	3.43	0.138	
1,101 a 4,000	4,168 a 15,142	84	2.13	7	0.179	4.55		
4,001 a 12,000	15,145 a 45,425	126	3.20	1/4 plg	0.250	6.35		
12,001 a 20,000	45,429 a 75,708	144	3.66	5/16 plg	0.312	7.92		
20,001 a 50,000	75,712 a 189,270	144	3.66	3/8 plg	0.375	9.53		

Fuente: PAZ, Otto Leonel. *Materiales y fabricación de tanques cisterna para almacenamiento de combustible, utilizando recubrimiento para evitar daños al medio ambiente.* p. 8.

⁵ SAMAYOA, Jaime Manolo. *Normativa para la instalación y operación de estaciones de servicio.* p. 28.

3.2.1.3. Recubrimiento interno y externo





El tanque debe ser protegido contra la corrosión del medio ambiente y los contaminantes del combustible. Para esto es necesaria la aplicación de pintura resistente a los derivados del petróleo y a la corrosión. La aplicación debe ser una capa en el interior y una capa en el exterior. En el mercado existe una gran variedad de este tipo de pinturas. Por ejemplo: la Traspoxi Tap Finish 8.63.

Una vez aplicado el recubrimiento se puede pintar el tanque con la simbología y mensajes que lo identifican como contenedor de combustible. Es importante mencionar que cada tipo de combustible tiene un código de identificación.

Tabla IV. **Simbología y clasificación de sustancias peligrosas para su transporte**

E		Clasificación: sustancias y preparaciones que reaccionan exotérmicamente también sin oxígeno y que detonan según condiciones de ensayo fijadas, pueden explotar al calentar bajo inclusión parcial. Precaución: evitar el choque, percusión, fricción, formación de chispas, fuego y acción del calor.
F Fácilmente inflamable		Clasificación: líquidos con un punto de inflamación inferior a 21°C, pero que NO son altamente inflamables. Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de inflamación pueden inflamarse fácilmente y luego pueden continuar quemándose o permanecer incandescentes. Precaución: mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.
F+		Clasificación: líquidos con un punto de inflamación inferior a 0 °C y un punto de ebullición de máximo de 35 °C. Gases y mezclas de gases, que a presión normal y a temperatura usual son inflamables en el aire.

Continuación de la tabla IV.

Extremadamente inflamable		Precaución: mantener lejos de llamas abiertas, chispas y fuentes de calor.
C		Clasificación: destrucción del tejido cutáneo en todo su espesor en el caso de piel sana, intacta.
Corrosivo		Precaución: mediante medidas protectoras especiales evitar el contacto con los ojos, piel y indumentaria. NO inhalar los vapores. En caso de accidente o malestar consultar inmediatamente al médico!
T		Clasificación: la inhalación y la ingestión o absorción cutánea en pequeña cantidad, pueden conducir a daños para la salud de magnitud considerable, eventualmente con consecuencias mortales.
Tóxico		Precaución: evitar cualquier contacto con el cuerpo humano. En caso de malestar consultar inmediatamente al médico. En caso de manipulación de estas sustancias deben establecerse procedimientos especiales!
T+		Clasificación: la inhalación y la ingestión o absorción cutánea en MUY pequeña cantidad, pueden conducir a daños de considerable magnitud para la salud, posiblemente con consecuencias mortales.
Muy tóxico		Precaución: evitar cualquier contacto con el cuerpo humano, en caso de malestar consultar inmediatamente al médico!
O		Clasificación: (peróxidos orgánicos). Sustancias y preparados que, en contacto con otras sustancias, en especial con sustancias inflamables, producen reacción fuertemente exotérmica.
Comburente		Precaución: evitar todo contacto con sustancias combustibles.
		Peligro de inflamación: pueden favorecer los incendios comenzados y dificultar su extinción.

Continuación de la tabla IV.

Xn Nocivo		Clasificación: la inhalación, la ingestión o la absorción cutánea pueden provocar daños para la salud agudos o crónicos. Peligros para la reproducción, peligro de sensibilización por inhalación, en clasificación con R42. Precaución: evitar el contacto con el cuerpo humano.
Xi Irritante		Clasificación: sin ser corrosivas, pueden producir inflamaciones en caso de contacto breve, prolongado o repetido con la piel o en mucosas. Peligro de sensibilización en caso de contacto con la piel. Clasificación con R43. Precaución: evitar el contacto con ojos y piel; no inhalar vapores.
N Peligro para el medio ambiente		Clasificación: en el caso de ser liberado en el medio acuático y no acuático puede producirse un daño del ecosistema por cambio del equilibrio natural, inmediatamente o con posterioridad. Ciertas sustancias o sus productos de transformación pueden alterar simultáneamente diversos compartimentos. Precaución: según sea el potencial de peligro, no dejar que alcancen la canalización, en el suelo o el medio ambiente! Observar las prescripciones de eliminación de residuos especiales.

Fuente: elaboración propia.

3.2.1.4. Capacidad de almacenamiento

El tanque de combustible debe poseer la capacidad de almacenamiento que permita al frente de cosecha tener dos días sin este ser abastecido.

En la actualidad el frente de cosecha es abastecido diariamente, lo que dificulta la logística de la otra unidad móvil y pérdida de recurso. Recordando que la otra unidad móvil tiene la responsabilidad de abastecer a la maquinaria que no pertenece a la cosecha. Esta maquinaria debe realizar labores agrícolas que aseguran la cosecha de la próxima temporada y se encuentran dispersas toda la región.

Se determina que la cantidad de almacenamiento adecuada que no dificulta la operación es de 2 000 galones, con esta cantidad es posible permanecer tres días sin abastecimiento, por lo que el tanque debe ser construido para esta capacidad, con las siguientes dimensiones (ver tabla V).

Ya conociendo la capacidad de almacenaje se procede a la realización de los cálculos para las medidas de fabricación.

$$V = \pi r^2 L \quad [\text{Ec. 1}]$$

Donde

V = volumen del tanque de combustible

π = constante

r = radio del tanque

L = longitud del tanque

La equivalencia de 2 000 galones es de 7,57 m³. Se cuenta actualmente con una plataforma donde será montado el tanque que tiene una longitud de 5 metros.

Sustituyendo en ecuación 1

$$7,57 \text{ m}^3 = \pi r^2 (5 \text{ m})$$

$$r = 0,694 \text{ m}$$

El resultado indica que el radio de construcción debe ser mayor o igual a 0,694 metros.

Tabla V. **Consumo promedio de combustible en frente de cosecha por día a la semana**

Día	Consumo promedio Galones
Domingo	689
Lunes	678
Martes	737
Miércoles	673
Jueves	701
Viernes	650
Sábado	687

Fuente: Departamento de Combustibles.

3.2.1.5. Protección anódica del tanque de almacenamiento

Lo anterior es el consumo de combustible de la maquinaria que se encarga exclusivamente de realizar la cosecha; esta actividad se realiza para trasladar la materia prima de los campos a la fábrica de producción de azúcar.

En búsqueda del máximo rendimiento de los bienes es necesario proteger al tanque de almacenamiento del fenómeno de corrosión por conductividad de los materiales.

A pesar que el tanque está aislado de la conductividad por los neumáticos de la superficie de la tierra, se recomienda la instalación de ánodos de magnesio (preguntar por esto).

La función del ánodo consistirá en su degradación antes que la del tanque de almacenamiento. Aumentando su durabilidad y el riesgo de fisuras que incurrirán en costos por la pérdida del producto y contaminación del medio ambiente. Estos derrames crean condiciones inseguras por ser este un producto inflamable y sumado a esto el medio en que trabaja (cañales).

3.2.2. Sistema de despacho de combustible

El sistema de control y gestión de despacho de combustible opera de manera similar a un cajero automático. En lugar de permitir la extracción de dinero, habilita el despacho de combustible a usuarios o vehículos autorizados.

3.2.2.1. Selección de bomba de despacho

El tiempo promedio que una máquina puede estar varada por motivo de abastecimiento debe ser de 10 minutos como máximo. Este tiempo se determina a través del ciclo de corte y la demanda de caña que deben despachar por día.

Tabla VI. **Cantidad de galones despachados por máquina por evento**

Maquina	Cantida de Galones
Cosechadoras	85
Tractores	65
Alazadoras	25

Fuente: elaboración propia.

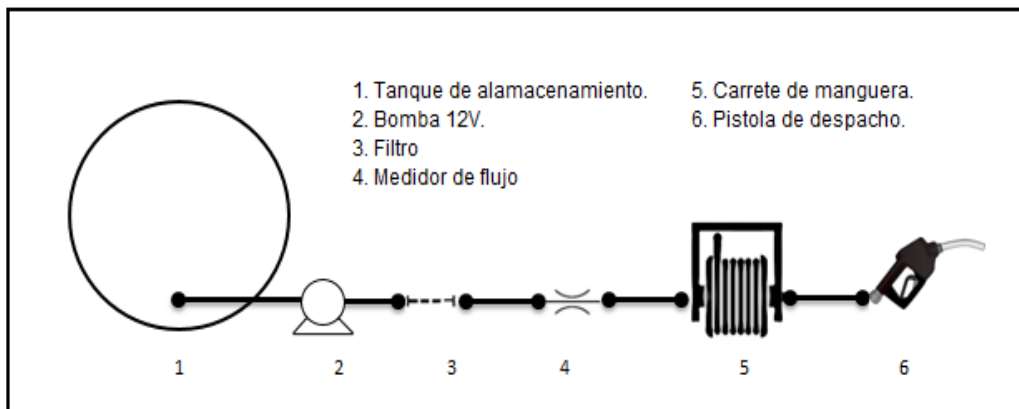
De la tabla anterior se puede determinar que el dato más alto de despacho de combustible que se tiene para una máquina es de 85 galones.

De la relación de los galones y el tiempo máximo se obtiene que la bomba debe tener una velocidad de despacho como mínimo de 8,5 galones por minuto. En el mercado existe una gran variedad de bombas que se acomodan perfectamente a las necesidades buscadas; alimentadas por batería de 12 V y mayores a 10 GPM.

3.2.2.2. Distribución de tubería de despacho y accesorios

El diseño propuesto corresponde al siguiente a la figura 11, que incluye los componentes necesarios para optimizar el despacho de combustible y no degradar la calidad del mismo.

Figura 12. Diagrama de distribución de tubería de despacho y accesorios



Fuente: elaboración propia, empleando Adobe Illustrator.

La tubería es material galvanizado, de diámetro de 2 pulgadas, del tanque hacia la succión de la bomba. Esto aumenta la eficiencia según especificaciones del fabricante.

El filtro se que se recomienda para este tipo de fluido es el de 30 micrones, esto ayudará a mantener partículas contaminantes (polvo, proveniente del ambiente) ajenas al combustible, que represente desgaste mecánicos en los componentes del motor y disminución de la eficiencia en el motor.

La salida de la bomba está diseñada con diámetro de 1 pulgada, las juntas o uniones y los accesorios que corresponden al sistema de despacho todas mantienen esta medida evitando pérdidas por reducción de área.

Adicional a esto se colocó un carrete de acondicionamiento de manguera de despacho, esto permite utilizar la manguera con mayor eficiencia y evitar desgastarla por el arrastre en el suelo.

La pistola de despacho también cuenta con el sistema Venturi, esto permite no derramar de combustible cuando el tanque se encuentra lleno.

La pistola debe tener la capacidad de despacho de 20 galones por minuto. Estas pistolas también se encuentran en el mercado de distintas marcas y de múltiples configuraciones que satisfacen las necesidades en la industria.

3.2.2.3. Instalación de equipo de envío de información

El equipo del sistema de envío de información consta de los siguientes elementos:

- Fuente de energía
- Módulo de envío y recepción de datos
- Antena receptora
- Identificador inalámbrico (*nozzle*)
- Anillos de identificación de unidades

La fuente de energía deber ser inagotable dado que el sistema funciona con energía eléctrica. Por esta razón, se elige utilizar el sistema de energía solar, debido a que en el interior de las fincas de cultivo de caño no existe aún infraestructura de tendido eléctrico.

Todos los demás elementos del sistema de despacho son proveídos por el distribuidor.

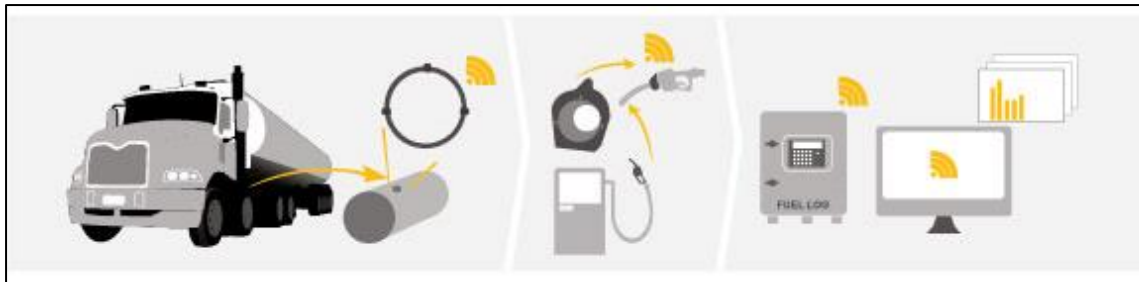
3.2.2.3.1. Conexión eléctrica

El sistema de despacho de combustible trabaja con una tensión de 12 voltios. La fuente de energía se obtiene de una batería de corriente continua de 12 V, la cual es alimentada por los paneles solares.

La antena que se instala en la pistola de despacho envía una señal de autorización al momento de reconocer la máquina, por medio de un anillo

instalado en el tanque de combustible. Esta señal autoriza el arranque de la bomba y la apertura de una electroválvula que da paso al combustible.

Figura 13. **Elementos del sistema de despacho de combustible**



Fuente: proveedor de equipo.

Como se indica el diagrama el sistema no permitirá despachar combustible a vehículos no autorizados y toda transacción será registrada y enviada al servidor.

3.2.2.3.2. Montaje de accesorios

El montaje de los accesorios debe realizarse según se indica en la figura 23. La bomba de combustible es instalada en la salida del tanque de almacenamiento. El accionamiento de la bomba está gobernado por la computadora del sistema de despacho de combustible. A continuación se encuentra una electroválvula que no permitirá el despacho de combustible sin autorización. El flujómetro se encuentra instalado seguido de la electroválvula, su función es contabilizar la cantidad de combustible y enviar la información a la computadora.

La manguera y pistola de despacho se encuentran en la salida del flujometro. En la punta de la pistola donde se monta la antena de autorización o *nozle*.

El *nozle* identificará la unidad que se desea abastecer y enviará la señal a la computadora que permitirá el accionamiento de la bomba y la apertura de la electroválvula.

El anillo de identificación se instala en cada tanque de combustible de la maquinaria a abastecer. Es por medio del anillo que el *nozle* reconoce la máquina.

3.2.3. Control de rendimiento y consumo de combustible

Uno de los ejes importantes por los que se está desarrollando esta investigación, es el aprovechamiento al máximo del combustible en las máquinas para las distintas labores que realizan.

La eficiencia en el consumo del diésel ayudará a establecer parámetros de control de rendimiento sobre los cuales deben operar las máquinas, para esto es indispensable tomar en cuenta los puntos que se describen a continuación.

3.2.3.1. Recepción de información vía GSM

Todo despacho de combustible es registrado y enviado a través de GSM (Global Sistem Movil) al servidor. Este almacenará la información y alimentará los sistemas de inventarios y de consumo de combustible por máquina.

La información enviada al sistema de almacén de la Gasolinera Central rebaja automáticamente la existencia en la bodega que realizó el despacho de combustible.

El sistema de control de rendimiento es alimentado en línea. El responsable de la maquinaria podrá conocer el comportamiento del consumo de combustible, justo en el momento que se hace el despacho y tomar acciones en caso de anomalías.

3.2.3.2. Rendimiento de maquinaria agrícola

La definición del rendimiento en el consumo de combustible en la maquinaria agrícola se establece bajo la relación de cantidad en galones de combustible diésel que se consume y las horas trabajadas en determinada labor (G/h).

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Galones diésel}}{\text{Horas trabajadas}}$$

Donde

Galones diésel: cantidad consumida en determinado tiempo

Horas trabajadas: diferencia entre horómetro final e inicial

3.2.3.2.1. Límites de control

El planteamiento de la propuesta se realiza para frentes de cosecha. La maquinaria que se tiene en este lugar es la siguiente:

- Cosechadoras de caña
- Alzadoras de caña
- Tractores

Las labores que estas realizan son la que a continuación se describen.

- Cosechadoras de caña:
 - Corta mecánicamente la caña y la depositan en autovolteos o carretas hidráulicas.
- Alzadoras de caña
 - Alzan la caña cortada por los cortadores y la depositan en jaulas o carretas.
- Tractores
 - Transporte y descarga de auto volteos a jaulas acondicionadas para caña mecanizada.
 - Traslado de jaulas a granel cargadas desde el punto del alce de la caña hasta el punto de enganche.
 - Transporte de tanqueta contra incendio.
 - Transporte de tanquetas de agua para los cortadores.

Tabla VII. **Límites de control de combustible para maquinaria de cosecha**

	Límites de control				
	LI2	LI1	LC	LS1	LS2
Cosechadoras	8,64	10,37	11,24	12,11	13,84
Tractores	1,36	1,6	1,84	2,08	2,32
Alzadoras	3,45	3,95	4,93	5,91	6,4

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VII se ejemplifican los límites de control establecidos por los responsables de la maquinaria. Estos límites se obtuvieron estadísticamente por el histórico de consumo.

Existen tres niveles en los límites de control que le permitirán a cada responsable de la maquinaria conocer el comportamiento del rendimiento.

Límites de Control 1 (LC): la maquinaria está operando bajo un rendimiento normal.

Límites de control 2 (LS1 y LI1): la maquinaria presenta alerta en su comportamiento, es necesario hacer una evaluación inmediata. El responsable de la maquinaria investigará si esta máquina ha pasado por un evento que explique la variación en su rendimiento.

Límites de control 3 (LS2 y LI2): comportamiento anormal que exige que se audite inmediatamente la máquina y el operador. Las acciones pueden estar sujetas a descuentos o cambio de operador por la alteración en el consumo. Esto también puede obedecer a desperfecto mecánico que sea respaldado por una orden de trabajo por parte de talleres.

3.2.3.3. Exposición de información de consumo

La información a presentar se fundamenta en los datos que son almacenados en el servidor en tablas como se muestra a continuación.

Tabla VIII. Almacenamiento de datos en el servidor

Núm. correlativo	Fecha	Hora	Bodega	Código de máquina	Código de operador	Galones despachados	Horómetro
1	30/11/2012	10:30	Frente H	Cosechadora 1	43630	35,1	12165
2	01/12/2012	13:26	Frente	Cosechadora 1	45522	40,4	12176
3	02/12/2012	12:18	Frente	Cosechadora 1	43630	37,6	12185
4	03/12/2012	14:40	Frente	Cosechadora 1	45522	37,6	12194

Fuente: elaboración propia.

Para su análisis se expondrá la información categorizada por código de activo y por labor. Esto permitirá hacer comparaciones de rendimiento en el tiempo y conocer la tendencia del comportamiento. Con esta información se podrá manejar los datos y poder presentarlos de manera ordenada y objetiva que facilite el control a los responsables.

A continuación se presenta el prototipo de la pantalla que será solicitada al Departamento de Informática.

Figura 14. **Pantalla de visualización de información para responsables de la maquinaria**

Sistema de Control de Rendimiento de Combustible

Categoría: Cosechadora

Correlativo: 1 al 1

Fecha: 01/12/2015 al 15/12/2015

Actualizar

No.	Fecha	Código Maquina	Operador	Galones	Horas	Rend. (gl/h)	Detalle
1	02/12/2015	Cosechadora 1	43630	86.1	9	9.6	➔
2	03/12/2015	Cosechadora 1	43522	67	7	9.6	➔
3	04/12/2015	Cosechadora 1	43630	101.4	11	9.2	➔
4	05/12/2015	Cosechadora 1	43522	80.4	9	8.9	➔
5	06/12/2015	Cosechadora 1	43630	105.1	11	9.6	➔
6	07/12/2015	Cosechadora 1	43522	85.3	9	9.5	➔

Graficar

Fuente: elaboración propia.

Esta pantalla de visualización de información funcionará de la siguiente manera:

- Categoría: este campo representa a las máquinas por grupos de familia, por ejemplo: tractores y cosechadoras.
- Correlativo: este campo se utilizará para hacer una búsqueda específica dentro de la categoría. Es posible seleccionar una maquina o un grupo

establecido por orden de correlativo. Ejemplo: categoría; cosechadoras del correlativo 1 hasta el 5.

- Fecha: permite visualizar los datos en un intervalo de tiempo establecido.
- Actualizar: ejecutará la búsqueda de la información y la despegará para su análisis.
- Número: correlativo para ordenar la información.
- Fecha: fecha en que fue realizado el despacho de combustible.
- Código de máquina: es la concatenación entre la categoría y el correlativo.
- Operador: código de la persona que solicitó ser abastecido de combustible y responsable de la máquina.
- Galones: cantidad de combustible diésel despachado a la máquina, usando como patrón de medición el galón.
- Horas: cantidad de horas trabajadas por la máquina. Este dato se obtiene de la diferencia entre el horómetro final y el inicial.
- Rendimiento: relación de galones de combustible consumido por unidad de tiempo. El color indicará el lugar que ocupa dentro de los límites de control. Verde, dentro de control, amarillo, alerta de revisión y rojo fuera de control.

3.2.3.3.1. Comparación de rendimientos con sus límites

- En la figura 9 se tiene definida una columna llamada detalle la cual permitirá al usuario conocer la información a un nivel más profundo y analizar los datos con mayores herramientas, como se muestra en la figura 10. Es aquí donde el usuario podrá hacer la comparación del rendimiento contra sus límites establecidos.

Figura 15. **Detalle de información para responsables de maquinaria**

**Sistema de Control de Rendimiento de Combustible
(Detalle)**

Bodega de Despacho: Frente de Cosecha No 3 **Fecha de despacho:** 02/12/2015
Operador: 43630 Alejandro Adrian López **Hora de despacho:** 9:23 a. m.
Código de maquina: Cosechadora 1

Horometro inicial: **Horometro Final:** **Horas:**

Galones: **Rendimiento (gl/h):**

LI2	LI1	LC	LS1	LS2
8.64	10.37	11.24	12.11	13.84
Limites de Control Cosechadoras				

Fuente: elaboración propia.

Los límites fueron establecidos anteriormente en la tabla VII.

3.2.4. Seguridad e higiene en el despacho

En todo proceso existen riesgos que se deben de establecer y medir para la toma de acciones en caso estos llegaran a suceder. El manejo del combustible diésel debe cumplir normas que mitiguen el riesgo, y procedimientos establecidos en caso ocurra algún accidente.

3.2.4.1. Normas de seguridad e higiene

Para el manejo de combustible en móviles de despacho es necesario cumplir con las siguientes normas:

- Prohibido fumar, cerca de las instalaciones.
- Mantener alejada la móvil de combustible de las quemas controladas dentro de los cañales.
- Contar con extinguidores tipo ABC que estén en condiciones de trabajo.
- Contar con recipiente de arena para la limpieza de superficies.
- Contar con recipiente de agua para lavado de superficies.
- Limpiar con suficiente agua o desengrasante cualquier derrame ocurrido.
- Se debe apagar el motor de las máquinas que necesiten abastecerse de combustible.
- No está permitido hablar por celular mientras se realiza el despacho de combustible.
- No se permite ingerir alimentos y bebidas en las instalaciones de las móviles de combustible.


3.2.4.2. Procedimientos de emergencia

Los incendios, los accidentes de todo tipo y los desastres naturales son solo algunos ejemplos de la manera en que una empresa se puede ver afectada por circunstancias que exceden a la voluntad humana.

3.2.4.2.1. Por derrame

Si ocurriera por alguna situación derrame de combustible diésel en las móviles de despacho se debe actuar de la siguiente manera:

Tabla IX. **Procedimiento de emergencia en caso de derrame de combustible diésel para móviles en frentes de cosecha**

	<p align="center">Procedimiento de emergencia en caso de derrame de combustible diésel para móviles en frentes de cosecha</p> <p align="center">GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES</p>	<p>Código: 04-100-0003</p> <p>Página: 1 de: 1</p> <p>Versión: 1.0</p> <p>Fecha: 01-08-2012</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Cerrar la llave de paso de combustible o detenga inmediatamente cualquier despacho que se esté realizando. 2. Identificar el lugar donde está ocurriendo la fuga y reportar inmediatamente con el jefe de Frente de Cosecha. 3. Limpiar la superficie con arena y almacenarlo en otro recipiente para ser trasladado a la Gasolinera Central. 4. Lavar la superficie con suficiente agua o desengrasante para evitar posibles incendios por residuos de combustible y superficies resbaladizas que pueden provocar accidentes. 5. Si el derrame ocurre sobre la superficie de la tierra, esta parte contaminada debe aislarse y almacenarse para ser trasladada a la Gasolinera Central. 6. Solicitar de inmediato el abastecimiento nuevamente de los depósitos de arena y agua para el control de futuros derrames. 		


Fuente: elaboración propia.

Los materiales trasladados a la Gasolinera Central deben ser enviados con el proveedor que maneja los desechos derivados del petróleo.

3.2.4.2.2. Intoxicación

Los casos de intoxicación han ocurrido en personas que intentan succionar o chupar diésel del tanque de la máquina usando la boca y una manguera de jardín (o un tubo similar). Esta práctica es extremadamente peligrosa y no es aconsejable.

Tabla X. **Procedimiento de emergencia en caso de intoxicación de combustible diésel**

	<p align="center">Procedimiento de emergencia en caso de intoxicación de combustible diésel</p> <p align="center">GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES</p>	<p>Código: 04-100-0004</p> <p>Página: 1 de: 1</p> <p>Versión: 1.0</p> <p>Fecha: 01-08-2012</p>
<p>En caso de ingerir diésel seguir el procedimiento que se indica a continuación:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. No provocar el vómito en la persona. 2. Beber suficiente agua o leche. 3. Verificar que la persona no presente mareos o síntomas de desmayo, si este fuera el caso llamar inmediatamente a Emergencias. 4. Si el diésel entro en contacto con los ojos y piel, enjuagar con abundante agua durante al menos 15 minutos. 		

Fuente: elaboración propia.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Presentación

Esta propuesta contiene argumentos muy importantes para la realización de la inversión y ejecución de la misma. Este estudio debe satisfacer las necesidades de la corporación y ayudar a mejorar el uso y rendimiento del combustible diésel.

Un argumento muy relevante de la ejecución de esta propuesta es la mitigación del hurto del combustible, que según estimaciones ha llegado hasta un 15 % del total de la cantidad manejado en un período de zafra.

Este diferencial también está influenciado por el uso inadecuado del combustible en relación al rendimiento de los galones consumidos por unidad de tiempo, recordando que el buen manejo operativo de la máquina dará como resultado un rendimiento dentro de los parámetros aceptables.

4.1.1. Aumento del control sobre el consumo de combustible

La base fundamental es el seguimiento al comportamiento del consumo de combustible de cada máquina. Esto se dará mediante la alimentación al Sistema de control por medio del sistema instalado en las móviles de combustible.

Este control también estará acompañado de un sistema informático que se establece en la sección 3.2.3.3.

Con el establecimiento de estos lineamientos se estima que los rendimientos de consumo de combustible mejorarán en un 5 % de lo que se tiene en la actualidad.

Se ha diseñado un reporte individual categorizado por responsable de maquinaria. Este reporte semanal contendrá todas aquellas máquinas que presenten rendimientos de combustible fuera de los límites, y necesiten atención especial y explicación por parte del responsable con su jefe inmediato.

Figura 16. **Reporte de grupo de maquinaria fuera de límites de control categorizada por responsable**

REPORTE DE UNIDADES FUERA DE LIMITE DE CONTROL POR RESPONSABLE									
Responsable: Sergio Augusto López Area: Cosecha a granel Fecha: 01/12/2013 al 15/12/2015						<input type="button" value="Imprimir"/>			
No.	Código Maquina	Operador	Fecha	Galones	Horas	Rend. (gl/h)	LCS1 (gl/h)	Diferencia	
1	Cosechadora 1	43630	02/12/2013	86.1	6	14.4	12.11	2.24	
2	Cosechadora 1	43522	03/12/2013	67	5	13.4	12.11	1.29	
3	Cosechadora 2	44678	04/12/2013	101.4	8	12.7	12.11	0.57	
4	Cosechadora 2	45896	05/12/2013	80.4	6	13.4	12.11	1.29	
5	Cosechadora 3	21486	06/12/2013	105.1	7	15.0	12.11	2.90	
6	Cosechadora 3	7894	07/12/2013	85.3	6	14.2	12.11	2.11	
Total							6.87	Galones	

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Análisis de impacto ambiental

El manejo de combustible en los campos de cosecha de caña pueda causar contaminación debido al derrame en los suelos que llega a los mantos freáticos. El derrame ocurre por fugas en el tanque de almacenamiento o por algún accidente al momento de realizar un despacho.

Es por esta razón que en la sección 3.2.4.2 se establece el procedimiento que mitigará el impacto que tiene el derrame de este producto, hacia los mantos freáticos dándole el tratamiento adecuado.

El dióxido de carbono es un gas contaminante producto de las emisión de la combustión en los motores de las máquinas. Otro factor importante que colabora con la disminución de la contaminación es aprovechamiento máximo del combustible y el uso adecuado de la maquinaria en sus labores. Logrando obtener un 10 % de mejoras en el rendimiento por el control establecido, en esta misma proporción se tendrá una disminución en los gases contaminantes al ambiente.

Por medio del establecimiento de los parámetros de rendimiento y la información en el tiempo en el tiempo adecuado, permitirá a los responsables tomar acciones inmediatas de anomalías encontradas.

Sumado a esto también es importante hacer mención que la fuente de energía que se está utilizando para este proyecto es energía solar. Esta fuente renovable permite alimentar el sistema de despacho de combustible en el campo, sin generar ningún tipo de contaminación.

4.1.3. Estudio financiero

La realización de esta propuesta dependerá de su rentabilidad, debido a que el fin principal es el aprovechamiento del combustible, siendo este uno de los recursos con el mayor rubro dentro del presupuesto de la mayoría de las empresas.

4.1.3.1. Período de recuperación de la inversión

Se estableció un período de 5 años debido que los interesados necesitan ver los resultados a mediano plazo.

Durante este plazo se realizarán los cálculos de las diferentes variables económicas que interviene en este proyecto.

4.1.3.2. Costos de mantenimiento

Los costos de mantenimiento se establecen en la tabla X. Estos costos se consideran fijos, debido a que el funcionamiento del sistema para las temporadas de zafra dependerá de la realización del mantenimiento.

El servicio del tanque y accesorios consiste en la reparación de la parte física del tanque; posibles fugas y servicio al sistema de rodaje y lo que corresponde a los accesorios, cambio de mangueras, filtros o pistolas en malas condiciones.

El equipo de despacho de combustible debe ser revisado cada temporada por el proveedor del equipo. Esto garantizará que todo funcione en buenas

condiciones. Debido al uso también se deben cambiar componentes que sufren desgaste durante la temporada de zafra.

De la misma manera el equipo de energía solar sufre desgaste en componentes que deben ser reemplazados.

4.1.3.3. Beneficio costo de la propuesta a implementar

Este criterio es utilizado para la determinación de la conveniencia de la realización de un proyecto.

$$\frac{\textit{Beneficios}}{\textit{Costos}} > 1$$

Es una relación aritmética en que involucra los costos y los benéficos obtenidos en un mismo período de tiempo.

Si el resultado es mayor que la unidad, los benéficos obtenidos por el proyecto superan a los cotos. Este resultado determina la rentabilidad que tendrá el proyecto.

A continuación, se presentan los distintos rubros de los costos y beneficios que intervienen en el proyecto.

Tabla XI. **Costos iniciales de inversión del proyecto**

Núm.	Descripción	Valor (Q)
1	Tanque de combustible	50 000,00
2	Equipo de despacho de combustible (sistema Fuellog)	65 000,00
3	Equipo de emergencia solar (paneles, regulador y batería 12 V)	15 000,00
4	Accesorios (bomba, carrete, manguera, pistola y contador)	8 000,00
	Total	138 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Costos de mantenimiento del sistema de control de combustible**

Núm.	Descripción	Valor (Q)
1	Servicio de mantenimiento tanque y accesorios de despacho	4 000,00
2	Servicio de mantenimiento de equipo de despacho de combustible	8 000,00
3	Servicio de mantenimiento de equipo de energía solar	3 000,00
	Total	15 000,00

Fuente: elaboración propia.

Se espera tener como mínimo un 5 % en la disminución del consumo de combustible en los frentes de cosecha, producto del aumento en el aprovechamiento del combustible.

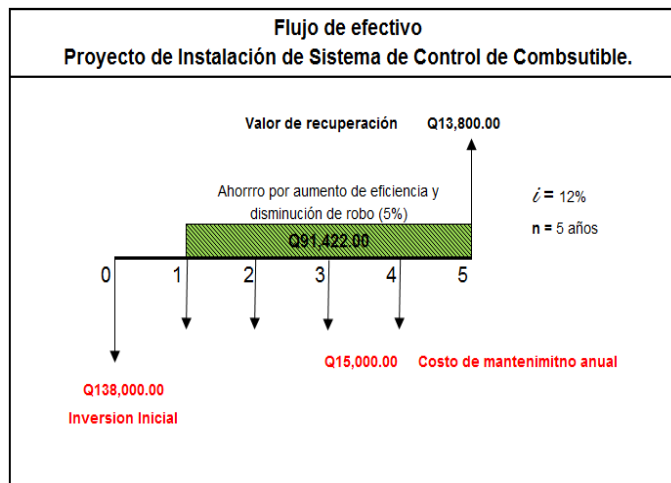
Tabla XIII. **Consumo de combustible por temporada**

	Galones de diésel	Total en Q (precio galón de diésel Q 15,00)
Consumo anual total	121 896	1 828 440
5 % de reducción	6 095	91 422

Fuente: elaboración propia.

Con la información obtenida se procederá al análisis económico que trasladará todos los egresos e ingresos a un mismo período de tiempo, año 0.

Figura 17. **Flujo de efectivo del proyecto de sistema de combustible**



Fuente: elaboración propia.

A continuación se presenta el cálculo realizado para la obtención del valor presente en el año 0 de los ingresos que se obtendrán.

Valor presente de ingresos = Valor presente de rescate + Valor presente de anualidades por ahorro de combustible

Valor presente de ingresos = $F(P/F, i, n)$ + $A(P/A, i, n)$

Valor presente de ingresos = $F(P/F, 12\%, 5)$ + $A(P/A, 12\%, 5)$

Valor presente = Q 13 800(0,5674) + Q 91 422(3,6048)
de ingresos

Nota: los factores se obtienen de tabla de apéndices del libro: Ingeniería económica, Leland T. Blank y Anthony J. Tarquin, 4a ed.

Valor presente = Q 7 830,1 + Q 329 558,0
de ingresos

Valor presente = Q 337 388,1
de ingresos

A continuación se presenta el cálculo realizado para la obtención del valor presente en el año 0 de los egresos que se tendrán.

Valor presente = inversión inicial + Costos de mantenimiento anual
de egresos de maquinaria equipo y accesorios

Valor presente = inversión inicial + $A(P/A, i, n)$
de egresos

Valor presente = inversión inicial + $A(P/A, 12\%, 5)$
de egresos

Valor presente = inversión inicial + Q 15 000(3,6048)
de egresos

Los factores de obtienen de tabla de apéndices del libro: Ingeniería económica, Ieland T. Blank y Anthony J. Tarquin, 4a ed.

Valor presente = Q 138 000,0 + Q 54 072,0
de egresos

Valor presente = Q 192 072,0
de egresos

Con los datos obtenidos se procede a realizar la prueba de costo beneficio.

$$\text{Beneficio/Costo} = \text{Q } 337\,388,1 / \text{Q } 192\,072,0$$

$$\text{Beneficio/Costo} = 1,76$$

En conclusión, dado que el resultado es mayor que la unidad, el proyecto será rentable para la empresa. Su interpretación se traduce en que los benéficos obtenidos por el proyecto superan a los costos en un 76 %.

Tasa interna de retorno

La tasa interna de retorno se estableció considerando la tasa de financiamiento bancaria sumada al porcentaje de inflación anual.

$$\text{Tasa financiera} + \text{inflación} = \text{tasa interna de retorno}$$

$$8 \% + 4 \% = 12 \%$$

Se debe considerar que por la naturaleza el proyecto que es de carácter no lucrativo no se considera el porcentaje de ganancia.

4.2. Cronograma de las actividades

Este proyecto se iniciará al término del período de zafra actual, siendo el primer día hábil de julio la fecha inicial

4.2.1. Estimación monetaria del proyecto

Para esta estimación se tendrá categorizado el proyecto en cuatro ramas principales:

- Fabricación de tanque de almacenamiento
- Adquisición de equipo para envío de información vía GSM
- Adquisición de equipo y accesorios para despacho de combustible
- Equipo y accesorios de energía solar

Tabla XIV. **Estimación monetaria de la inversión inicial**

Núm.	Actividad	Observaciones	Valor (Q)
1	Fabricación tanque de almacenamiento	Esto incluye materiales y fabricación bajo la normativa	50 000,00
2	Equipo para envío de información vía GSM	Contiene todo el equipo e instalación de medición de volumen y de envío de información I	65 000,00
3	Equipo y accesorios para despacho de combustible	Contiene bomba de despacho, filtro, carrete, manguera y pistola	8 000,00
4	Equipo y accesorios de energía solar	Incluye instalación de paneles solares, reguladores y baterías 12 V	15 000,00
Total de la inversión			138 000,00

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Adquisición de los accesorios

Cada uno de los grupos en que fue clasificada la estimación de costos tiene establecida una fecha de entrega de los accesorios según condiciones indicadas por el proveedor.

Tabla XV. **Tiempos estimados de entrega de accesorios**

Núm.	Actividad	Observaciones	tiempo de entrega
1	Fabricación tanque de almacenamiento	Entrega en instalaciones de Gasolinera central, montada sobre tren de rodaje, debidamente pintada por dentro y por fuera	08 semanas
2	Equipo para envío de información vía GSM	Una vez confirmada la compra. Se debe indicar la fecha exacta de instalación	04 semanas
3	Equipo y accesorio para despacho de combustible	Una vez confirmada la orden de compra	06 semanas
4	Equipo y accesorio de energía solar	Una vez confirmada la orden de compra	04 semanas

Fuente: elaboración propia.

4.2.3. Requerimiento del recurso humano para la ejecución de la propuesta

Sin el personal apropiado y debidamente adiestrado para los nuevos procedimientos y cuidados que se debe tener para esta propuesta no tendrá ningún tipo de resultados positivos.

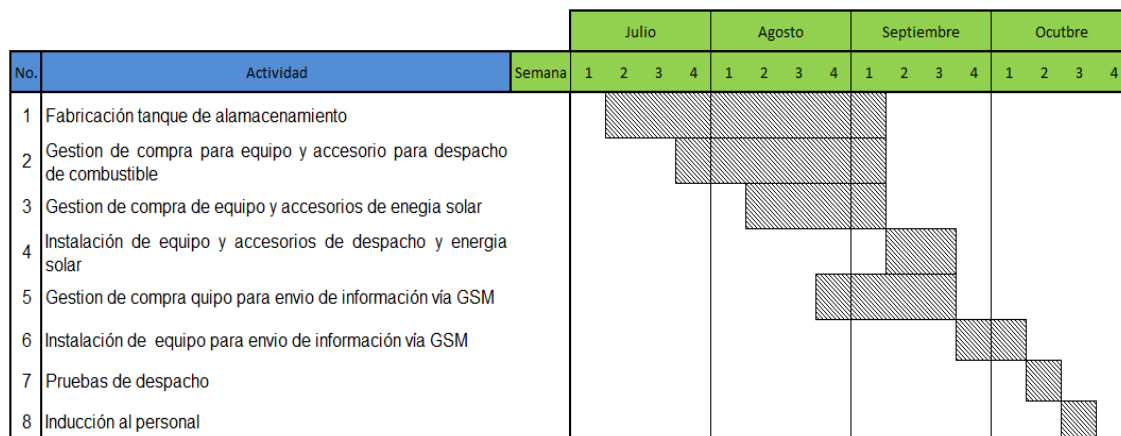
Se establece que el mecánico del frente de cosecha dejará de realizar esta actividad y será responsabilidad de los supervisores de frente la ejecución y control de la móvil de combustible y todos los despachos realizados.

Para esto se solicitará al jefe de cosecha envíe al supervisor el primer día hábil de octubre, para la realización de la inducción que tiene una duración de dos días.

4.2.4. Ejecución del proyecto a proponer

A continuación se presenta el cronograma de actividades que se establecen para la ejecución del proyecto. Todas las actividades deben ser supervisadas por el encargado de la estación central dando el visto bueno de aceptación.

Figura 18. Cronograma de actividades para ejecución de propuesta



Fuente: elaboración propia.

4.3. Inducción del recurso humano responsable del despacho

Los supervisores de frente serán reunidos en la sala de capacitación según calendarización. Esta inducción se realizará la segunda semana de octubre.

Los temas a presentar serán los siguientes:

- Funcionamiento y uso del sistema de despacho.
- Cuidados y consideraciones del sistema de despacho.
- Explicación de procedimientos de emergencia por derrame e intoxicación.
- Forma de llenado del nuevo formato de control de despachos.
- Auditorías de existencia física versus sistema según calendario.


4.3.1. Despacho de combustible

Bajo esta nueva propuesta el despacho de combustible tiene algunas modificaciones que radican básicamente en el uso del sistema de despacho y el llenado de un nuevo formato de control.

4.3.1.1. Procedimiento

A continuación en la tabla XVI se describe el procedimiento para el despacho de combustible en móviles de frentes de cosecha.

Tabla XVI. **Procedimiento para el despacho de combustible en móviles de frentes de cosecha**

	<p align="center">Procedimiento para el despacho de combustible en móviles de frentes de cosecha</p> <p align="center">GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES</p>	<p>Código: 04-100-0015</p> <p>Página: 1 de: 1</p> <p>Versión: 1.0</p> <p>Fecha: 21-09-2013</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se informa al encargado de la móvil de combustible de la necesidad de abastecimiento de la máquina. 2. El operador estaciona la máquina en el lugar más cercano a la móvil de combustible. 3. El encargado anota los siguientes datos: código de la máquina, código del operador, horómetro, numeración del marchamo. 4. Coloca la pistola de despacho en el tanque de combustible de la máquina y espera el reconocimiento por parte del sistema de despacho. Una vez reconocida, ingresa los datos solicitados para obtener la autorización. 5. El encargado de la móvil de combustible, abastece por completo el tanque de la máquina, colca el nuevo marchamo y anota la cantidad despachada en el formato. 		

Fuente: elaboración propia.


4.3.2. Uso y manejo de equipo

A continuación se presentan los lineamientos para el correcto uso y manejo del equipo.

- Mantener limpios y libres de combustible todos accesorios que se utilizan para el despacho de combustible. Esta contaminación puede crear problemas con la conexión inalámbrica: (antena instalada en pistola de despacho de combustible).

- Asegúrase de colocar la antena instalada en la pistola correctamente en su pedestal, es ahí donde la misma se carga y de estar mal colocada sufrirá pérdida de energía.
- Limpiar constantemente los paneles solares instalados en la parte superior de móviles de combustible. Debido al ambiente de trabajo tienden a llenarse de polvo y no permiten su funcionamiento óptimo.
- Por ninguna razón conectar otro dispositivo ajeno al sistema de despacho. Esto se debe a posibles desconfiguraciones en el sistema de despacho como consecuencia de la descarga de baterías o corto circuitos en el otro elemento.
- Antes de iniciar el despacho asegurarse de tener todos los datos que se le solicitarán en el sistema para realizar el despacho (código de operador, horómetro).

Figura 19. Formato de control de despacho en frentes de cosecha

 <p>Santa Ana Grupo Corporativo</p>	<p>FORMATO DE REGISTRO DE DESPACHO DE COMBUSTIBLE FRENTE DE COSECHA</p> <p>Grupo Corporativo Santa Ana Departamento de combustibles Gasolinera Central</p>	<p>Código: 04-100-003 Página: 1 de 1 Version: 1.0 Fecha: Agosto 2015</p>
---	--	--

Frente: _____	Fecha: _____
Responsable: _____	Turno: _____

No.	Cod. Maquina	Cod. Operador	No. Marchamo		Horometro	Cant de galones despachados	Firma Operador
			Anterior	Actual			
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Fuente: elaboración propia.

4.3.3. Procedimientos de emergencia

Parte del adiestramiento a los encargados del despacho es la explicación y ejemplificación de los procedimientos de emergencia en caso estos ocurran. Esto se establece en la sección 3.2.4.2.

4.3.4. Instrucción al personal administrativo

El personal administrativo tiene la obligación de conocer perfectamente los procedimientos de despacho, uso, manejo y de emergencias, es por esta razón están incluidos en el programa de inducción para los operadores del sistema de despacho.

4.4. Mantenimiento

Considerando que el combustible es uno de los mayores rubros que se tienen en esta operación, es muy importante asegurarse que los equipos de despacho estén trabajando en óptimas condiciones.

Una incorrecta calibración puede generar diferencias sustanciales que multiplicadas por el valor del combustibles representen una cantidad significativa.

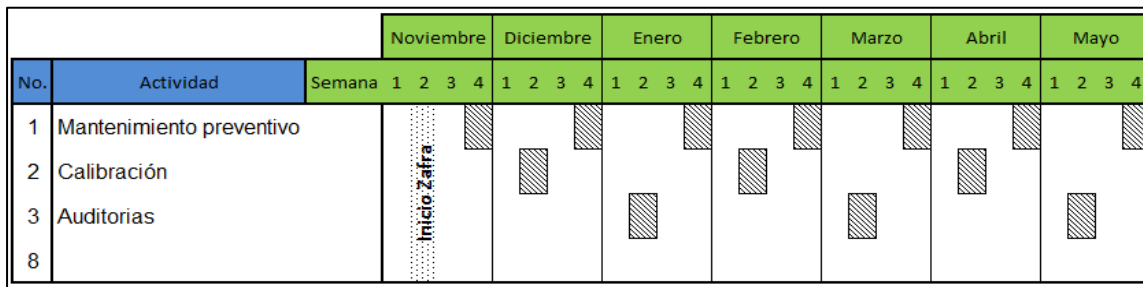
Una disminución de la velocidad del volumen de combustible despachado por minuto significa pérdida de la eficiencia y atrasos en la disponibilidad de maquinaria para la cosecha. Esto se traduce en baja eficiencia de la bomba de combustible producto de desgaste o suciedad.

Debido a estas razones es de vital importancia la programación de los mantenimientos a las móviles de combustible destacadas en los frentes de cosecha.

4.4.1. Cronograma de mantenimientos

A continuación se presenta el cronograma de mantenimientos que darán inicio al momento de comenzar el período de zafra.

Figura 20. **Cronograma de mantenimientos, calibraciones y auditorías para móviles de combustible en frentes de cosecha**



Fuente: elaboración propia.

Para la realización de los mantenimientos es necesario apegarse a una ruta establecida a continuación.

Figura 21. Ruta de mantenimiento para móviles de combustible en frentes de cosecha

Ruta de mantenimiento, calibración y auditorías Móviles de despacho de combustible en frentes de cosecha.				
No.	Actividad	Mantenimiento	Calibración	Auditoria
1	Limpieza de panel solar	●	●	●
2	Limpieza de baterías 12 v	●	●	●
3	Cambio de filtro de Diesel			●
4	Limpieza de antena en pistola de despacho	●	●	●
5	Verificación de conexiones eléctricas	●		●
6	Revisión de tanque de almacenamiento	●	●	●
7	Verificación del nivel de combustible			●
8	Comprobación de exactitud en cantidad despachada		●	●
9	Cantidad de combustible despachado en el día			●

Datos para uso exclusivo en auditorías

Nivel de combustible (m)=
Cantidad despachada en el día(g)=

Observaciones:

Fuente: elaboración propia.

4.4.2. Calibraciones

Derivado del uso y los múltiples movimientos por el traslado de una finca a otra a que se ve sometida una móvil de combustible en un frente de cosecha, da como resultado pérdidas de calibración en los equipos de medición.

Las calibraciones se realizarán comparando una cantidad de volumen despachada con respecto a un patrón (el Seraphin). El patrón es un instrumento que certifica la exactitud del volumen despachado. Existen de diferentes capacidades de almacenamiento, para la operación se usará el de cinco galones.

4.4.2.1. Programa de calibraciones

El programa de calibraciones se establece en la sección 4.4.1. Si existiera una mala calibración por arriba de 0,10 de galón es necesario programar una auditoría de inventario físico vrs sistema para establecer la diferencia reales y ajustar la información.

Como se puede observar en la ruta de mantenimiento la actividad calibración también está contenida en la actividad auditoría, lo que significa que se está haciendo una revisión una vez a cada cuatro semanas.

4.4.2.2. Cantidad de combustible despachado

Por instrucciones del fabricante derivado de las condiciones propias de la cosecha de caña, establece que una vez se realice un despacho mensual por arriba de los 15 000 galones es necesario realizar una revisión de calibración para evitar diferencias.

5. SEGUIMIENTO Y MEJORA CONTINUA

5.1. Resultados

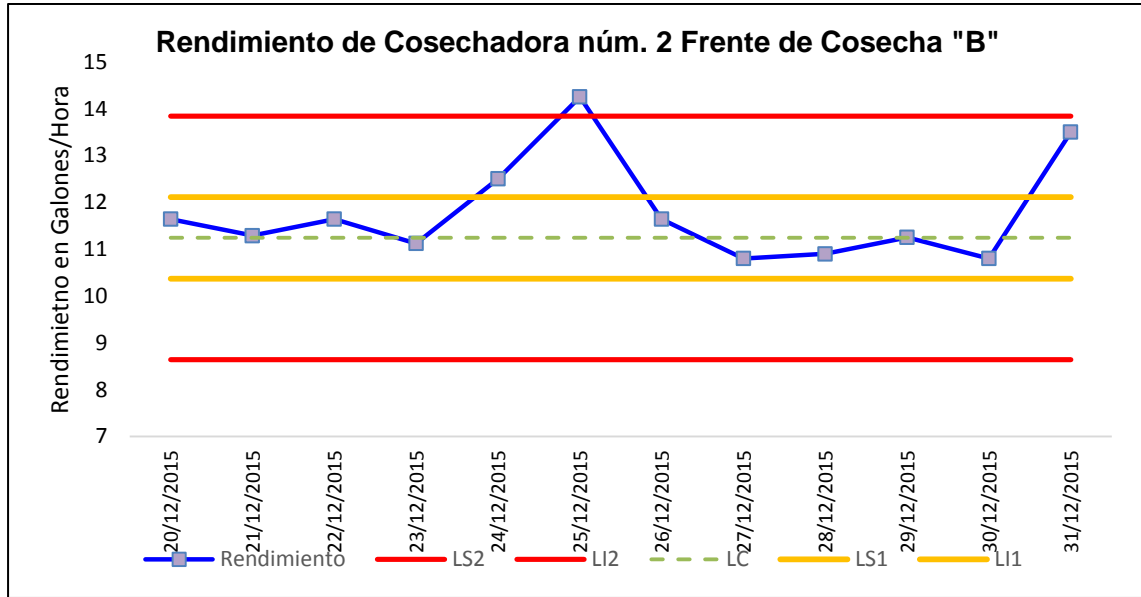
A continuación se muestra ordenada y detalladamente la forma de cómo se obtuvo el resultado del ejercicio durante un periodo determinado.

5.1.1. Interpretación

Los resultados que se presentan a continuación se deberán utilizar para el análisis y toma de decisiones en materia del consumo de combustible. Estos datos son extraídos de los distintos abastecimientos que se ingresaron por medio del sistema de despacho instalado en las móviles de combustible en frentes de cosecha.

A continuación se ejemplifica la interpretación de los resultados por medio de un gráfico de control que contiene los límites establecidos.

Figura 22. **Comportamiento de rendimiento de cosechadora de caña en frente de cosecha**



Fuente: elaboración propia.

Todo punto que esté en la zona de los límites centrales se toma como un dato bajo control. En esta zona el responsable de la maquinaria podrá estar conforme con los resultados de las eficiencias.

Aquel rendimiento que se encuentre por debajo de del LCI1 y por encima del LCS1, estará sometido a la atención del responsable. De repetirse esta tendencia, el responsable deberá solicitar una auditoría programada al Departamento de Combustibles, con esto se evidenciará la razón por la cual la máquina está en estos parámetros de irregularidad.

Existen diversos motivos por los cuales una máquina presenta variación en su rendimiento, por ejemplo, fallas mecánicas, exigencias mayores debidas

a las condiciones del campo y climáticas, aumentos de velocidades de operación por causa de mayor demanda y extracción de combustible por hurto.

Cada responsable deberá explicar las razones anteriormente expuestas de la variación en su rendimiento de consumo de combustible en el tiempo.

Aquel rendimiento que se encuentre por debajo de del LCI2 y por encima del LCS2, debe ser sometido a una auditoría inmediata. Si el resultado de la auditoría se encuentra dentro de los límites centrales, el responsable deberá explicar a su jefe inmediato la razón de la variación y las acciones a tomar.

De las acciones se sugiere el cobro al operador por la diferencia establecida. Esto se realizará si no hay ninguna explicación razonable al alto consumo.

5.2. Seguimiento y mejora continua

Tiene el objetivo de evaluar y establecer acciones para mejorar la gestión de la entidad, en el marco del sistema integrado de gestión.

5.2.1. Auditorías

Las auditorías están enfocadas en dos ramas. Una, es la verificación del consumo de combustible de las máquinas, cada vez que estas salgan de sus límites; y la otra corresponde a la revisión a la móvil de combustible en la existencia física contra la existencia en sistema.

5.2.1.1. Programación

Las auditorías a realizarse en las móviles de combustible, deben cumplirse mediante la programación establecida durante el tiempo de la zafra, según cronograma. No así las auditorías a la maquinaria, estas serán programadas a solicitud de cada responsable.

Figura 23. **Cronograma de mantenimientos, calibraciones y auditorías para móviles de combustible en frentes de cosecha**

		Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo			
No.	Actividad	Semana	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	Mantenimiento preventivo																												
2	Calibración																												
3	Auditorías																												
8																													

Fuente: elaboración propia.

5.2.1.2. Auditoría a maquinaria agrícola

Este tipo de auditoría se realizará a solicitud del responsable de la maquinaria. El objetivo principal es determinar el consumo real bajo la observación de un auditor de combustible, esta persona tomará nota de todos los eventos que ocurran durante la auditoría que estén relacionados al consumo de combustible.

La auditoría a la maquinaria se realizará mediante el siguiente procedimiento.

Tabla XVII. **Procedimiento para la realización de auditorías a maquinaria agrícola**

	<p align="center">Procedimiento para la realización de auditorías a maquinaria agrícola</p> <p align="center">GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES</p>	<p>Código: 04-100-0005</p> <p>Página: 1 de: 1</p> <p>Versión: 1.0</p> <p>Fecha: 21-08-2012</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. El auditor abastece de combustible por completo la máquina, registrando los siguientes datos: fecha y hora de inicio de auditoría, código de operador, código de máquina, lugar de auditoría, horómetro inicial. 2. La máquina es observada en funcionamiento por una jornada de trabajo del operador. El auditor deberá permanecer en todo momento al lado del operador de la máquina. 3. La máquina deberá ser abastecida por completo al finalizar la auditoría, el auditor deberá tomar nota de la cantidad de combustible consumido y el horómetro que registra el indicador al terminar la actividad. 4. Se dejará registro de la auditoría por medio de un informe. El auditor dará todas las observaciones encontradas y el resultado del consumo obtenido bajo el proceso. 5. El jefe del Departamento de Combustible enviará informe final al responsable y jefe inmediato para que se tomen acciones inmediatas. 		

Fuente: elaboración propia.

5.2.1.3. Auditoría a cisterna móvil de combustible

Uno de los efectos secundarios provocados por las condiciones de los terrenos irregulares y la alta contaminación del polvo, es la pérdida de calibración de los equipos electrónicos, como lo son los medidores volumétricos digitales. Tomando en consideración lo anterior es necesaria la realización periódica según cronograma. El objetivo es el establecimiento de planes de acción ante los resultados obtenidos.

5.2.1.3.1. Verificación de la cantidad de combustible física contra inventario en el sistema

Esta verificación se realizará por medio del procedimiento que se establece a continuación.

Tabla XVIII. Procedimiento para auditoria de existencia de combustible en cisterna de combustible en frente de cosecha

 <p>Santa Ana Grupo Corporativo</p>	<p>Procedimiento para auditoria de existencia de combustible en cisterna de combustible en frente de cosecha</p> <p>GRUPO CORPORATIVO SANTA ANA DEPARTAMENTO DE COMBUSTIBLES</p>	<p>Código: 04-100-0008</p> <p>Página: 1 de: 1</p> <p>Versión: 1.0</p> <p>Fecha: 21-09-2012</p>
<ol style="list-style-type: none"> 1. Se informa al jefe de frente de la actividad a realizar. No se podrá abastecer de combustible ninguna máquina durante el proceso. 2. Se pregunta al responsable de la maquinaria si ha realizado algún despacho durante el día. De ser así, se contabilizará para hacer la comparación entre el inventario físico y del sistema. 3. Se estaciona la móvil de combustible en la una ubicación sin ningún tipo de inclinación. Se mide su la altura de combustible y se comparará contra la tabla de calibración. Esta tabla de calibración indica la cantidad de galones de combustible que representan determinada altura de combustible. 4. Con esta información se establece la cantidad de combustible físico encontrado y se compara contra lo que indica el sistema. 5. Se envía informe al responsable de la móvil de combustible dando las observaciones y recomendaciones a corregir. 		

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que si existiera diferencias mayores al 0,5 % se tomarán acciones inmediatas de investigación de toda la cadena de abastecimiento a la móvil de combustible en el frente de cosecha. Determinada

la razón exacta de las diferencias de combustible y las acciones a tomar para la reconciliación de la bodega de combustible.

Las acciones irán desde un ajuste entre bodegas por calibración de los medidores hasta el cobro del combustible al responsable de la móvil de combustible.

5.2.2. Actualización de indicadores

Toda la información que se genera a lo largo de los distintos despachos de combustible de la variedad de familias de máquinas, son comportamientos de rendimientos. Estos rendimientos establecen los límites de control bajo los cuales son medidos.

5.2.2.1. Límites de control de consumo de combustible

Una vez finalizado un período de zafra cada responsable debe establecer si los límites de control del rendimiento de combustible por cada una de las máquinas están de acorde a los establecidos. El Departamento de Combustible proporcionará la base de datos del comportamiento de todas la máquinas durante el período de zafra y cada responsable deberá certificar la información.

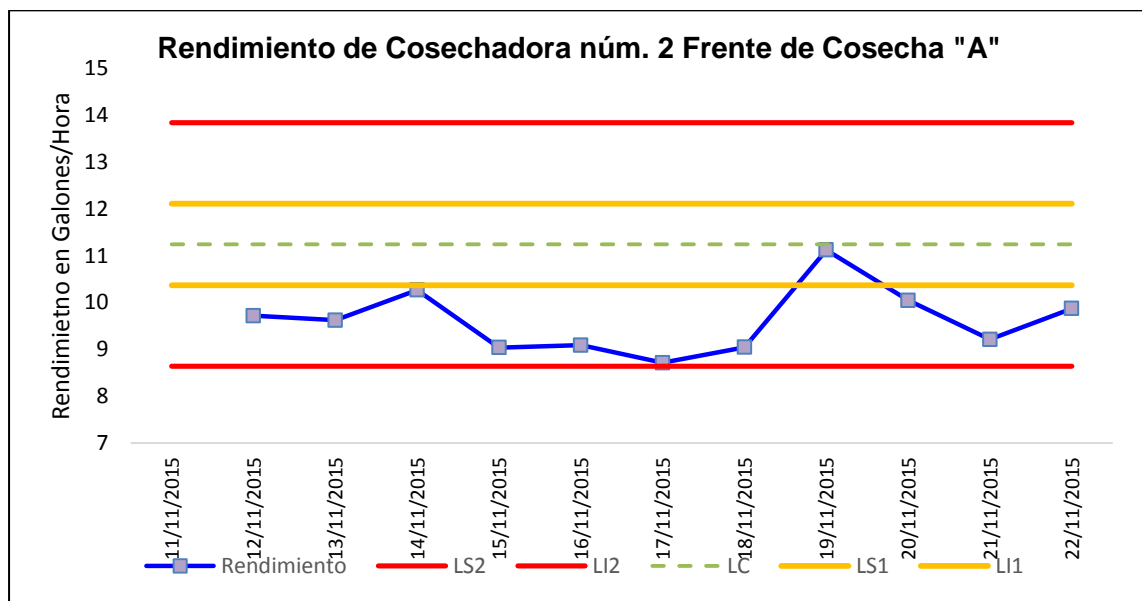
5.2.2.2. Actualización de límites por máquina

Los límites de control son personalizados. Esto se refiere a que cada máquina posee un límite de control único. La personalización obedece a los distintos tipos de motores de combustión interna que cada una de las máquinas

poseen, esto hace que a pesar de realizar la misma actividad existan diferencias en sus rendimientos de combustible.

Otro factor importante en el consumo es la edad de los equipos. Mientras más antiguos sean mayor será su consumo y será necesario hacer un ajuste en sus límites de control para ser comparado de manera objetiva.

Figura 24. **Gráfica del comportamiento del rendimiento fuera de límites de control**



Fuente: elaboración propia.

La figura 23 ejemplifica cuando es necesario reestablecer los límites de control del rendimiento. Esto corresponde a cambios que sufre la máquina en el tiempo y la mayoría de sus datos se encuentran fuera de los parámetros.

Este análisis debe ser realizado por cada uno de los responsables, que son los que deben de responder por el comportamiento de cada una de sus máquinas.

Una vez se establezcan los nuevos límites deben ser autorizados por su jefe inmediato y el gerente de línea. Esta información autorizada se ingresará al sistema de control de despacho de combustible para actualizarla.

CONCLUSIONES

1. La cosecha de la caña de azúcar se realiza durante el periodo de zafra. La zafra comprende el corte, el alze y el transporte de la caña hacia la fábrica, que es donde ocurre el proceso de la extracción del jugo de la caña para convertirla en azúcar.
2. El corte, alze y transporte de la caña hacia la fábrica se realiza en un 95% con máquinas que utilizan motores de combustión interna alimentados por combustible Diésel. Una móvil de combustible debe ofrecer un correcto abastecimiento y distribución de combustible para cada una de la maquinas.
3. La tecnología de la energía solar ha dado avances importantes que hace que hoy en día sea una de las alternativas más utilizadas para el uso en la industria. Los equipos alimentados por energía eléctrica ubicados en zonas lejanas son los principales usuarios de la energía solar
4. Es de vital importancia el establecimiento y uso estricto de las normas de manejo y almacenamiento del combustible Diésel. El ignorarlas puede ser la diferencia entre un accidente que cobre daños en significativos.
5. El combustible Diésel, es un hidrocarburo derivado del petróleo. Este combustible ha evolucionado en sus propiedades físicas y químicas que lo ha convertido uno de los más utilizados a nivel mundial. La calidad de la ignición es medida por medio del Índice de Cetano.

6. Los contenedores o tanques de combustible deben ser fabricados con materiales regidos bajo la norma ASTM-A-36 y construidos a lo señalado en los códigos UL-142, UL-158; NFPA-30 sección 2.1; NFPA-30A sección 2.4.2.2 . El estricto control es debido al valor del producto que manejan y al alto impacto ambiental que representaría un derrame.
7. Los rendimientos en el consumo de combustible que cada máquina presenta, dependen de la labor a la que esta sea sometida y del manejo adecuado por parte del conductor. Estos rendimientos deben ser analizados estadísticamente, esta información se convertirá en los límites del control de consumo de combustible.
8. Se estima que derivado del aumento en el rendimiento de la maquinaria y del uso correcto del combustible genere un impacto económico en la reducción de costos en por lo menos un 10%.

RECOMENDACIONES

1. El Departamento de Combustible debe velar por conseguir el producto de la mejor calidad que contribuirá al mejoramiento en el rendimiento de la maquinaria.
2. Se debe exigir el cumplimiento de las normas y procedimientos para el uso y manejo a todo el personal que tenga relación con el combustible diésel.
3. Todos los contenedores o tanques de diésel deben ser fabricados bajo las normas y procedimientos para evitar accidentes de graves consecuencias.
4. Capacitar al personal para el uso adecuado del sistema de control de combustible. Es necesario recordar la correcta información que se ingrese al sistema de control de rendimiento dependerá del ingreso realizado en las móviles de combustible de los frentes de cosecha.
5. Realizar la revisión periódica una vez que termine la zafra de los límites de control de rendimiento de la maquinaria para el establecimiento de los ajustes necesarios y la aprobación de los cambios.

BIBLIOGRAFÍA

1. AGUILAR. Carlos Enrique. *Comparación de la calidad del diésel 2d, entre las cuatro compañías de mayor comercialización en Guatemala, según las normas vigentes del país*. Trabajo de graduación de Ing. Químico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2003. 79 p.
2. BLANK, Leland T.; TARQUIN, Anthony J. *Ingeniería económica. 4a ed.* Colombia: McGraw-Hill, 1999. 722 p.
3. CABRERA SEIS, Jadenón Vinicio. *Guía teórica y práctica del curso de Cimentaciones I*. Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1994. 178 p.
4. HERRARTE LÓPEZ, Judith Noelia. *Análisis jurídico de los elementos que dificultan la aplicación de la restricción vehicular en el área metropolitana como medida para disminuir la contaminación ambiental*. Trabajo de graduación de Abogada y Notaria. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Jurídicas y Sociales. 2013. 131 p.
5. Ingenio Santa Ana. *Manual de inducción a la corporación: visión del ingenio*. Guatemala: Ingenio Santa Ana, División de Recursos Humanos, Departamento de Capacitación y Desarrollo, 1994. 6 p.

6. MÉRIDA MENDEZ, Mario Rodrigo. *Aplicaciones y servicios de un sistema de telefonía móvil GSM, sobre una plataforma de transferencia de datos GPRS, en la República de Guatemala.* Trabajo de graduación de Ing. en Electrónica. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2007. 131 p.
7. MIRANDO OROZCO, Esdras Feliciano. *Diseño de medidores de volumen para dispensadores de gasolineras.* Trabajo de graduación de Ing. Mecánico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 1997. 45 p.
8. *Misión del Ingenio Santa Ana. Revista Notiazúcar.* División de recursos humanos. Departamento de Capacitación y Desarrollo, 1994. 6 p.
9. PAZ, Otto Leonel. *Materiales y fabricación para tanques cisterna para almacenamiento de combustibles, utilizando recubrimientos para evitar daños al medio ambiente.* Trabajo de graduación de Ing. Civil. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ingeniería, 1999. 45 p.