


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a blue background, depicting a figure in a red and white robe. Above the shield is a golden crown. The shield is flanked by two golden lions. The entire emblem is set against a light blue background. The text 'UNIVERSITAS CAROLINA ACACIAE' is written in a circular path around the top, and 'GUATEMALENSIS INTER CETERA' is written around the bottom. The seal is semi-transparent and serves as a background for the title text.

**COMPARACIÓN DE EFICIENCIA DE MOTORES DIESEL
CONTRA MOTORES A GAS LICUADO DE PETRÓLEO
UTILIZADOS PARA RIEGO POR ASPERSIÓN CAÑÓN,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA
VERAPAZ, TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

OSCAR ALFREDO MACHIC OCAMPO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ÁREA INTEGRADA

**COMPARACIÓN DE EFICIENCIA DE MOTORES DIESEL
CONTRA MOTORES A GAS LICUADO DE PETRÓLEO
UTILIZADOS PARA RIEGO POR ASPERSIÓN CAÑÓN,
DIAGNÓSTICO Y SERVICIOS REALIZADOS EN LA FINCA
VERAPAZ, TIQUISATE, ESCUINTLA, GUATEMALA, C.A.**

**PRESENTADO A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

POR

OSCAR ALFREDO MACHIC OCAMPO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRÓNOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN GRADO DE ACADÉMICO DE LICENCIADO

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA

RECTOR MAGNÍFICO

DR. CARLOS ESTUARDO GÁLVEZ BARRIOS

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO	Dr. Laureano Figueroa Quiñonez
VOCAL PRIMERO	Dr. Ariel Abderramán Ortiz López
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. MSc. Marino Barrientos García
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Oscar René Leiva Ruano
VOCAL CUARTO	Pto. For. Sindi Benita Simón Mendoza
VOCAL QUINTO	Br. Camilo José Wolford
SECRETARIO	Ing. Agr. Carlos Roberto Eheverría Escobedo

GUATEMALA, NOVIEMBRE 2013

Guatamala, noviembre 2013

Honorable Junta Directiva
Honorable Comitè Examinador
Facultad de Agronomìa
Univerdidad de San Carlos de Guatemala

Honorables miembros:

De conformidad con las normas establecidas por la Ley Orgànica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración, el Trabajo de Graduaciòn titulado "Comparaciòn de eficiencia de motores diesel contra motores a gas licuado de petròleo utilizados para riego por asperciòn cañòn, diagnóstico y servicios realizados en la Finca Verapaz, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A.". Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producciòn Agrícola, en el grado académico de Licenciado.

Esperando que el mismo llene los requisitos necesarios para su aprobaciòn, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Oscar Alfredo Machic Ocampo

ACTO QUE DEDICO

A

DIOS que fue mi fortaleza y mi fuente de sabiduría para alcanzar esta meta.

Mis padres Alfredo Machic y Gloria Ocampo por fomentarme valores, brindandome todo su apoyo y su confianza en poder culminar mis estudios universitarios.

Paola Girón por darme todo su amor, cariño y confianza durante toda mi trayectoria universitaria.

Mis hermanos Luis Fernando, Mario Alberto y María Guadalupe por todo su cariño y apoyo brindado.

Mi Abuelita Isabel por guiarme desde pequeño, dandome todo su cariño y amor.

Mis padrinos Oscar Raúl Ocampo y Patricia Hernández por todos sus consejos y ayuda.

Mi tía Ana y Maribel por estar en los momentos más indicados y brindarme su apoyo incondicional.

Mis primos Eduardo Antonio (Tono), María del Rosario (Mary), Lourdes y Lisa por todo su cariño.

Mis amigos Manuel Antonio Tórtola, Francisco Roque, Christian Hernández, Miguel Torres, Alfonso Rivera, Raúl Álvarez, Wagner Alonzo, Eliu Cabrera, por haber compartido momentos importantes y brindarme su apoyo incondicional siempre.

TRABAJO DE GRADUACIÓN QUE DEDICO

A

DIOS

GUATEMALA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMÍA

CARRERA EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PANTALEÓN S.A.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ing. Agr. Marco Vinicio Fernández por su apoyo brindado a lo largo del proceso, su dedicación apoyo incondicional y su acertadas aportaciones para culminar exitosamente el trabajo de graduación.

Al jefe del Departamento de Ingeniería Agrícola Ing. Agr. Erick Veliz, por su colaboración, apoyo y confianza brindada a lo largo del proceso de EPS.

A los Ingenieros Agrónomos Ronald Pocasangre, Héctor Fabricio Alvarado y demás personal del Departamento de Ingeniería Agrícola por sus conocimientos aportados a mi formación como profesional.

Al Ingeniero Manuel De León por su apoyo brindado en la etapa de EPS.

Tabla de contenido

Página

Índice de figuras.....	iv
Índice de cuadros.....	vi
Resumen general.....	viii
Capítulo I.....	1
1.1 Presentación	2
1.2 Marco referencial	3
1.2.1 Ubicación geográfica	3
1.2.2 Colindancia.....	3
1.2.3 Vías de acceso	3
1.2.4 Suelo	4
1.2.5 Condiciones climáticas	4
1.3 Objetivo.....	5
1.3.1 General.....	5
1.3.2 Específicos	5
1.4 Metodología	6
1.4.1 Fase de observación	6
1.4.2 Caminamiento.....	6
1.4.3 Revisión de literatura	6
1.4.4 Fase de campo	7
1.4.5 Matriz FODA de forma analítica.....	8
1.5 Resultados	9
1.5.1 Marco Referencial.....	9
1.5.2 Descripción del departamento de Ingeniería Agrícola	9
1.5.3 Objetivos del departamento.....	9
1.5.4 Estructura organizacional	10
1.5.5 Recursos Humanos	10
1.5.6 Horarios.....	11

1.5.7	Jefe de Ingeniería Agrícola.....	11
1.5.8	Coordinador de diseño agrícola.....	11
1.5.9	Diseño agrícola.....	11
1.5.10	Diseño de campo.....	12
1.5.11	Planificación de diseño agrícola	12
1.5.12	Preparación de tierras	12
1.5.13	Riegos	13
1.5.14	Área cubierta por el Departamento de Ingeniería Agrícola.....	13
1.5.15	Riego mecanizado.....	14
1.5.16	Aspersión por gravedad e inundación por surcos.....	18
1.5.17	Recursos utilizados en el departamento de Ingeniería Agrícola.....	20
1.5.18	Riego por aspersión.....	20
1.6	Análisis de la información.....	22
1.6.1	Estrategia del análisis de la matriz FODA, de forma analítica	26
1.6.2	Jerarquización de problemas.....	27
1.7	Conclusiones.....	28
1.8	Bibliografía	29
Capítulo II	30
2.1	Presentación	31
2.2	Definición del problema.....	32
2.3	Marco teórico	33
2.3.1	Marco conceptual	33
2.3.2	Marco referencial	42
2.4	Objetivos	46
2.4.1	Objetivo General.....	46
2.4.2	Objetivo específico	46
2.5	Metodología	47
2.5.1	Cuantificación de costos de funcionamiento.....	47
2.5.2	Análisis de eficiencia entre los motores con combustible diesel y GLP	48
2.5.3	Análisis de la información	49

2.5.4	Comparación de eficiencias.....	50
2.5.5	Comparación de horas perdidas en los dos distintos sistemas	50
2.6	Resultados y Discusión	52
2.6.1	Análisis de eficiencia entre los motores con combustible diesel y GLP.....	52
2.6.2	Costos de funcionamientos de los motores diesel y los motores a GLP.....	57
2.6.3	Comparación de horas perdidas por motores diesel y motores a GLP.....	59
2.7	Conclusiones.....	62
2.8	Recomendaciones.....	62
2.9	Bibliografía:	63
2.10	Anexos	64
Capítulo III	68
3.1	Presentación	69
3.2	Transformación de motobomba para riego por aspersión de equipos de cuatro a seis aspersores y seis a nueve aspersores.	70
3.3	Definición del Problema	70
3.3.1	Objetivo del servicio.....	70
3.3.2	Metodología	71
3.3.3	Resultados y discusión	73
3.4	Conclusiones.....	77
3.5	Monitoreo de riego aspersión motobomba para la evaluación de tiempos perdidos y eficiencias de operación en la corporación Pantaleón.	78
3.5.1	Definición del Problema.....	78
3.5.2	Objetivo del servicio.....	78
3.5.3	Metodología	79
3.5.4	Resultados y discusión	81
3.5.5	Tiempo operado y Ha regadas	83
3.5.6	Tiempo perdido.....	84
3.5.7	Operación semanal.....	85
3.6	Conclusiones.....	86

Índice de figuras

Página

Figura 1. Localización del Ingenio Pantaleón y Concepción en el Departamento de Escuintla, Guatemala.....	3
Figura 2. Organigrama del Departamento de Ingeniera agrícola.....	10
Figura 3. Comparación de precios de Diesel y GLP	40
Figura 4. Precio de diesel por galón en quetzales.....	41
Figura 5. Precio del GLP por cilindro de 25 libras en quetzales.....	41
Figura 6. Ubicación de la Finca Verapaz en el Departamento de Escuintla Municipio de tiquisate. Escala 1:2500.....	42
Figura 7. Ubicación de la Finca Verapaz con sus límites geográficos.....	43
Figura 8. Tipos de suelos de la Finca Verapaz.....	44
Figura 9. Horas de motores diesel de las Zafras 2010-2011 y 2011-2012 vs. GLP zafra 2011-2012	53
Figura 10. Hectáreas de los motores diesel Zafra 2010-2012 y 2011-2012 vs. GLP54	
Figura 11. Eficiencia en ha/hora de los motores diesel (2011-2012 y 2010-2011) y los motores GLP	54
Figura 12. Hora por día trabajadas y hectáreas regadas de los motores diesel (Temporada 2010-2010 y 2011-2012) vs. GLP	55
Figura 13. Comportamiento de histórico de precios de temporadas de Zafra (noviembre a mayo) 2010-2011 y 2011-2012 de diesel y GLP.....	57
Figura 14. Comparación de los costos promedios de galones por hectárea de combustibles de GLP y Diesel para ambas temporadas.....	58
Figura 15. Comparación de los costos promedios en cuanto a tipo de combustible que utilizan los motores.....	59
Figura 16. Análisis del tiempo perdido (horas) por el teorema de Paretto en los motores a gas licuado de petróleo	60
Figura 17. Análisis del tiempo perdido (horas) por el teorema de Paretto en los motores de diesel.....	61
Figura 18. Localización de los motores a gas licuado de petróleo y diesel en.... la Finca Verapaz.....	64

Figura 19. Boleta llena de un turno de 12 horas de noche en donde se llenan las variables	65
Figura 20. Tanque que contenía gas licuado de petróleo de 1,212 galones ..	66
Figura 21. Motor de gas licuado de petróleo en funcionamiento	67
Figura 22. Tiempos perdidos 80-20 teorema de Pareto.....	76
Figura 23. Tendencia de la salida de las motobombas por semana en las Zafra 2010-2011 y 2011-2012	82
Figura 24. Horas, hectáreas regadas y eficiencia en ha/hora de las motobombas por semana en las Zafra 2010-2011 y 2011-2012	83
Figura 25. Teorema de Pareto 80-20 de tiempo perdido de las motobombas en la Zafra 2011-2012	84

Índice de cuadros

Página

Cuadro 1. Distribución de sistemas de riego y el área que cubre.....	14
Cuadro 2. Recursos físicos de la unidad del departamento Ingeniería . Agrícola. 20	
Cuadro 3. Información por Región y por Zona Productiva de motobombas en la Corporación Pantaleón.	21
Cuadro 4. Matriz FODA	22
Cuadro 5. Matriz FODA de forma analítica	24
Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas de GLP.....	35
Cuadro 7. Conversión de cilindro de gas de 100 libras, 50 libras, 25 libras agalones.....	37
Cuadro 8. Propiedades físicas y químicas del diesel.....	38
Cuadro 9. Comparación de precios promedios en galones de diesel y GLP en los últimos cuatro años.....	42
Cuadro 10. Parámetros utilizados para el riego por aspersión.	45
Cuadro 11. Hoja registro para el uso de combustible diesel.....	49
Cuadro 12. Análisis de horas trabajadas y hectáreas regadas de los motores diesel (Temporada 2010-2010 y 2011-2012) vs GLP (Temporada 2011-2012).....	53
Cuadro 13. Consumo general de galones por hora de los motores diesel Zafra 2010-2011 y motores diesel Zafra 2011-2012 y GLP..... Zafra 2011-2012.	56
Cuadro 14. Hoja de inventario de equipo de riego.....	71
Cuadro 15. Situación de riego aspersión motobombas cañón temporada 2011.....	73
Cuadro 16. Propuesta para la disminución de equipos de riego aspersión motobomba cañón para la temporada 2010-2011.	74
Cuadro 17. Comparativo por equipo de riego de dos Zafras (2010-2011 y 2011-2012) de eficiencias.....	75
Cuadro 18. Comparativo entre cuatro, seis y nueve aspersores hectárea por ... hora y horas trabajadas por día.....	76

Cuadro 19. Categorías de motobombas en Corporación Pantaleón S.A.....	81
Cuadro 20. Análisis de operación de las motobombas semanalmente en la..... Zafra 2011-2012.	85

Resumen general

El Ejercicio Profesional Supervisado (EPS) fue realizado de agosto de 2011 a mayo 2012 en la corporación Pantaleón, específicamente en el Departamento de Ingeniería Agrícola, el cual tiene como objetivo establecer diseño de campos, sistemas de información geográfica, nuevos proyectos de riego, diseño de drenajes y mejora de los sistemas de riego.

Entre las actividades realizadas se elaboró un diagnóstico de la situación actual del departamento, donde se hace mención de todas las actividades y responsabilidades que tienen a su cargo. Por medio de un análisis FODA se dio a conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas, el cual proporcionó posibles soluciones y recomendaciones.

Además, se realizó la investigación denominada “Comparación de eficiencias de motores diesel contra motores a gas licuado de petróleo utilizados para riego por aspersión cañón en la finca Verapaz, Tiquisate, Escuintla, Guatemala, C.A.” El estudio se llevó a cabo en la época de noviembre 2011 a abril 2012, la cual es la temporada seca en el área. El riego por aspersión con motobomba diesel es el más utilizado, con casi 58% del total regado, por lo tanto es el que recibe mayor atención.

En la actualidad en esta actividad se presenta el problema de pérdidas de combustible diesel y una alternativa propuesta a la corporación, ha sido el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP), que es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo, es decir, que los GLP son una mezcla de propano y butano.

Otro problema detectado es la sub-utilización de los equipos de riego; por lo cual se llevó un monitoreo constante de horas operadas, horas día, hectáreas regadas, y tiempo perdido, con lo cual se registró horas por hectárea, el cual nos indica la eficiencia con la que trabajaron los equipos de riego y de allí tener un punto de partida para trazar una meta para las siguientes zafras.

Capítulo I

**DIAGNÓSTICO DEL ÁREA DE
INGENIERÍA AGRÍCOLA
DE LA CORPORACIÓN PANTALEÓN**

1.1 Presentación

El Departamento de Ingeniería Agrícola de la Corporación Pantaleón se encuentra involucrado en los servicios técnicos agrícolas, el cual es el encargado de velar por el diseño y operación de los sistemas de riego, drenaje, diseño de campo, preparación de tierras y obras civiles que se realizan en el campo.

La Corporación, para lograr una mejor administración se divide en 11 zonas productivas y tres regiones (Región Oeste: Verapaz, El Baúl, Pantaleón, Puyumate. Región Centro: Florida Pantaleón, Bonampak, Limones Playa Grande. Región Este: Concepción, Paso Antonio y California). Para lo cual el departamento tiene que cubrir las necesidades de estas 11 zonas en todos los aspectos mencionados.

Por cada servicio técnico que presta el departamento existen tres supervisores uno por cada región por ejemplo en la región Oeste existe un Supervisor de Obra Civil Agrícola, Diseño Agrícola y de Preparación de Tierras. Únicamente en el Servicio de Sistemas de Operación de Riegos no existe supervisor dentro del departamento, ya que estas labores están a cargo de los Supervisores de Producción pero siempre existe un Jefe de Riegos que es el que está en la búsqueda de nueva tecnología y en la investigación para la mejora de los equipos.

En lo que el riego compete existen varias formas de regar entre las cuales están: riego por aspersión, riego mecanizado, riego mangas y riego gravedad aspersión. Aunque el Departamento de Ingeniería Agrícola abarca todas estas actividades el presente diagnóstico va enfocado únicamente a riegos.

Con el presente diagnóstico se pretende analizar los distintos procesos y actividades que llevan a cabo en el Departamento de Ingeniería Agrícola, se trata de identificar los problemas que existen y se proponen soluciones y recomendaciones para un mejor funcionamiento.

1.2 Marco referencial

1.2.1 Ubicación geográfica

En el centro del casco de la Corporación Pantaleón, se ubica el Departamento de Ingeniería Agrícola, el cual se encuentra el Municipio de Siquinalá, Departamento de Escuintla, dentro de las coordenadas geográficas Latitud 14° 20' 04" Norte y Longitud 90° 59' 31" Oeste, a una altitud de 460 metros sobre el nivel del mar (ver en figura 1).

1.2.2 Colindancia

La Finca Pantaleón colinda al Sur con la Finca el Bálsamo, al Oeste con el Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, al Norte con la Comunidad Morelia y al Este con la cabecera de Siquinalá.

1.2.3 Vías de acceso

El acceso a la Finca Pantaleón es por la carretera al pacífico CA-2 en el kilómetro 86.5 al costado Norte de la cinta asfáltica a cuatro Kilómetros del Municipio de Siquinalá y dos Kilómetros del Municipio de Santa Lucía Cotzumalguapa, estos dos municipios se ubican en el Departamento de Escuintla.



Figura 1. Localización del ingenio Pantaleón y Concepción en el departamento de Escuintla, Guatemala.

1.2.4 Suelo

El orden de suelo que predomina el área de estudio son los Molisoles, que ocupa hasta el 40% de la zona cañera de Guatemala. (Palala, 2007 citado por Rivera 2007)

1.2.5 Condiciones climáticas

Según el sistema de clasificación de zonas de vida de Guatemala, realizado por De la Cruz basada en el sistema de Holdridge (Natareno 2008;Rivera, 2010), la Finca Pantaleón se encuentra ubicada en la zona de vida Bosque Húmedo Subtropical Cálido (bmh-S(c)), que tiene una precipitación pluvial anual de entre 2,000 y 3,500 milímetros, con una temperatura entre 15 y 36 grados Celsius alcanzando las mayores temperaturas los meses de marzo y abril.

1.3 Objetivo

1.3.1 General

- Diagnosticar el estado actual del Departamento de Ingeniería Agrícola en el área específica de riegos del Ingenio Pantaleón.

1.3.2 Específicos

- Diagnosticar los diferentes sistemas de riego existentes en la Corporación Pantaleón S.A.
- Detallar cada una de las actividades que se llevan a cabo en el área de riegos en el Ingenio Pantaleón.
- Detectar los problemas existentes en el área de riegos y jerarquizarlos.

1.4 Metodología

A continuación se describen los pasos que fueron necesarios para la realización del diagnóstico.

- Fase de observación.
- Fase de campo.
- Fase de gabinete

1.4.1 Fase de observación

Este es el primer paso que se llevó a cabo en el proceso de diagnóstico, ya que este ayudó en primer plano a establecer los límites del área, y a ubicar al personal de trabajo. Además de identificar de forma inmediata algunos posibles problemas.

1.4.2 Caminamiento

Se hicieron recorridos por las áreas principales destinadas al Departamento de Ingeniería Agrícola.

1.4.3 Revisión de literatura

Esta etapa dio datos básicos, información para poder facilitar el trabajo, tales como áreas destinadas oficialmente al Departamento de Ingeniería Agrícola, folletos informativos, mapas y protocolos.

En ésta etapa obtuvimos información de la base de datos del Área de Ingeniería Agrícola, información básica como maestro de lotes, fincas, ensayos, codificaciones, áreas destinadas a ensayos, etc.

Siendo necesario la utilización de recursos tales como una computadora para la revisión de la información así como la disponibilidad de los archivos de documentación

1.4.4 Fase de campo

1.4.4.1 Sondeos

En esta etapa, el personal del Departamento de Ingeniería Agrícola tuvo un importante papel, pues al estar ellos presentes y realizar las tareas, se dan cuenta de los problemas que acontecen en su área.

Se entrevistó al personal de campo pues ellos están capacitados para identificar los problemas y fortalezas de su área de trabajo.

Además de las entrevistas del personal se entrevistaron a entes relacionados con el área de ingeniería agrícola, tales como:

- Coordinador del área riegos; por ser el encargado de coordinar las investigaciones y actividades en cuanto a riego se refiere.
- Jefe de ingeniería agrícola, el cual proporcionó información para la actualización de puestos en el organigrama del área de investigación,
- Jefes de Zonas los cuales informaron acerca de la manera como se coordinan el manejo de riego y el mecanismo de riego.

1.4.4.2 Fase de gabinete

En esta fase se procedió al análisis de datos. Aquí se plasmará la información obtenida en todas las etapas mencionadas anteriormente.

1.4.4.3 Análisis de la información

Análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas)

Para conocer la situación actual del departamento de Ingeniería Agrícola, se realizó un análisis FODA, el cual fue desarrollado tomando en cuenta y conociendo las Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas. Las cuales se obtuvieron por medio de entrevistas indirectas que se tuvieron con el encargado de cada departamento.

1.4.5 Matriz FODA de forma analítica

Se realizó un análisis de la información obtenida el cual es un concepto simple y claro, pero detrás de su simpleza existen conceptos fundamentales de la administración. Este análisis tuvo como objeto, convertir los datos obtenidos del Departamento de Ingeniería Agrícola, en información procesada y lista para tomar decisiones estratégicas y de esta manera identificar las actividades que se realizaron durante el periodo de Ejercicio Profesional Supervisado (EPS):

La matriz FODA indica estrategias alternas conceptuales distintas: algunas de las estrategias pueden traslaparse o pueden ser llevadas a cabo de manera concurrente.

Estrategia DA (Mini-Mini): el objetivo general de la estrategia DA (Debilidades vs. Amenazas), es el poder minimizar tanto las debilidades como las amenazas.

Estrategia DO (Mini- Maxi): la segunda estrategia DO (Debilidades vs. Oportunidades), con esta estrategia se intenta minimizar las debilidades y maximizar las oportunidades.

Estrategia FA (Maxi-Mani): la estrategia FA (Fortalezas vs. Amenazas), se basa en las fortalezas de los departamentos que pueden minimizar las amenazas. Su objetivo es maximizar las primeras mientras se minimizan las segundas.

Estrategias FO (Maxi-Maxi): es aplicar la estrategia FO (Fortalezas vs. Oportunidades), es la que mejor se optaría por organización (Natareno. J. 2008).

1.5 Resultados

1.5.1 Marco referencial

El 20 de agosto de 1,849, Don Manuel María Herrera, adquirió la finca Pantaleón y con una gran visión Pantaleón se diversificó la producción, transformándose de una hacienda ganadera en una finca cañera, productora de panela y finalmente convirtiéndose en un ingenio azucarero.

En 1,983 Carlos Herrera Luna se convierte en el encargado de la empresa y con la venta de algunas propiedades, invierte para expandir la capacidad del ingenio, el cual se convierte en el mayor productor de azúcar en Guatemala. En el año 1,993 se une Pantaleón con Concepción y cambia el nombre a corporación Pantaleón Concepción, S.A.

1.5.2 Descripción del Departamento de Ingeniería Agrícola

Al departamento ingeniería agrícola se le conocía como departamento riegos y drenaje, pero a partir del año 2007, por decisiones administrativas cambio a su actual denominación, el cual tiene como objetivo principal la implementación de proyectos de riego, drenaje, diseño de campo de los campos de cultivos y de obra civil campo en las distintas fincas del ingenio de otros proveedores de caña de azúcar (*Saccharum*spp).

1.5.3 Objetivos del departamento

Los objetivos y metas del departamento se mencionan a continuación:

- Establecer proyectos de riego y drenaje en fincas.
- Diseñar los campos de cultivos.
- Evacuar el agua en áreas de inundadas.
- Determinar mediante logística la operación de la maquinaria y cosecha en el bloque de manejo.
- Mejora la eficiencia en el uso de los sistemas de riego.
- Propone nuevos sistemas de riego.
- Mantenimiento al sistema de información geográfica (SIG).

1.5.4 Estructura organizacional

La organización actual del departamento de Ingeniería Agrícola se detalla en la figura 2.

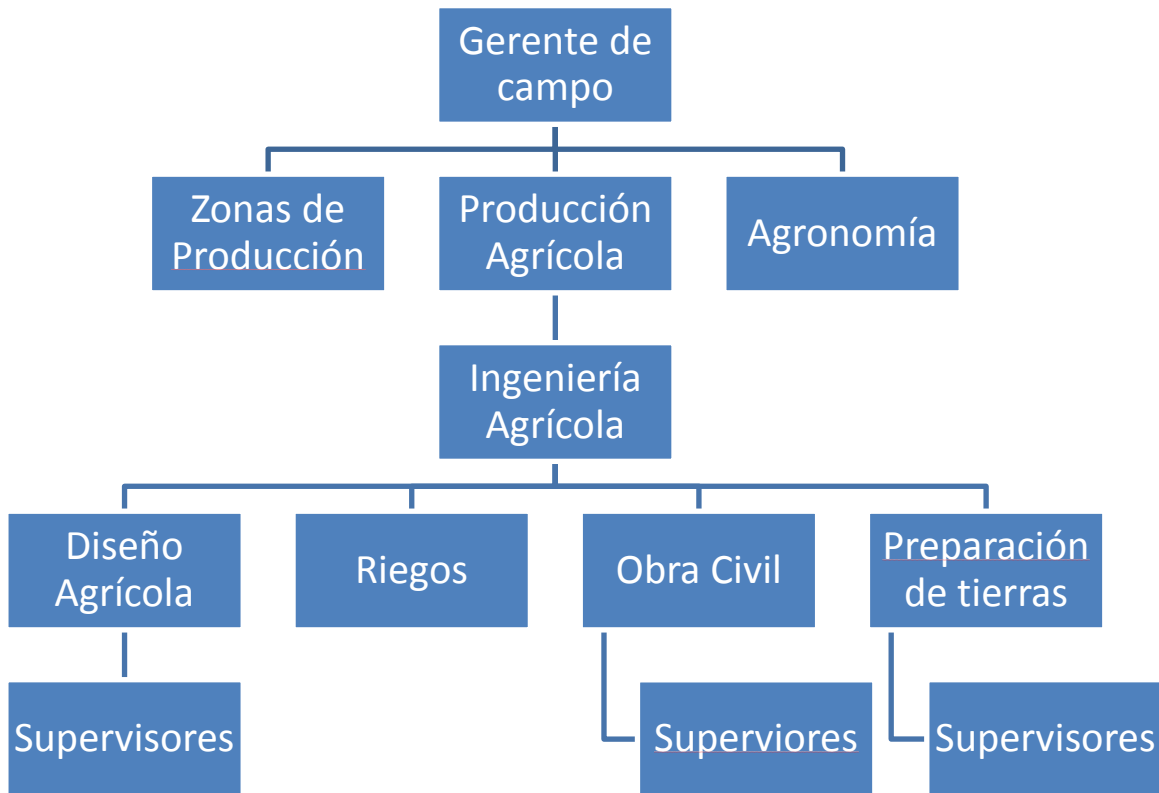


Figura 2. Organigrama del Departamento de Ingeniería Agrícola.

Fuente: Instructivo de documentación general (2010).

1.5.5 Recursos humanos

Los recursos humanos que conforman el departamento son: jefe del departamento de Ingeniería agrícola, coordinador de diseño agrícola el cual tiene a su cargo tres supervisores regiones (Oeste, Este y Centro) y tres técnicos de dibujo. El coordinador de riego tiene a su cargo un técnico en dibujo, el coordinador de obra civil campo, tiene a su cargo tres supervisores de regiones y el coordinador de mecanización de suelos tiene tres supervisores a su cargo.

1.5.6 Horarios

- Temporada de reparación (no zafra) junio a mayo.

Lunes a viernes de 7:00 am a 6:00 pm, con dos horas de almuerzo de 12:00 am a 2:00 pm sin trabajar el sábado (45 horas semanales)

- Temporada de zafra noviembre a mayo

Lunes a viernes de 7:00 am a 5:00 pm, con dos horas de almuerzo de 12:00 a 2:00 pm y sábados de 7:00 am a 12:00 pm.

1.5.7 Jefe de Ingeniería Agrícola

Misión: Administrar los recursos humanos y materiales para asegurarse que las actividades de estudio de riegos y drenaje se realicen con base a lo planificado.

Responsabilidad del puesto: elaborar y considerar el plan maestro de riegos diseño de campo, preparación de tierras y obra civil agrícola desarrollando proyectos y determinado el método más aconsejable.

1.5.8 Coordinador de diseño agrícola

Misión: diseñar los campos de cultivo para el establecimiento del sistema de riego adecuado y que permita la evacuación de los excesos de agua, la logística de operación de las máquinas y cosecha en los bloques de manejo.

Es el encargado de planificar, de acuerdo a las solicitudes de trabajo de diseño realizados por los encargados de zona. Las actividades a planificar van enfocadas a: diseño de campo en renovación, diseño de drenaje, medición de fincas nuevas, remediación de fincas, diseño de campo, trazo de obras civiles, elaboración de los planos temáticos, medición de áreas agregadas a fincas y mediciones de fincas de los distintos proveedores.

1.5.9 Diseño agrícola

Este proceso presenta tres tipos de diseño:

- Diseño de drenaje.
- Diseño de campos de cultivo.
- Sistemas de información geográfica.

Los encargados del diseño agrícola del departamento de Ingeniería Agrícola tienen a su cargo la elaboración de proyectos de diseños de riego y drenaje y se encuentran en el instructivo para riego y drenaje (1-ST-PO10) y algunas de esas se mencionan a continuación.

1.5.10 Diseño de campo

Elaboración de diseños de los campos de cultivos que permitan hacer más eficiente de la distribución de las áreas de cultivo, la logística de operaciones agrícola y cosecha.

1.5.11 Planificación de diseño agrícola

Para la planificación se realiza las siguientes actividades:

- Recibir los requerimientos de diseño agrícola.
- Realizar un reconocimiento de las áreas de diseñar.
- Recolectar la información topográfica existente del área a diseñar o coordinar su recolección en campo.
- Elaborar diseño solicitado.
- Planificar y programar el diseño.

1.5.12 Preparación de tierras

Misión: Coordinar todas las actividades de adecuación y preparación tierras para que al final de todas estas actividades el suelo esté preparado para una siembra adecuada.

Es el encargado de la preparación y adecuación para dejar en aptas condiciones el suelo para ser sembrado; Y este arranca con el proceso general de renovación en el cual se hace un presupuesto a utilizar, un balance de maquinaria y la capacitación del personal de las finca.

Para todo esto se tiene una programación semanal de labores y entre las actividades que se realizan son:

- Sub-suelo.
- Arado de cinceles.
- Arado.
- Pulidora.
- El surcado con una aplicación de fertilización.

1.5.13 Riegos

Misión: Coordinar las actividades de la aplicación del sistema de riegos en las plantaciones de caña para lograr la utilización eficiente del agua en los cultivos y el máximo aprovechamiento de los recursos naturales y del equipo.

El Coordinador de riegos planifica los porcentajes de áreas a regar durante la época seca, cantidad de personas, de acuerdo al tipo y presupuesto a utilizar en toda la época de aplicación de riego.

Los supervisores distribuyen en el campo, supervisan el trabajo realizado por los operadores, elaborando reportes y llevan el control de los registros de las labores que fueron recomendadas.

1.5.14 Área cubierta por el Departamento de Ingeniería Agrícola

El departamento de ingeniería agrícola tiene a su cargo 52,222.27 hectáreas de las cuales el área de riegos disponible es de 46,716.28 hectáreas y las áreas sin riego son de 5,505.99 hectáreas por lo que se tiene un porcentaje de cobertura de riego de 89%.

Cuadro 1. Distribución de sistemas de riego y el área que cubre.

Sistema de Riego	Has.	% Área
Motobomba	30,371.75	58.15%
Gravedad aspersion	5,285.85	10.12%
Mecanizados	4,352.21	8.33%
Mangas/compuerta	2,188.90	4.19%
Infiltración	2,761.56	5.28%
Sin riego	5,505.99	10.54%
Total de área	52,222.27	100%

1.5.15 Riego mecanizado

El riego mecanizado incluye equipos para realizar una aplicación uniforme y precisa del agua de riego sobre las plantaciones de caña de azúcar. El agua es aplicada a una precisión determinada a través de una estructura o tubería regante, que se mueve en círculos alrededor de un punto fijo (pivote central y móvil) o se desplaza en línea recta a lo largo de una canal de riego (avance frontal y frontal pivotable). La tubería está sostenida por torres de metal que son movidas por ruedas auto propulsadas por motores eléctricos o hidráulicos.

El área total regada con riego mecanizado es de 4,352.21 hectáreas lo que corresponde al 8.33% del área total de riego.

1.5.15.1 Funciones y procedimientos del riego mecanizado

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del proceso de riego mecanizado, son la supervisión de los operadores, auxiliares de campo y peones. Estos a su vez tienen las funciones: (Las cuales contenidas en el instructivo para realizar riego mecanizado (1-ST 1014)). (Natareno, 2008). Y son:

- Coordinar la introducción de agua: el auxiliar de campo se ocupa de la introducción del agua en los distintos canales de conducción de los sistemas de riego mecanizado, con el fin de lograr su abastecimiento. El peón agrícola tiene como trabajo ejecutar o llevar a cabo las tareas para la introducción de agua a los canales y también reparaciones en la infraestructura de riego.
- Determinar las áreas a regar: labor que se realiza de manera visual con la finalidad de determinar la condición de las distintas áreas de los cañales. Esta labor se realiza por si se tiene algún inconveniente, que pueda impedir, dificultar o retrasar la aplicación de riego.
- Programa de riego: este trabajo se lleva a cabo considerando factores como: etapa de crecimiento de la caña de azúcar, época del año y otros factores. Esto se realiza con la ayuda del auxiliar de campos donde se programa también de acuerdo a los parámetros de operación.
- Revisar los niveles del motor: verificar que los niveles de aceite del motor estén dentro de los rangos requeridos.
- Verificar disponibilidad de agua: verificar el caudal que está llegando a la estación de bombeo, y comprobar que éste sea el requerido para la operación del equipo, el cual es determinado de manera visual.
- Filtrar el agua: el operador debe filtrar el agua utilizando la caja de captación o canal de conducción. Este trabajo se realiza mediante la colocación o instalación de telas metálicas o utilizando el sistema de auto limpiezas de la succión.
- Cebiar la bomba de succión: el operador debe llenar con agua la pichacha, manguera, tubo y bomba de succión con ayuda de cubetas, antes de arrancar el equipo.
- Encender el motor del equipo: encender el motor a bajas revoluciones y con una serie de procedimientos necesarios con el fin de no afectar o perjudicar el motor.

- Unificar la descarga de agua: se debe esperar el tiempo necesario para lograr llenar el equipo y uniformizar la descarga de agua, esto se logra cuando el agua llena hasta el último aspersor.
- Encender e iniciar la operación del equipo: luego de los pasos anteriores el operador debe de iniciar la operación del equipo ajustando la aceleración del motor.
- Panel de control del equipo: debe de encender el panel de control accionando el interruptor para iniciar el funcionamiento de sistema.

1.5.15.2 Compuertas mangas

En este proceso existen dos sistemas de riego que operan por compuertas, los cuales difieren por la flexibilidad de la manga.

- Tubería PVC.
- Tubería Polietileno.

Estos son dos sistemas distintos de riego, pero funcionan de la misma manera. Una de las diferencias es el material del que cada uno de ellos está elaborado. Ambos tipos son accionados por efecto de la gravedad. (Aguilar, 2005).

1.5.15.3 Funciones y procedimientos riego compuertas mangas

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del departamento de riego por compuertas mangas, son: la supervisión de los operadores, auxiliares de campo (I Y II) y peones que tiene a cargo. Estos realizan las siguientes funciones:

- Llenado del sistema de riego: Consiste en abrir los hidrantes fijos del sistema de riego para evacuar el aire de las tuberías. Esta metodología se realiza únicamente para el sistema con tubería PVC. (Instructivo para realizar el riego por compuertas gravedad en caña de azúcar 1-ST 1015)
- Filtrado del agua: El agua que pasa por los canales del sistema de riego debe ser filtrada evitando así el paso de materiales no deseados, este paso se lleva a cabo utilizando telas mecánicas de diferentes tamaños.

- Cerrar los hidrantes fijos del sistema de riego cuando el agua haya sustituido el aire dentro de las tuberías, es decir cuando solamente sale agua y no aire. Esta actividad se lleva a cabo solo al momento de utilizar tubería PVC, mientras que en tubería de polietileno esta es estrangulada siendo el mismo objetivo en ambos sistemas de no tener aire dentro de las tuberías.
- Acoplar tuberías: Acoplar la tubería al punto de toma de agua, también llamado hidrante fijo o caja disipadora de energía.
- Instalar las tuberías: Instalar la tubería a lo largo de la cabecera de los surcos, o dentro del cañaveral cuando sea necesario y abrir las compuertas de la tubería y colocar nylon en la descarga de agua (material de polietileno).
- Abrir la llave del hidrante: Abrir la llave abre hidrante en el sistema con tubería de PVC o la tubería de polietileno para iniciar el riego. Mantener abierta la compuerta hasta que el agua llegue al final del surco o hasta donde la pendiente lo permita y realiza antes un bordillo de tierra con la finalidad de humedecer bien esa parte.
- Entregar el equipo: El peón agrícola es el encargado de cuantificar y firmar de recibido por todo el equipo que se le entregue luego de haber sido este utilizado.

1.5.16 Aspersión por gravedad e inundación por surcos

Este sistema de riego es accionado por efecto de la gravedad. El agua es conducida a presión hasta el terreno donde se aplica, semejando una lluvia; esto se logra con el empleo de tubería y aspersores rotativos tipo cañón. Estos aspersores tienen la función de romper el chorro de agua en pequeñas gotas, para que de esta manera se aplique a la superficie del suelo de un modo uniforme y con una intensidad menor a la que se infiltra en el mismo, para que el agua sea aprovechada por la planta. (Osorio, 2005).

1.5.16.1 Funciones y procedimientos gravedad e inundación por surcos

Las funciones que tiene a cargo el supervisor del departamento de riego por aspersión gravedad, son entre ellas: la supervisión de los operadores, auxiliares de campo (I Y II) y peones que tiene a cargo. Los cuales realizan las siguientes funciones:

- Conexiones de Tubería: Conectar la tubería móvil al punto de toma de agua en el campo llamado ´hidrante enterrado´. Esta conexión se realiza a través de un codo abridor. (Instructivo para realizar el riego por aspersión gravedad en caña de azúcar 1-ST 1013).
- Instalar el Hidrante: Instalar un hidrante móvil fijo a cada 45 cm de distanciamiento en la tubería principal móvil. En cada hidrante móvil fijo se instala un lateral de riego, este es conectado al hidrante móvil fijo utilizando un codo abridor y un cuello de ganso y el tapón.
- Instalar Lateral: Instalar la lateral de riego de una manera que cada 36 m exista un hidrante móvil a la cual posteriormente se debe acoplar un aspersor.
- Instalar Llave de Paso: Instalar después del segundo o tercer hidrante móvil fijo, lo que permitirá regar mientras se está instalando tubería.

- Calcular la Presión de Operación del Aspersor: Calcular el radio de mojado, este debe cubrir tres tubos de los cuatro tubos entre hidrantes móviles (equivalente a 27m).
- Verificar Presiones: Verificar que la presión de operación del aspersor se encuentre en un mínimo de 21 metros de columna de agua o a un máximo de 24 metros de columna de agua (30 a 35 libras por pulgada cuadrada), estos datos son obtenidos con ayuda de un nanómetro. Luego medir la profundidad de humedad un día después del riego.
- Traslado del Equipo de Bodega y a Campos: Recibir el equipo de la bodega y llevarlo a campo de cultivo con la ayuda del tractorista para empezar a operar. Trasladar el equipo cuando del hidrante enterrado ya no se pueda regar más áreas llevándolo a cabo de dos maneras: con personal o tractor.

1.5.17 Recursos utilizados en el Departamento de Ingeniería Agrícola

En el cuadro 2, se listan los recursos físicos con que cuenta el departamento, los cuales son utilizados para los distintos sistemas de riego como para el diseño de los mismos.

Cuadro 2. Recursos físicos de la unidad del Departamento Ingeniería Agrícola.

Cantidad	Descripción	Observaciones
10	Computadoras	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
2	Estacion total	Uso topógrafos
3	Niveles	Uso topógrafos
3	Estadales	Uso topógrafos
8	Bastones	Uso topógrafos
7	Mesas de metal	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
19	Sillas	Uso del departamento de Ingeniería Agrícola
10	Barrenos	Uso niveles freáticos
3	GPS	Uso topógrafos
13	Equipo de pivotes	Riego mecanizado
12	Equipos (tuberías de pvc y polietileno)	Riego compuertas mangas
106	Equipos (tuberías, válvulas, llaves, etc)	Riego gravedad aspersión

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón S.A.

1.5.18 Riego por aspersión

El riego por motobomba es el sistema más utilizado por el ingenio Pantaleón acerca del 55%, debió a su eficiencia en es riego de un 70% de aplicación y movilidad de los equipos. En la corporación Pantaleón existen 11 zonas productivas en las cuales se tiene bien diferenciada la cantidad de motobombas que utilizan (ver cuadro 3) cada una para su buen desempeño.

Cuadro 3. Información por Región y por zona Productiva de motobombas en la Corporación Pantaleón.

Motobombas Sep. 2011	
Región/ Zona productiva	No. De Motobombas
Centro Total	95
Bonampak	21
La Florida	23
Limonos	29
Playa Grande	22
Este Total	55
California	20
Concepción	14
Paso Antonio	21
Oeste Total	82
El Baúl	18
Pantaleón	5
Puyumate	31
Verapaz	28
Grand Total	232

Fuente: Departamento de Ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón S.A.

El total del área de riego por motobomba es de 30,371.75 hectáreas, para un porcentaje de 58% del área regada en la corporación Pantaleón.

1.6 Análisis de la información

Se utilizó el sistema de análisis FODA siguiendo los siguientes lineamientos:

Cuadro 4. Matriz FODA

Cuadro FODA	
Departamento de ingeniería Agrícola, Corporación Pantaleón S.A.	
Fortalezas	Oportunidades
Implementación de un sistema integral de gestión de la calidad.	
Pioneros en Guatemala en la implementación del sistema de gravedad aspersión.	
Se cuentan con varias certificaciones de calidad como HACCP, ISO, ISCC entre otras.	Investigación de sobre nuevos sistemas de riego.
Información actualizada del clima	Áreas en expansión en la corporación Pantaleón.
Personal capacitado para diseño de agrícola, obra civil y preparación de tierras.	Capacidad sobre el mejor uso de los sistemas de riego existentes en la Corporación Pantaleón.
Buena comunicación del de jefes a sub-ordinados y de sub-ordinados a jefes.	Centro de capacitación y experimentación en relación con ingeniería agrícola (CENGICAÑA).
Buen trato y motivación entre los jefes y los sub-ordinados.	Capacitación constante del personal para mejora de los procesos.
Fácil acceso a las fincas y al departamento de Ingeniería Agrícola.	
Documentación de todo proceso del departamento.	
Elaboración de reportes semanales de los procesos de riegos.	

Debilidades	Amenazas
<p>Personal limitado para ejecutar todas las actividades del departamento.</p> <p>Tubería con muchos años de uso para el riego por aspersión por lo que hay que repararlas en periodos muy cortos.</p> <p>Traslados e instalación de equipos son las principales variables en la pérdida de tiempo en riego por aspersión.</p> <p>Logística no definida en la pedida de repuesto para todos los tipos de riego.</p> <p>Motobombas con muchos años de uso, posible pérdida de la eficiencia.</p>	<p>Robos de accesorios en el riego por aspersión por personas ajenas a la Corporación Pantaleón.</p> <p>Contaminación de las fuentes hídricas que alimentan los sistemas de riego.</p> <p>Daños en las estructuras del riego mecanizado por la poca capacidad técnica de los operadores.</p> <p>Cambios climáticos influyen en las fuentes de agua y entradas y salidas de la época de lluvia en Guatemala.</p> <p>Robo de combustible en algunas fincas por personas ajenas a la Corporación Pantaleón.</p>

Cuadro 5. Matriz FODA de forma analítica

<p align="center">Factores internos</p>	<p align="center">Listado de fortalezas</p> <p>F1</p> <p>F2</p> <p>F3</p>	<p align="center">Listado de debilidades</p> <p>D1</p> <p>D2</p> <p>D3</p>
<p align="center">Factores externos</p> <p>Listado de oportunidades</p> <p>O1</p> <p>O2</p> <p>O3</p>	<p align="center">FO (Maxi-Maxi)</p> <p>Estrategias para maximizar tanto la F como las O.</p> <p>Control de inventarios de riego con más frecuencia.</p> <p>Mantener la capacitación de jefes y supervisores en sistemas de riego y diseño agrícola.</p> <p>Incentivar Buenas relaciones interpersonales.</p> <p>Seguir innovando con sistemas de riego más avanzados.</p>	<p align="center">DO (Mini-Maxi)</p> <p>Estrategias para minimizar la D y maximizar O.</p> <p>Motivación de tipo laboral a todo el personal del departamento de ingeniería agrícola.</p> <p>Coordinación para aprovechar al máximo el tiempo de operación de los diferentes sistemas de riego.</p> <p>Estrategias de tiempo para la movilización del equipo a los distintos puntos de trabajo, por medio de la obtención de más vehículos (Tractores, pick up y mucas entre otros).</p>

Listado de amenazas	FA (Maxi-Maxi)	DA (Mini-Maxi)
A1	Estrategias para maximizar las F y minimizar las A.	Estrategias para minimizar tanto las D como A.
A2	Estar pendiente de la información climática debido al cambio constante.	Motivar y hacer conciencia de tipo laboral al personal en cada una de las áreas de trabajo en que se encuentre laborando.
A3	<p>Velar por los accesorios de riego para evitar pérdidas establecer métodos de monitoreo.</p> <p>Establecer medidas de control y supervisión al personal que controla o labora maquinaria mayor eficiencia.</p> <p>Establecer un método para detener el robo de combustible.</p>	<p>Brindar mantenimiento constante a los equipos de riego mecanizados.</p> <p>Vigilar las tuberías y accesorios de los sistemas de riego por gravedad y por compuertas mangas, para evitar la pérdida y robo de piezas.</p> <p>Vigilar el despacho de combustible y la eficiencia de equipos.</p>

1.6.1 Estrategia del análisis de la matriz FODA, de forma analítica

Estrategia FO (Maxi-Maxi): lo indicado es la capacitación del personal tanto de autoridades, supervisores y sub-alternos, con el objetivo de una mejora continua ya que nuevos conocimientos los harán más competitivos cada día y así el departamento de ingeniera agrícola será mejor visto.

Estrategias DO (Mini-Maxi): la buena coordinación del departamento y la buena comunicación en ambas vías de todo el personal es vital en un ambiente de trabajo, para detectar de los puntos débiles del departamento. Otro aspecto importante es la motivación, esto hace que las personas se mantengan a gusto y exista una estabilidad laboral dentro del departamento de ingeniera agrícola, de esta manera se evita la alta rotación de personal y tener que estar capacitando de nuevo.

Estrategias FA (Maxi-Mini): contar con tecnología para monitorear todos los factores climáticos que son la mayor amenaza externa que pueda existir a la Corporación Pantaleón, debido a eso es necesario contar con bases de datos de años anteriores del clima, aforos de ríos, precipitaciones, horas de luz, radicación solar media, entre otras. Y así poder tener la información necesaria para contrarrestar el efecto cuando se presente un fenómeno.

Estrategia DA (Mini-Mini): establecer métodos de control para verificar el buen funcionamiento de los equipos de topografía, mecanización, maquinaria pesada y todos los equipos de riego existentes en la corporación, para evitar la pérdidas de tiempo y así poder ser más eficientes en todos los procesos de ingeniería agrícola. Por otra parte la motivación de hacer las cosas bien, es una herramienta que pueden usar los jefes de cada proceso, para que las actividades se realicen de la mejor manera y que el personal sea estable.

1.6.2 Jerarquización de problemas

- Robo de accesorios y combustibles de todos los sistemas de riego pertenecientes a la corporación Pantaleón.
- No se elaboran reportes de operación en ninguno de los procesos que lleva a cabo el departamento de ingeniería agrícola, aún cuando la información está presente.
- Los colaboradores dejan constantemente sus puestos de trabajo debido a la baja motivación que se les da dentro de la corporación Pantaleón.
- Baja eficiencia en el sistema de riego aspersión.

1.7 Conclusiones

El departamento de ingeniería agrícola se encuentra integrado por el jefe del departamento, coordinador de diseño agrícola, obra civil campo, y preparación de tierras y estos a su vez tiene 3 supervisores uno por cada zona productiva de la corporación Pantaleón.

El departamento de ingeniería agrícola tiene las siguientes debilidades: operadores de riego con poca experiencia, baja motivación para retener al personal, alta rotación, alta inversión de tiempo y recursos en capacitación de personal. También, el departamento no genera reportes parciales, solamente hasta el final de la temporada, esto no permite detectar problemas durante la temporada de zafra solamente hasta el final o hasta que se agravan.

Se detectaron las siguientes amenazas en el departamento: robo de accesorios y combustible en fincas de la Corporación Pantaleón, la falta de control en los factores climáticos ocasiona daños en la caña de azúcar por falta de previsión, pérdidas de accesorios por los colaboradores de riego y topógrafos.

Las fortalezas con las que cuenta el departamento de ingeniería agrícola son: todo el proceso está documentado y reportes detallados de todos los procesos. Otra es las certificaciones HASSP, ISO y ISSC. Fácil acceso al departamento. Para el buen desarrollo de la caña de azúcar se cuenta con un 89% de área bajo riego.

Las principales oportunidades que se tienen son: existen centros de capacitación y experimentación que son de cooperación al departamento de ingeniería agrícola (Cengicaña). Elaboración de reportes para monitoreo de funcionamiento de todos los procesos que se realizan en ingeniería agrícola. Y la existencia de áreas potenciales aptas para la implementación de riego y áreas nuevas.

1.8 Bibliografía

1. Aguilar, B. 2005. Manual del proceso del riego compuertas mangas. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción S.A., Departamento de Ingeniería Agrícola. 8p.
2. CENGICAÑA (Centro de investigación de la Caña de Azúcar, GT). 2010. Memoria: presentación de resultados de investigación, zafra 2009-2010. Guatemala. 6p.
3. Natareno, J. 2008. Diagnostico de riegos y drenajes, Ingenio Pantaleón Concepción S.A., Escuintla. Diagnostico EPSA. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 288p.
4. Osorio, R. 2005. Manual del proceso del riego por aspersión gravedad. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción S.A., Departamento de Ingeniería Agrícola. 9p.
5. Pálala, M. 2007. Diagnostico del departamento de riego y drenajes, Ingenio Pantaleón concepción S.A. Escuintla. EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 180p.
6. Rivera, M. 2010. Diagnostico del Departamento de Ingeniera Agrícola, Ingenio Pantaleón Concepción S.A. Escuintla EPSA Diagnostico. Guatemala, USAC, Facultad de Agronomía. 128p.
7. Rodríguez, M. 2005 Manual del proceso del riego mecanizado. Escuintla, Guatemala, Ingenio Pantaleón Concepción S.A., Departamento de Ingeniería Agrícola. 7p.

Capítulo II

**COMPARACIÓN DE EFICIENCIA DE MOTORES DIESEL
CONTRA MOTORES A GAS LICUADO DE PETRÓLEO
UTILIZADOS PARA RIEGO POR ASPERSIÓN CAÑÓN EN
LA FINCA VERAPAZ, TIQUISATE, ESCUINTLA
GUATEMALA CA.**

2.1 Presentación

En Guatemala se manifiestan dos estaciones; la época seca que va de noviembre a abril y época húmeda que va de mayo a octubre. En la Corporación Pantaleón una buena parte de los cultivos de caña de azúcar (*Saccharum spp*) es renovada durante la época seca, por lo que el riego es uno de los aspectos principales para realizar ésta actividad. El riego en la corporación, se realiza en diferentes sistemas de aspersión motobomba diesel, aspersión gravedad, surcos, compuertas y pivotes.

El riego por aspersión motobomba diesel es el más utilizado, con casi 58% del total regado, por lo tanto es el que recibe mayor atención.

En la actualidad en esta actividad se presenta el problema de pérdidas de combustible diesel y una alternativa propuesta a la corporación, ha sido el uso de Gas Licuado de Petróleo (GLP), que es la mezcla de gases condensables presentes en el gas natural o disueltos en el petróleo, es decir que los GLP son una mezcla de propano y butano. El uso de este combustible se espera que solucione el problema de pérdida de combustible en gran parte, ya que en Guatemala el uso de GLP, no tiene mucho auge en usos domésticos y en automóviles, además los precios del GLP son más estables que los precios del diesel. (Banco de Guatemala 2011).

En lo que al riego concierne, no habría necesidad de ninguna modificación en los equipos de riego y se seguiría con la misma lámina de agua aplicada en los cultivos, lo único que se necesita es cambiar el tipo de combustible a utilizar por el motor. Por lo que la investigación realizada incluyó la medición de la eficiencia de los motores accionados con ambas fuentes de combustible con el fin de comparar y evaluar su eficiencia, en función de ello determinar si es viable el uso de GLP como combustible para evitar el problema de pérdida de combustible.

2.2 Definición del problema

En La Corporación Pantaleón actualmente se trabaja alrededor del 58% del riego con motobombas diesel, este combustible ha presentado en la actualidad algunos inconvenientes debido a precio fluctuante y pérdidas por robo al momento de su utilización en el campo. Por esta razón se ven como una alternativa los motores que trabajan con GLP ya que el precio del gas es más estable en durante el año y no se corre el riesgo de tener perdidas por robo.

En la corporación se sabe que hay pérdidas del combustible (diesel) que es utilizado en la actualidad en las motobombas para riego. Se espera que implementación de esta alternativa traiga consigo la solución de la problemática.

Otra ventaja es que el GLP en el mercado, tiende a mantener los precios más estables y esto se verá reflejado en la oscilación de costos durante la temporada de riego.

De acuerdo a la problemática planteada, con la presente investigación se pretende dar respuesta a interrogantes como; el saber que combustible ofrece la mejor eficiencia en operación, conocer si es más económico el uso de GLP como fuente de combustible para las motobombas y nos ayudará a definir cuál de las dos fuentes de energía posee la mejor rentabilidad.

2.3 Marco teórico

2.3.1 Marco conceptual

2.3.1.1 Características de los gases licuados del petróleo

Se denominan combustibles gaseosos a los hidrocarburos naturales y a los fabricados exclusivamente para su empleo como combustibles, y a aquellos que se obtienen como subproducto en ciertos procesos industriales y que se pueden aprovechar como combustibles.

Recibe el nombre de GLP, las mezclas comerciales de hidrocarburos en los que el butano o el propano son dominantes.

En su estado natural son gaseosos, pero en recipientes cerrados y temperatura ambiente, una gran parte de los mismos están en fase líquida, ocupando un volumen 250 veces inferior al que ocuparían en estado vapor. (Petróleos mexicanos, 2011)

El alto poder calorífico de los GLP (0.33 kcal/kg) en relación con el resto de los gases comerciales, presenta la ventaja de que para obtener una misma cantidad de energía total, se requieren menores diámetros de tubería de las conducciones utilizadas para la distribución del gas en fase gaseosa, si bien las presiones no pueden sobrepasar un determinado valor porque se producirían condensaciones en las canalizaciones. (Rincón de los autos, 2011)

Además, y esta es una de sus principales características, están prácticamente exentos de azufre y otras sustancias como metales. Su campo de aplicación, es en general el calentamiento directo, y aquellas instalaciones en las que la accesibilidad del gas propano en depósito, la ausencia de azufre y todas las ventajas que conlleva el ser un combustible gaseoso, le proporcionan un valor añadido frente a otros combustibles. (Petróleos mexicanos, 2011)

Su comercialización está claramente diferenciada en función de la forma de almacenamiento y distribución, en:

- GLP envasado, que se utiliza casi exclusivamente como combustible doméstico para la cocina, el agua caliente y la calefacción.
- GLP almacenado en depósito fijo, que se utiliza principalmente en los sectores domésticos, residencial, comercial, en la agricultura, y en determinadas industrias
- GLP automoción, para su uso como carburante.

2.3.1.2 Ventajas del GLP

Los vehículos impulsados con auto gas cuentan con prestaciones, seguridad y fiabilidad equivalentes a las de los vehículos de gasolina o diesel ofreciendo además las siguientes ventajas técnicas:

- Una mezcla homogénea, controlada y bien distribuida en los cilindros con el aire comburente, facilitando una combustión más limpia y completa.
- Mayor duración del motor por un menor desgaste del mismo.
- Un mantenimiento más económico debido a un menor número de averías y a unos periodos de cambios de aceite más largos por la ausencia de depósitos carbonosos que ensucian el aceite lubricante.
- Conducción suave, silenciosa y sin vibraciones.
- El uso del gas propano como combustible en esos grupos electrógenos o motores presenta una serie de ventajas que se resumen a continuación:

- Alto poder calorífico.
- Combustión limpia y muy poco contaminante.
- Mantenimiento de equipos sencillo y económico.
- Fácil regulación y control de parámetros.
- Vida prolongada de los equipos.
- Sencilla intercambiabilidad propano-gas natural.
- Facilidad de suministro.

El propano tiene un bajo índice de metano, lo cual obliga a dimensionar los motores para trabajar con presiones menores que si se utilizara gas natural, ya que una presión alta podría provocar la auto detonación del propano. Por este motivo, para una misma potencia, el rendimiento de un motor alimentado con propano es menor que alimentándolo con gas natural, biogás, etc. (Refinería de Petróleos de Escombreras Oíl, 2011)

Los gases licuados propano y butano carecen de toxicidad y no producen ningún residuo líquido ni sólido. Son gases limpios sin azufre y orientados a un consumo energético ecológico. La emisión de estos gases a la atmósfera no contribuye al efecto invernadero. (Petróleos mexicanos, 2011)

2.3.1.3 Propiedades físicas y químicas de GLP

Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas de GLP.

Peso molecular	49.7
Temperatura de ebullición @ 1 atm	- 32.5 °C
Temperatura de fusión	- 167.9 °C
Densidad de los vapores (aire=1) @ 15.5 °C	2.01 (dos veces más pesado que el aire)
Densidad del líquido (agua = 1) @ 15.5 °C	0.540
Presión vapor @ 21.1 °C	4500 mmHg
Relación de expansión (líquido a gas @ 1 atm)	1 a 242 (un litro de gas líquido, se convierte en 242 litros de gas fase vapor, formando con el aire una mezcla explosiva de aproximadamente 11,000 litros).
Solubilidad en agua @ 20 °C	Aproximadamente 0.0079 % en peso (insignificante; menos del 0.1 %).
Apariencia y color	Gas insípido e incoloro a temperatura y presión ambiente. Tiene un odorizante que le proporciona un olor característico, fuerte y desagradable.

Fuente: Petróleos Mexicanos (PEMEX)

2.3.1.4 Ventajas del motor a gas

- Menor costo por galón.
- Menor índice de contaminación.
- Por su estado gaseoso, se aprovecha al 100% en el ciclo de combustión.
- Prolonga el tiempo de vida de las bujías.
- Se puede utilizar en cualquier tipo de motor a gasolina. (Inyectado o Carburado + Sistema de Inyección de gas).
- No requiere aditivos.
- El Tiempo de mantenimiento puede prolongarse hasta en un 100% dependiendo del estado del motor. (si se cambia el aceite a los 5,000kms, ahora se podría realizar a los 10,000kms).

2.3.1.5 Desventajas

- En viajes a lugares con temperaturas muy bajas, el sistema puede congelarse.
- Menor potencia (aceleración / fuerza).

2.3.1.6 Conversión de Libras de gas a galones

Debido a que se tiene que hacer las comparaciones entre los dos combustibles se tiene que usar la misma escala para la medición de libras de gas se convertirá a galones por el motivo de que la escala de medición del diesel es galones.

Cuadro 7. Conversión de cilindro de gas de 100libras, 50libras, 25libras a galones.

Cantidad en libras	Cantidad en galones
100	23.7023
50	11.85115
25	5.8255

Fuente: Ministerio de Energía y Minas de la República de Colombia

2.3.1.7 Diesel

El gasóleo, también denominado gasoil o diesel, es un líquido de color blancuzco o verdoso y de densidad de 850 kg/m³ (0,850 g/cm³), compuesto fundamentalmente por parafinas y utilizado principalmente como combustible en motores diesel y en calefacción. (Sterling Mora, 2011)

2.3.1.8 Propiedades del diesel

El cetanaje o índice de cetano corresponde a la cantidad presente (porcentaje en volumen) de cetano (hexadecano) en una mezcla de referencia con igual punto de inflamación que el carburante (hidrocarburo) sometido a prueba.

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

Cuanto más elevado es el número de cetano, menor es el retraso de la ignición y mejor es la calidad de combustión. Por el contrario, aquellos carburantes con un bajo número de cetano requieren mayor tiempo para que ocurra la ignición y después queman muy rápidamente, produciendo altos índices de elevación de presión. (Sterling Mora, 2011)

2.3.1.9 Propiedades físicas y químicas del diesel

Cuadro 8. Propiedades físicas y químicas del diesel.

Aspecto: Líquido oleoso.	pH: NP
Color:	Olor: Característico.
Punto de ebullición: PIE 149 °C, PFE: 385 máx. (ASTM D-86)	Punto de fusión/congelación:
Punto de inflamación/Inflamabilidad: 52 °C mín. (ASTM D-93)	Autoinflamabilidad: 257 °C
Propiedades explosivas: Límite inferior explosivo: 1.3% Límite superior explosivo: 6 %	Propiedades comburentes: NP
Presión de vapor: (Reid) 0.004 Atm.	Densidad: 0.87 g/cm ³ a 15 °C (ASTM D-1298)
Tensión superficial: 25 dinas/cm ² a 25 °C	Viscosidad: 1.7-4.1 cSt. a 40 °C (ASTM D-445)
Densidad de vapor: 3.4 (aire: 1)	Coef. reparto (n-octanol/agua):
Hidrosolubilidad: Muy baja.	Solubilidad: En disolventes del petróleo.
Otros datos: Punto de obstrucción filtro frío: -6 °C (verano e invierno) Calor de combustión: -45500 KJ/Kg (ASTM D-240) Azufre: 0.5 % masa máx. (ASTM D-4294)	

Fuente: Petróleos mexicanos (PEMEX)

2.3.1.10 Azufre

El azufre se encuentra naturalmente en el petróleo. Si éste no es eliminado durante los procesos de refinación, contaminará al combustible.

La reducción del límite de azufre en el diesel a 0.05 por ciento es una tendencia mundial. La correlación del contenido de azufre en el diesel con las emisiones de partículas y el SO₂ está claramente establecida. Para poder cumplir con los

requerimientos de niveles bajos de azufre, es necesario construir capacidades adicionales de desulfuración.

Mejorar la calidad del combustible no resolverá el problema de la contaminación a menos que se imponga un riguroso programa de inspección y mantenimiento para los vehículos viejos con motores a diesel. Los súper emisores del mundo del diesel son los motores viejos que han recibido un mantenimiento pobre. (Sterling Mora, 2011)

2.3.1.11 Eficiencia de motores

Un motor diesel funciona mediante la ignición de la mezcla aire-gas sin chispa. La temperatura que inicia la combustión procede de la elevación de la presión que se produce en el segundo tiempo motor, compresión. El combustible diesel se inyecta en la parte superior de la cámara de compresión a gran presión, de forma que se atomiza y se mezcla con el aire a alta temperatura y presión. Como resultado, la mezcla se quema muy rápidamente. Esta combustión ocasiona que el gas contenido en la cámara se expanda, impulsando el pistón hacia abajo. La biela transmite este movimiento al cigüeñal, al que hace girar, transformando el movimiento lineal del pistón en un movimiento de rotación.

Hay motores diesel de dos y de cuatro tiempos. Uno de cuatro tiempos se explica así: En la primera fase se absorbe aire hacia la cámara de combustión. En la segunda fase, la fase de compresión, el aire se comprime a una fracción de su volumen original, lo cual hace que se caliente hasta unos 440 °C. Al final de la fase de compresión se inyecta el combustible vaporizado dentro de la cámara de combustión, produciéndose el encendido a causa de la alta temperatura del aire. En la tercera fase, la fase de potencia, la combustión empuja el pistón hacia atrás, transmitiendo la energía al cigüeñal. La cuarta fase es, al igual que en los motores gasolina, la fase de expulsión.

Algunos motores diesel utilizan un sistema auxiliar de ignición para encender el combustible para arrancar el motor y mientras alcanza la temperatura adecuada.

La eficiencia de los motores diesel depende, en general, de los mismos factores que los motores gasolina, y es mayor que en los motores de gasolina, llegando a superar el 40%. Este valor se logra con un grado de compresión de 14 a 1, siendo necesaria una mayor robustez, y los motores diesel son, por lo general, más pesados que los motores gasolina. Esta desventaja se compensa con una mayor eficiencia y el hecho de utilizar combustibles más baratos.

Los motores diesel suelen ser motores lentos con velocidades de cigüeñal de 100 a 750 revoluciones por minuto (rpm o r/min), mientras que los motores gasolina trabajan de 2.500 a 5.000 rpm. No obstante, algunos tipos de motores diesel trabajan a velocidades similares que los motores de gasolina.

2.3.1.12 Costo de los combustibles

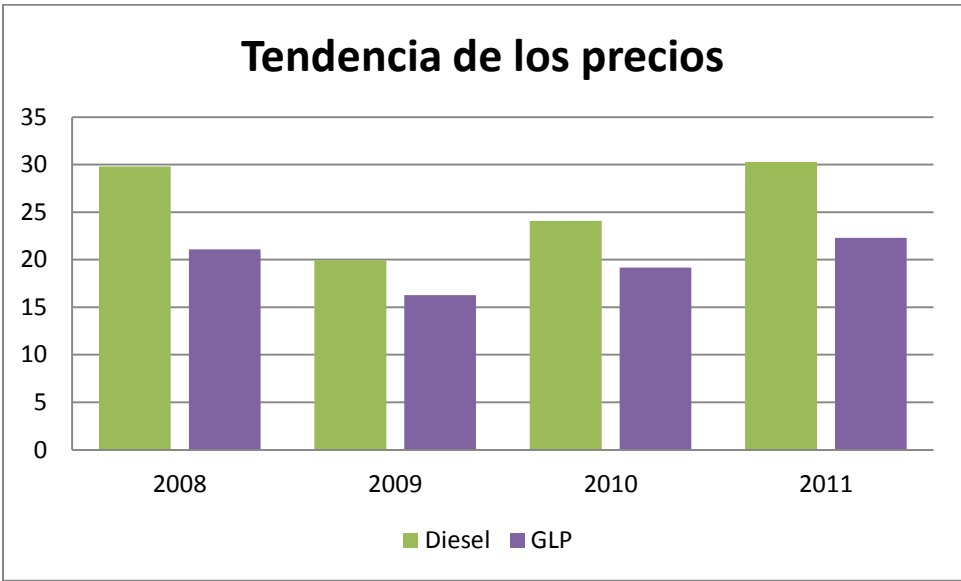


Figura 3. Comparación de precios de Diesel y GLP

Fuente: Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala

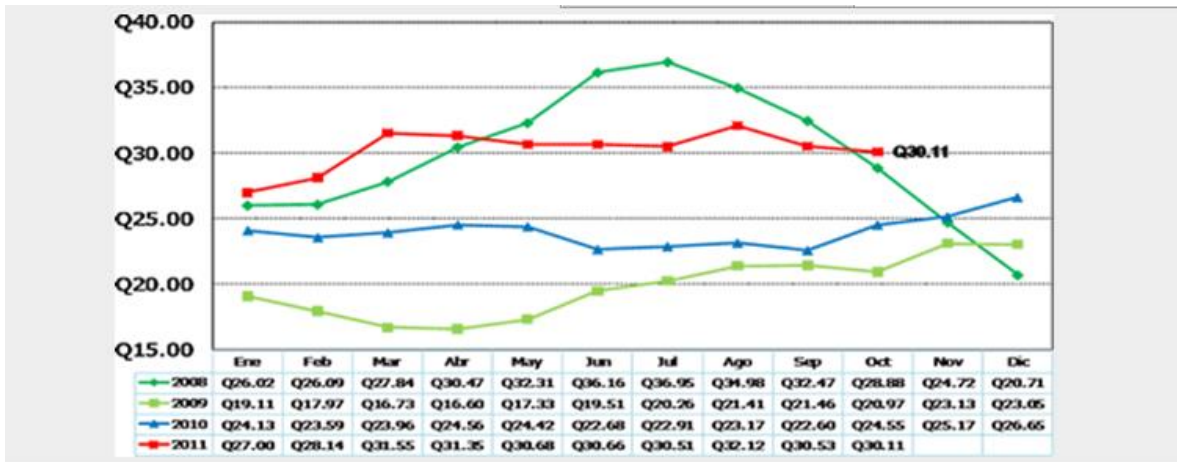


Figura 4. Precio de diesel por galón en quetzales.

Fuente:Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala

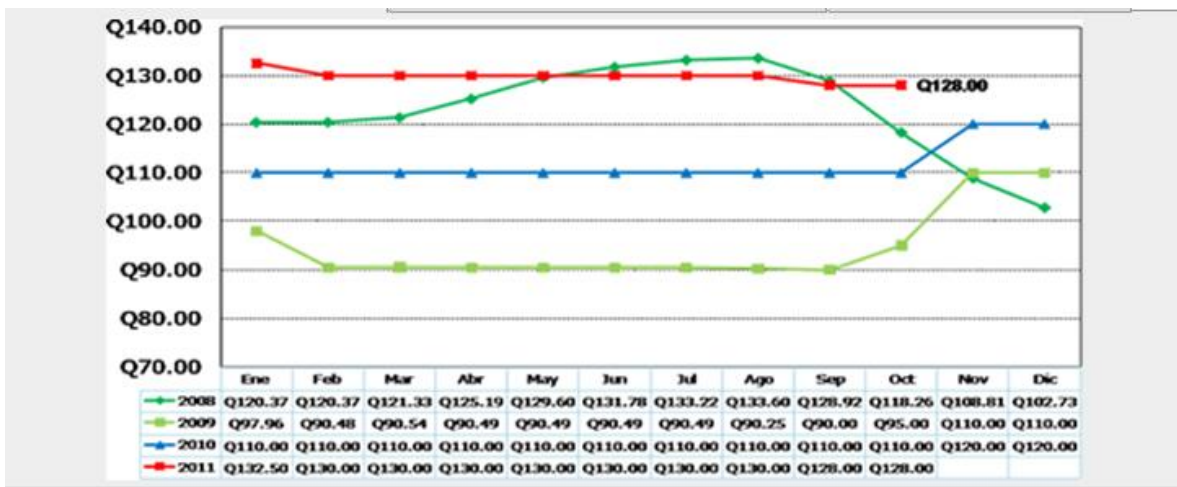


Figura 5. Precio del GLP por cilindro de 25 libras en quetzales.

Fuente:Ministerio de Energía y Minas de la República de Guatemala

Cuadro 9. Comparación de precios promedios en galones de diesel y GLP en los últimos cuatro años.

Precios de los combustibles por Galón en quetzales				
Años	2008	2009	2010	2011
Diesel	29.8	19.96	24.09	30.27
GLP	21.1*	16.26*	19.18*	22.31*

Fuente: Ministerio de Energía y Mina de la República de Guatemala

*Datos obtenidos de la conversión el precio promedio anual/5.82 que es el factor de un cilindro de 25 libras.

2.3.2 Marco referencial

2.3.2.1 Ubicación

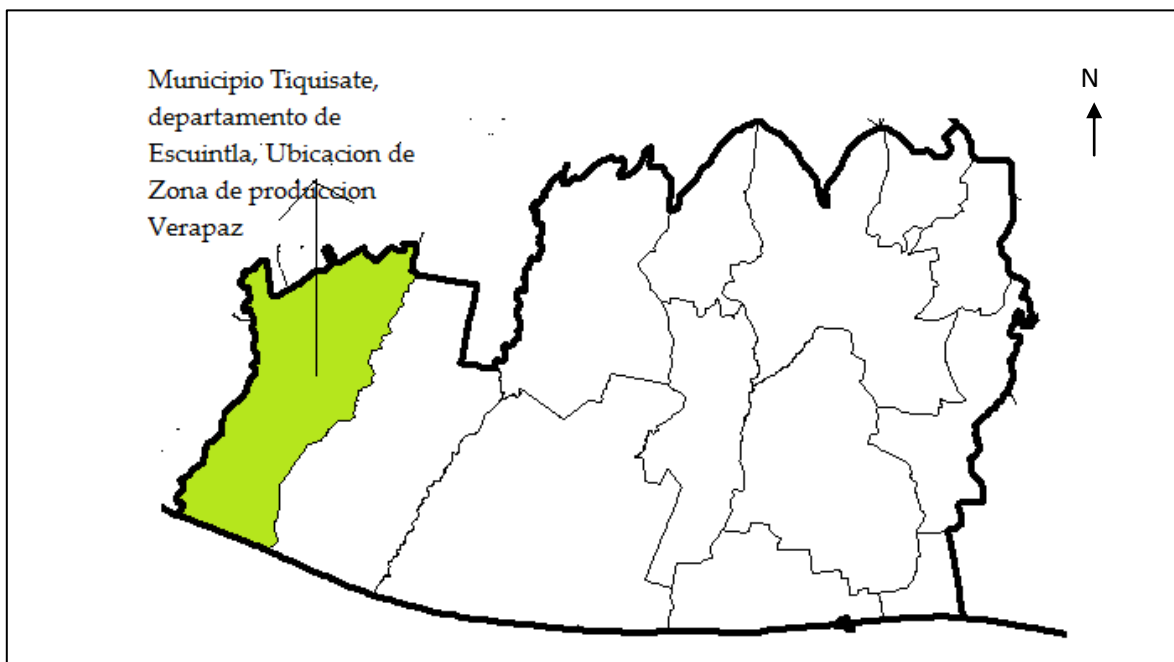


Figura 6. Ubicación de la Finca Verapaz en el Departamento de Escuintla Municipio de Tiquisate. Escala 1:2500

2.3.2.2 Límites

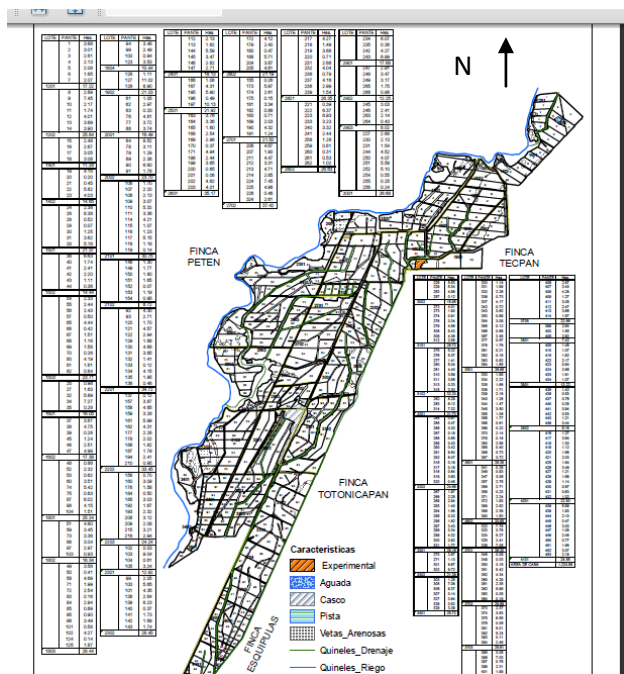


Figura 7. Ubicación de la Finca Verapaz con sus límites geográficos.

Fuente: Base de datos Corporación Pantaleón S.A. Escala 1:2500

2.3.2.3 Geografía

La finca Verapaz cuenta con una extensión territorial de 12, 245.56 hectáreas de caña y está dividido en dos tipos de riego aspersion cañón y riego por surcos.

2.3.2.4 Coordenadas UTM y WGS84

- Latitud UTM: 669626.58
- Longitud UTM: 1572974.62
- Latitud WGS84: 91.4280
- Longitud WGS84: 14.2231
- Altitud: entre los 90,78 msnm y los 107,89 msnm.

2.3.2.5 Suelo y distribución de fincas dentro de la Finca Verapaz

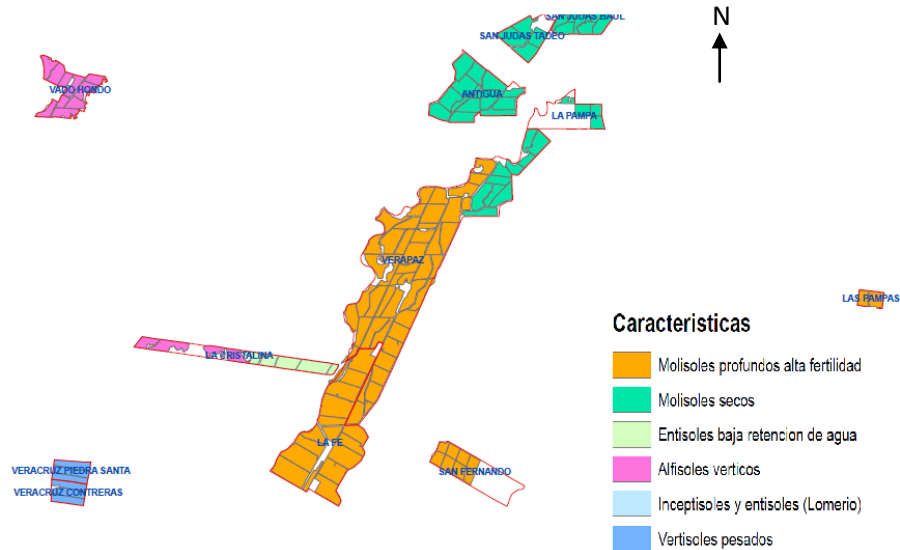


Figura 8. Tipos de suelos de la Finca Verapaz.

Fuente: Base de datos Corporación Pantaleón S.A. Escala 1:2500

2.3.2.6 Clima

Clima cálido, aunque por las noches las temperaturas tienden a descender. La temperatura media anual que se registra en la finca Verapaz es de 25.7 °C.

La temporada cálida dura desde mediados de febrero hasta septiembre. El período más caluroso del año es desde marzo hasta la segunda semana de mayo. La temporada fresca dura desde mediados de noviembre hasta inicios de febrero. El período más frío del año son los meses de diciembre y enero cuando la temperatura puede llegar a descender hasta los 12 °C

La precipitación pluvial oscila según las áreas municipales y van desde los 1,500 mm hasta más de 3,200 mm y la cabecera municipal recibe en promedio 2,700 mm anuales. La temporada normal de lluvias abarca desde mayo hasta la primera semana de noviembre. Normalmente, los meses más lluviosos son junio, agosto y septiembre, aunque todo el invierno suele ser muy húmedo, también se registran

lluvias ocasionales por la tarde en los meses de verano, permitiendo un clima más fresco por la noche.

2.3.2.7 Proceso de selección de la finca Verapaz

El haber seleccionado la Finca Verapaz para esta evaluación se debió a que presenta una mínima variación en cuestión de relieve y problemas con robo de combustible.

2.3.2.8 Sistema de riego utilizado y operación

Cuadro 10. Parámetros utilizados para el riego por aspersión.

Actividad	Variabes	Indicador	Especificación
Riego por Aspersión	Operación Motobomba	Presión Salida Bomba	Máxima 70 psi
		RPM Motor	Entre 1400 y 1900
	Conducción de Caudales	Caudal Principal Zona Media, Baja y Litoral	Distrib. en 2 tuberías (6 aspersores)
			Distrib. en 1 tubería (4 aspersores)
		Caudal Principal Zona Alta	Distrib. en 1 tubería
		Caudal Secundarios	Distrib. En 2-3 ramales
	Número de Aspersores	Z Alta	4 aspersores/motob.
		Z Media, Baja y Litoral	4-6 aspersores/motob.
	Presión Operación Aspersores	Komet 101 y 140	35 y 40 psi
		Nelson F-100	40 y 45 psi
		Nelson F-150	50 y 55 psi
	Disponibilidad de tubería	Tubería de 5"	50 ZA y 75 ZMBL
		Tubería de 6"	50 ZA y 75 ZMBL
	Diámetro de Boquillas	Komet 101 y 140	0.94" post corte; 0.87", 0.63" y 0.94" post corte
		Nelson F-100	0.90"
Nelson F-150		0.80" o modificada a 0.85"	

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo General

- Comparar la eficiencia entre los motores diesel y los motores GLP en el sistema de riego por aspersión cañón, con la finalidad de encontrar la opción de combustible más económico y seguro.

2.4.2 Objetivo específico

- Cuantificar los costos (\$) de funcionamiento de los motores diesel y los motores a gas GLP.
- Determinar cuál de los dos sistemas tiene una mejor eficiencia, en tiempo de operación por galón.
- Comparar horas perdidas y sus razones por motores diesel y motores a GLP.

2.5 Metodología

2.5.1 Cuantificación de costos de funcionamiento

Con el fin de realizar la cuantificación de costos de funcionamiento se ubicaron los cinco diferentes equipos en la Finca Verapaz en Tiquisate Escuintla, Guatemala CA. Los equipos son los siguientes:

- | | |
|---------------------|--------------------|
| * NT4 motor diesel. | * 3LE motor a GLP. |
| * NT5 motor diesel. | * 3LG motor a GLP. |
| * NT6 motor diesel. | * 3LH motor a GLP. |
| * NV4 motor diesel. | * 3LM motor a GLP. |
| * NV5 motor diesel. | * 3LN motor a GLP. |

Para la cuantificación de los costos se utilizaron las siguientes variables:

- Tiempo de uso (Diesel y GLP).
- Gasto de combustible diesel por motobomba.
- Gasto de GLP por motobomba.
- Horas de riego por motobomba (Diesel y GLP).
- Hectáreas regadas por motobomba (Diesel y GLP).

En lo que al gasto de combustible diesel y GLP se refiere, se realizaron análisis de la cantidad de combustible que se usa para regar una hectárea de cultivo y en cuantas horas se realiza el gasto de un galón de estos. Por esta razón se están tomando en cuenta las hectáreas regadas y las horas de riego, pues se calcularon los parámetros de galones diesel/hectárea, galones diesel/hora, horas riego/hectárea entre motobombas que utilizan diesel y motobombas que utilizan gas licuado de petróleo.

En lo referente a costos, se tomaron los costos reales que el taller de la corporación le pone a cada motobomba y se dividió entre el número total de

hectáreas regadas (unidades reales) para poder obtener el costo unitario real, que definió cuál de los dos equipos de riego evaluados presentó mayor impacto en la reducción de costos y por ende en el presupuesto de las actividades de riego de la organización.

2.5.2 Análisis de eficiencia entre los motores con combustible diesel y GLP

En la comparación fue necesario tener un lineamiento para poder llevar a cabo el ordenamiento y exactitud de los datos tomados en el campo para así darle validez a los objetivos planteados.

Se comparó dos fuentes de combustible en motobombas utilizadas para riego por aspersión:

Motobomba a GLP versus motobombas diesel en dos temporadas, motobomba a diesel de la zafra 2010-2011 y motobomba a diesel de la zafra 2011-2012.

La comparación dio lugar a respuestas de preguntas relacionadas con el gasto de diesel contra GLP, también de la cantidad de área regada por turno y el tiempo efectivo de operación, la cuantificación de tiempos perdidos.

La investigación se realizó propiamente en el campo, las hojas de registro que se utilizaron permitieron recolectar los datos al momento de su ejecución, juntamente con los operadores. Para obtener los datos cada hoja de registro fue provista a los distintos encargados de motobombas.

A continuación se presenta la hoja de registro que manejaron los operarios tanto de motobomba diesel como de motobomba GLP, en el cual se detallan los indicadores que se tomaron en cuenta para la medición de la eficiencia.

Cuadro 11. Hoja registro para el uso de combustible diesel.

Hoja de registro								
Finca _____								
Lote _____								
Nombre del operador _____								
Fecha _____								
Turno _____								
Parámetros	Unidad de medida	Días de la semana						
		L	M	M	J	V	S	D
Cantidad de Diesel para tullear	Gal							
Temperatura	F°							
Iacómetro	Revoluciones por minuto							
Presión del aceite	PSI							
Holómetro	Horas trabajadas							
Presión de motobomba en la salida	PSI							
Presión de salida del aspersor 1	PSI							
Presión de salida del aspersor 2	PSI							
Presión de salida del aspersor 3	PSI							
Presión de salida del aspersor 4	PSI							
Presión de salida del aspersor 5	PSI							
Presión de salida del aspersor 6	PSI							
No. total de aspersores funcionando	unidades							
No. de laterales	unidades							
No. aspersores por lateral	unidades							
Distancia entre aspersor	M							
Horas por riego	Hora/minutos							
Área regada	Ha							
Hora de inicio de traslado	Hora/minutos							
Hora finalización de traslado	Hora/minutos							

Fuente: Hoja registro utilizada en el proceso de evaluación de riego en el ingenio Pantaleón S.A.

2.5.3 Análisis de la información

La información recolectada fue analizada con el fin de conocer los factores que fueron registrados y sistematizados.

2.5.4 Comparación de eficiencias

Lo que a eficiencia se refiere, se utilizó el tiempo de operación de las motobombas ese tiempo tiene dos denominaciones; tiempo neto de operación, este contempla las horas de trabajo de motobomba, y tiempo perdido, que es cuando la motobomba está apagada. Estas horas de tiempo perdido se contabilizan, para saber cómo fue la distribución de las mismas y saber cuáles son las razones del tiempo perdido.

Para encontrar la eficiencia se utilizó la fórmula de:

$$\text{Eficiencia\%} = (\text{salidas/ entradas}) * 100$$

Y la respuesta fue dada en porcentaje donde las entradas fue la compra de combustible y las salidas, el número de horas trabajadas por motor esta ecuación fue aplicada a cada motor diesel y GLP.

2.5.5 Comparación de horas perdidas en los dos distintos sistemas

Para determinar la razón de horas perdidas la comparación de eficiencia de operación de los motores diesel y los motores GLP se tuvo dos descripciones de operaciones; operación neta y tiempo perdido para los cuales se tienen las siguientes variables:

- Paros por lluvia.
- Paros por viento.
- Reparación mecánica.
- Traslado de equipo.
- Fallas en bomba de succión.
- Fallas mecánicas en el motor.
- Falta de agua.

- Falta de área para regar.
- Falta de combustible.
- Falta de tractor.
- Instalación de equipo.
- Llanta pinchada.
- Araña o muca en mal estado.
- Paros por servicio.

2.6 Resultados y Discusión

2.6.1 Análisis de eficiencia entre los motores con combustible diesel y GLP

En cuanto a la eficiencia, se realizó una comparación de los motores con fuente de energía diesel de dos temporadas (zafra 2010-2011 y zafra 2011-2012), esto para tener un punto de partida y así obtener un comparativo en eficiencia y gasto del mismo tipo de combustible y establecer si es significativa la pérdida de combustible.

Con la comparación hecha entre los motores con fuente de energía de diesel (zafra 2010-2011 y zafra 2011-2012) se incluye al análisis, los datos del otro tipo de combustible, motores con fuente de energía de GLP.

Este análisis se realizó únicamente para verificar si los motores trabajaron de la misma manera (hora de operación, hectáreas regadas y horas día que trabaja cada equipo) en esta parte no se incluyen costos debido a que solo se evaluó las eficiencias de los equipos.

Se puede ver en el cuadro 7, el desenvolvimiento de los equipos a lo largo de la temporada. Es evidente que, los equipos diesel temporada 2011-2012, tienen más horas trabajadas y hectáreas regadas (6,976 horas trabajadas y 2,285.72 hectáreas regadas), que el tratamiento diesel temporada 2010-2011, que fue el que tuvo menos horas trabajadas y hectáreas regadas (5,323 horas trabajadas y 1,711.85 hectáreas regadas). Y como punto de comparación tenemos el tratamiento GLP (6,064 horas trabajadas y 1,979.45 hectáreas regadas).

Pero en cuanto a hectárea por hora regadas que para la Corporación Pantaleón es un indicador de eficiencia, se puede ver en la figura 9, que existe una diferencia de 0.06 hectáreas por hora entre las dos distintas zafras en combustible diesel (0.322 ha/hora zafra 2010-2011 y 0.328 ha/horas zafra 2011-2012), en cuanto a la eficiencia de los motores de GLP, se encuentra intermedio (0.326 ha/hora) lo que nos indica que no hay una diferencia entre la eficiencia, solo entre la cantidad de

horas que trabajan y hectáreas regadas de los tres tratamiento y esto puede variar de acuerdo a la cantidad “horas día”, que trabajen los equipos y la cantidad de “horas perdidas” que estos equipos manejen.

Cuadro 12. Análisis de horas trabajadas y hectáreas regadas de los motores diesel (Temporada 2010-2010 y 2011-2012) vs GLP (Temporada 2011-2012).

Motores diesel 2011-2012		Motores a Gas L.P. 2011-2012		Motores diesel 2010-2011		Ha/Horas		
Horas	ha	Horas	ha	Horas	ha	Motores diesel 2011-2012	Motores a gas 2011-2012	Motores diesel 2010-2011
6,976.00	2,285.72	6,064.00	1,979.45	5,323.00	1,711.85	0.328	0.326	0.322

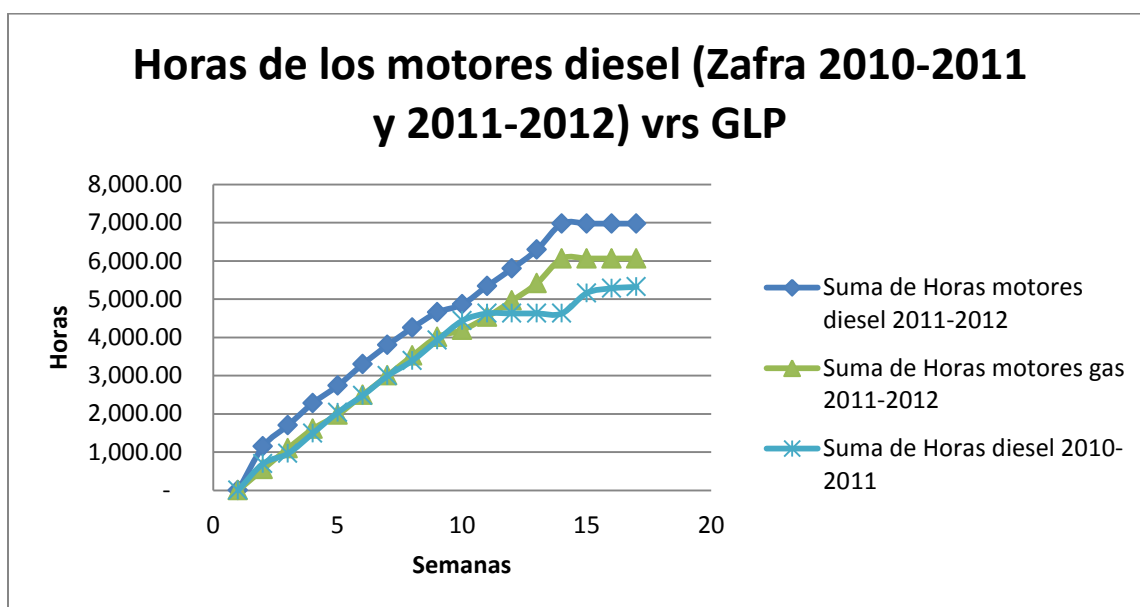


Figura 9. Horas de motores diesel de las zafra 2010-2011 y 2011-2012 vs. GLP Zafra 2011-2012

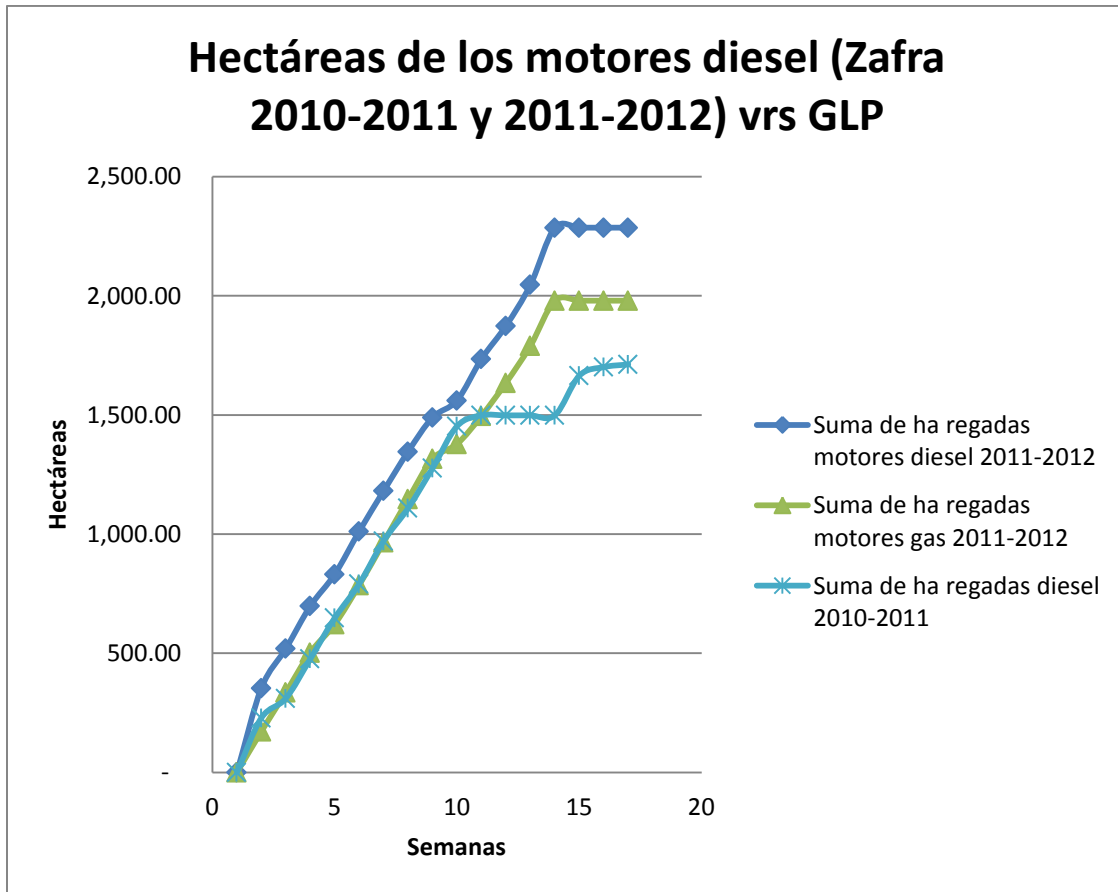


Figura 10. Hectáreas de los motores diesel zafra 2010-2012 y 2011-2012 vs. GLP

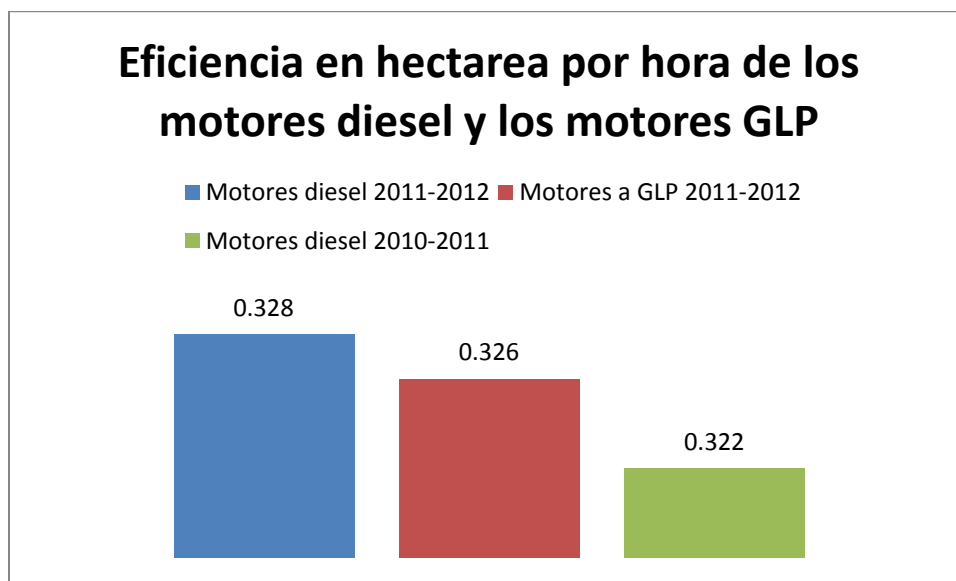


Figura 11. Eficiencia en ha/hora de los motores diesel (2011-2012 y 2010-2011) y los motores GLP

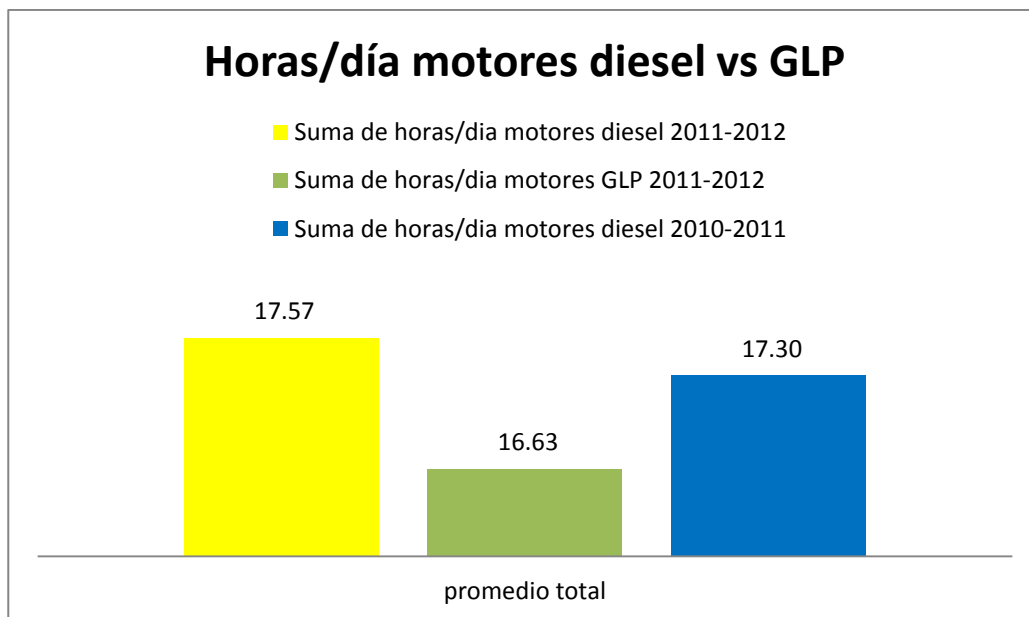


Figura 12. Hora por día trabajadas y hectáreas regadas de los motores diesel (Temporada 2010-2010 y 2011-2012) vs gas licuado de petróleo.

En lo que a horas por día se refiere, existe diferencia, como se puede ver en la figura 10. Los motores de diesel de la temporada 2011-2012 tienen diferencia de 0.94 horas por día con los motores de GLP y una diferencia de 0.27 horas por día, respecto a los motores diesel de la temporada 2010-2011. Esto explica porque tiene mayores horas trabajadas y hectáreas regadas los motores diesel de la temporada 2011-2012 a diferencia de los motores a GLP que fueron los que menos muestran área regada en la comparación.

2.6.1.1 Determinación de eficiencia de consumo de combustible.

En la corporación Pantaleón existe una codificación de equipos (OT) y esto no es más que nomenclatura que recibe cada máquina para poder diferenciarlas de las demás, como se puede ver en el cuadro 8.

El consumo general de combustible tiene una fuerte correlación con las revoluciones por minuto promedio con las que trabajó cada máquina, entre más revolucionado estuvo el motor, mayor fue el consumo, como se puede ver en la

cuadro 8, el motor 3LG (GLP) que trabajó en la finca Veracruz, trabajó entre 1500 y 2000 revoluciones por minuto y el consumo se elevó a 7.41 galones por hora a diferencia de los motores 3LE y 3LN (GLP) que trabajaron intermedios en el consumo y estuvieron ubicados en la finca Barberena, estuvieron entre las 1500-1800 revoluciones por minuto y su consumo fue de 4.56 galones por hora. Las máquinas que tuvieron el menor consumo de galones por hora fueron las 3LH y 3LM que trabajaron en la finca Cristalina y estuvieron trabajando entre las 1400-1600 revoluciones por minuto y un consumo de 2.57 galones por hora.

En cuanto a los motores diesel, estos fueron escogidos por la cercanía de éstos a los de GLP durante la temporada 2010-2011 y la temporada 2011-2012 en el cual se puede diferenciar que son muy similares en cuanto a su consumo, al tener similitud en las revoluciones por minuto de los motores a GLP.

Al final la diferencia general que se tiene de consumo es de 2.19 galones por hora como se puede ver en la figura 9 lo que nos indica, que los motores de GLP consumen el doble de galones por hora que los motores de diesel. Con la salvedad que a diferentes revoluciones por minuto puede variar el consumo dejándolo con una diferencia mínima como lo muestran los motores 3LH y 3LM que tienen una diferencia de 0.83 galones por hora con relación a los motores diesel de las dos temporadas analizadas.

Cuadro 13. Consumo general de galones por hora de los motores diesel zafra 2010-2011 y motores diesel zafra 2011-2012 y GLP zafra 2011-2012.

Finca	RPM	OT	GLP		Diesel 11-12		Diesel 10-11		Promedio diesel	Diferencia diesel-gas		
			Gal/hr	Gal/hr Promedio por finca	OT	Gal/hr	Gal/hr Promedio por finca	OT			Gal/hr	Gal/hr Promedio por finca
Barberena	1,500-1,900	3LE	5.01	4.56	NT5	2.91	2.605	NT5	2.33	2.45	2.59	1.52
Barberena	1,500-1,850	3LN	4.11		NV4	2.3		NV4	2.57			
Veracruz	1,500-2,050	3LG	7.41	7.41	NV5	2.46	2.46	NV5	2.11	2.11	2.29	5.13
Cristalina	1,400-1,750	3LH	2.66	2.57	NT6	1.64	1.66	NT6	1.54	1.74	1.80	0.83
Cristalina	1,400-1,750	3LM	2.48		NT4	1.68		NV4	1.94			
			4.33			2.20			2.10		2.15	2.19

2.6.2 Costos de funcionamientos de los motores diesel y los motores a GLP.

Para introducirnos en el contexto, la corporación por consumir una fuerte cantidad de combustible específicamente diesel tiene un precio preferencial con las petroleras y la cual tiene repercusión en la investigación ya que los precios que se evaluaron al inicio son los que se le da al público general. A diferencia con los precios del combustible diesel que es preferencial, los precios del GLP es el que se le da al público en general, y no tienen ningún tipo de descuento y esto es básicamente por la cantidad de galones consumidos que ni si quiera es el 1% de lo que se consume de diesel.

Como se puede ver en la figura 11, en el histórico de precios de las temporadas de zafra 2010-2011 y 2011-2012, se evidencia la diferencia de precios de un año a otro en cuanto a diesel, y como fluctúa durante un año de zafra. El precio del GLP es un 30% más barato al diesel en las condiciones de la corporación, en las condiciones del público en general, el precio del GLP pasa a ser el 40% más barato con respecto al diesel.

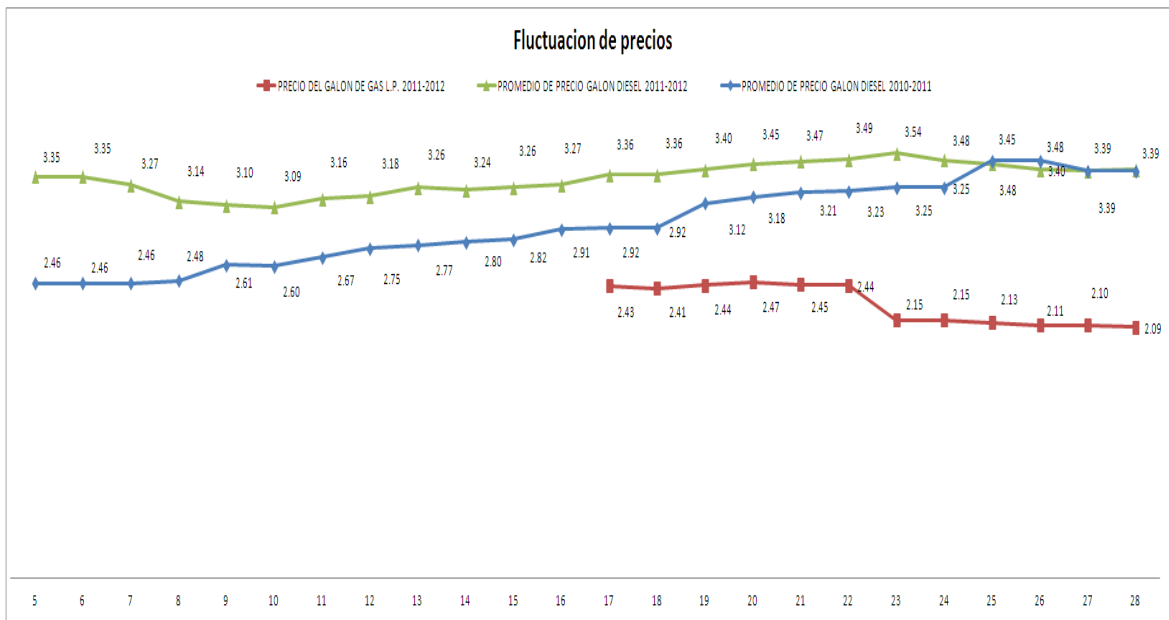


Figura 13. Comportamiento de histórico de precios de temporadas de Zafra (noviembre a mayo) 2010-2011 y 2011-2012 de diesel y GLP.

Analizando como fluctúan los precios, se pueden observar los costos que en cuanto al consumo tuvieron las motobombas. Como se evidencia en la eficiencia, ésta se diferenció en por las revoluciones por minuto y finca en que trabajaron, de la misma manera analizado con los precios de combustible.

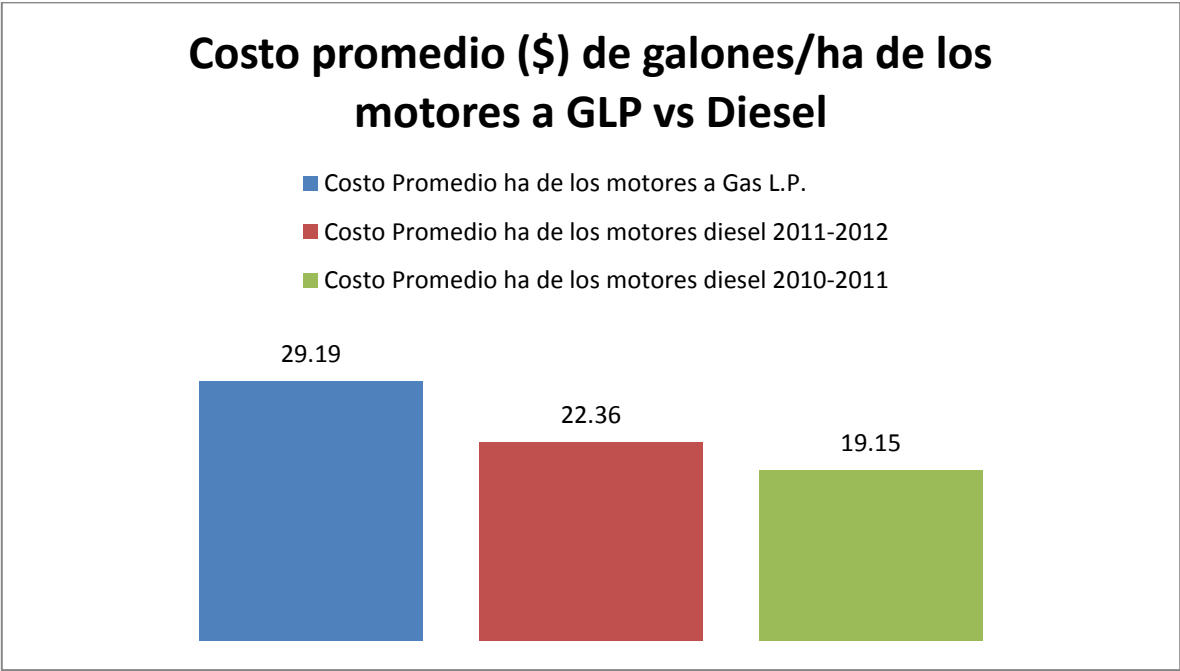


Figura 14. Comparación de los costos promedios de galones por hectárea de combustibles de GLP y diesel para ambas temporadas.

Se puede observar en la figura 12 cuál es el costo promedio de los combustibles tanto de GLP (\$2.28) como de diesel de las temporadas 2010-2011 (\$2.94) y 2011-212 (\$3.33).

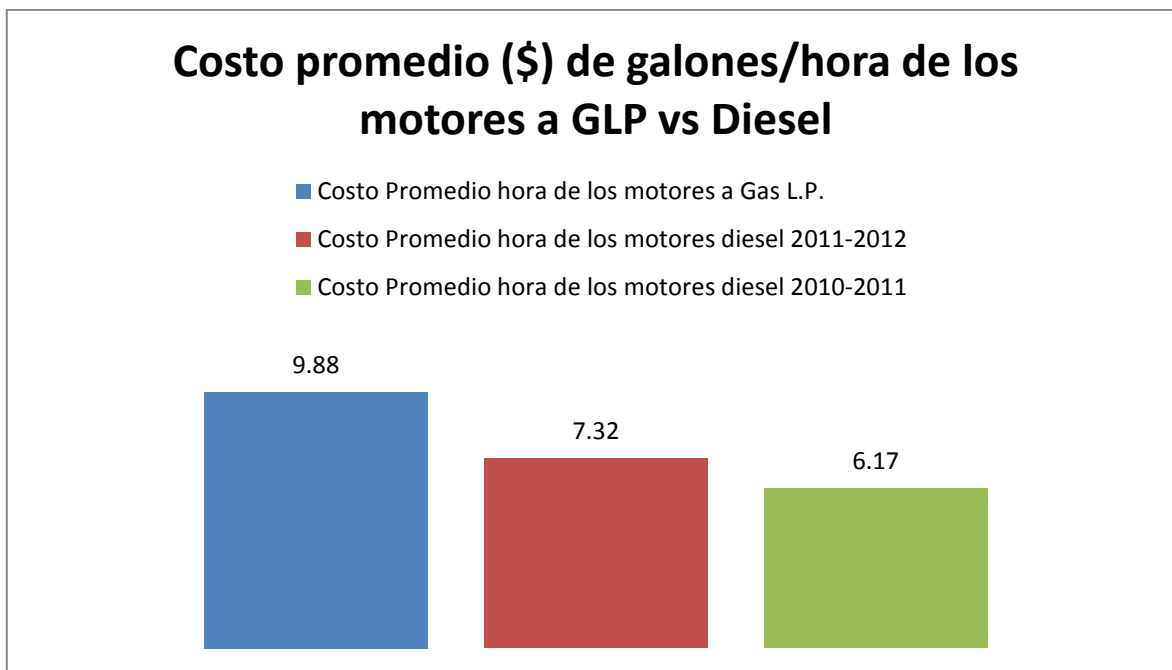


Figura 15. Comparación de los costos promedios en cuanto a tipo de combustible que utilizan los motores.

Como se puede observar en las figuras 12 y 13, los motores a GLP tienen costos mayores en un 23% a los costos de motores diesel de la temporada 2011-2012 tanto en horas como en hectáreas. La comparación entre las dos temporadas de combustible diesel se puede evidenciar un 15% de incremento en el costo en un año lo cual se da por el aumento del precio en el tiempo.

2.6.3 Comparación de horas perdidas por motores diesel y motores a GLP.

Al comparar las horas perdidas, esta variable no cambia significativamente debido a que trabajan en condiciones muy similares. Para analizar detalladamente se comparó con el diagrama de Pareto para determinar cuáles son las variables que provocaron mayor tiempo perdido en los motores de GLP y diesel como se puede observar en las figuras 14 y 15 respectivamente. Lo importante de este análisis es determinar que las variables son las mismas que aparecen en tiempos perdidos para motores a diesel y que no se evidencia ninguna otra variable al incorporar el GLP como combustible.

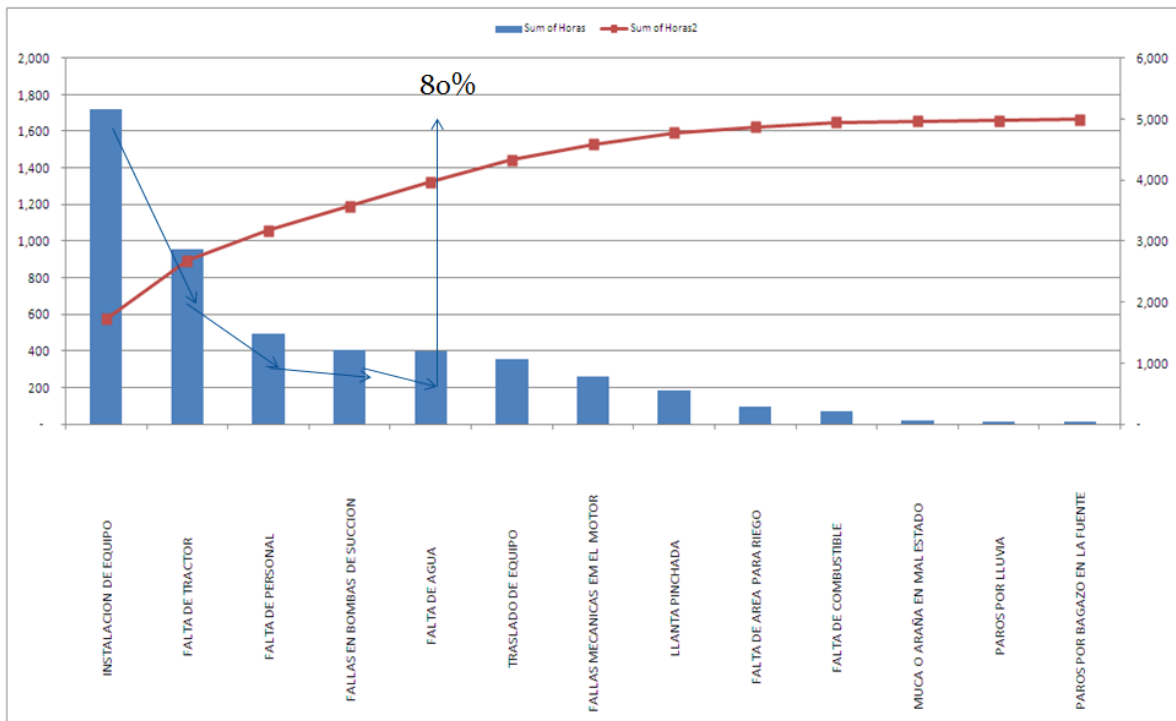


Figura 16. Análisis del tiempo perdido (horas) por el teorema de Pareto en los motores a gas licuado de petróleo

Como se observa en la figura 14, las razones principales de tiempos perdidos son aquellos donde están inmersos el 80% de los mismos, y comprende las variables de instalación de equipo, falta de tractor, falta de personal, fallas en bombas de succión y falta de agua.

La figura 14, nos muestra similares razones de tiempos perdidos, instalación de equipo, falta de personal y falta de tractor y uno distinto que es el de “traslado de equipo”. “El traslado de equipo” en los motores diesel es debido a que no tuvo tantos problemas en “fallas en la bomba de succión” como los tuvo los motores GLP.

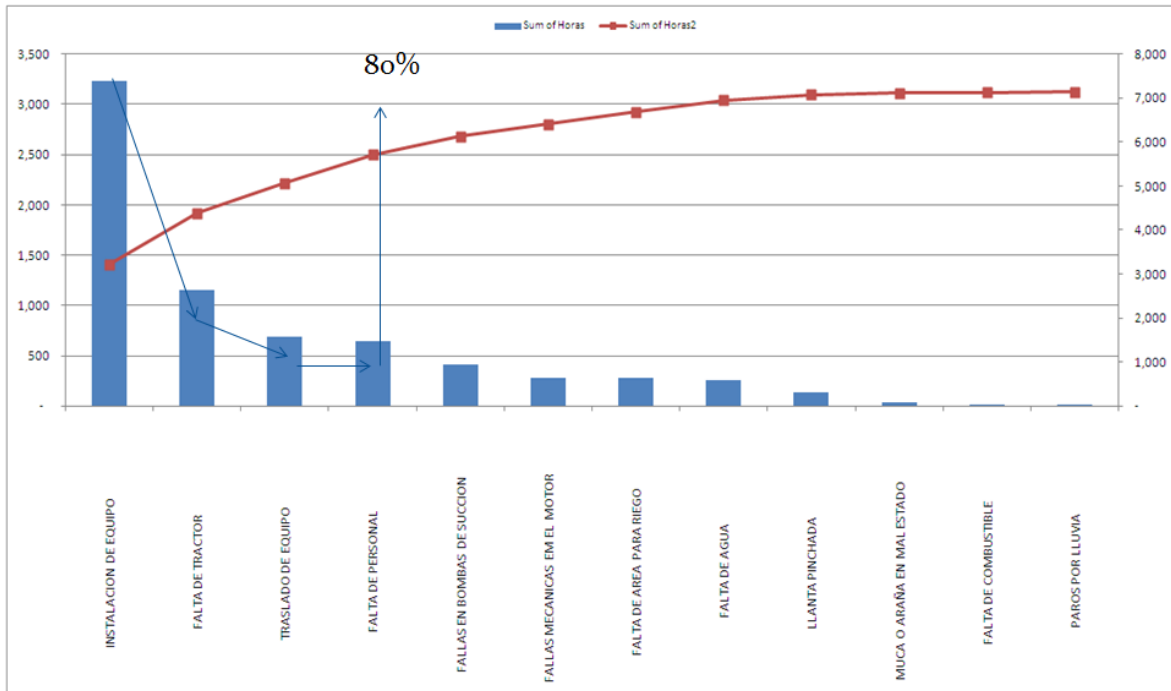


Figura 17. Análisis del tiempo perdido (horas) por el teorema de Pareto en los motores de diesel

2.7 Conclusiones

- La eficiencia en riego de los equipos a GLP en promedio es de 0.326 ha/hora similar a la de los motores diesel que es de 0.328 ha/hora, lo que indica que no existe diferencia significativa en el funcionamiento de los motores.
- Los motores a GLP, tienden a consumir mayor combustible que los motores diesel. Cuando los motores a gas trabajan entre 1,500 y 1,750 rpm el consumo de combustible (GLP) es 30% mayor que el consumo de combustible de los motores diesel.
- El precio del GLP (US\$ 2.88) es 31% más bajo que el precio del diesel (US\$ 3.33), lo que hace que el costo por ha sea similar (entre US\$ 17.00 – 20.00) cuando los equipos trabajan entre 1,500 y ,1700 rpm.
- No es aconsejable tener motores a GLP cuando se trabaja a más de 1,700 rpm ya que los consumos se elevan entre 40 y 60% arriba de los motores de diesel.
- Las variables que influyen en los tiempos perdidos son las mismas al usar Motores de Diesel y GLP como combustible.

2.8 Recomendaciones

- Seguir evaluando la operación de gas y buscar los nichos dentro de la empresa según: puntos de bombeo con baja demanda de energía y zonas rojas con riesgo de pérdidas de combustible por robo.
- Evaluar el impacto ambiental que puedan repercutir en el uso de las dos distintas fuentes de combustible.
- Investigar sobre la perdida de combustible por evaporación de los dos tipos de fuente de combustible.

2.9 Bibliografía:

1. BANGUAT (Banco de Guatemala, GT). 2011. Precios del diesel en Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 19 ago. 2011. Disponible en <http://www.banguat.gob.gt/inc/ver.asp?id=/publica/guatemalaencifras.htm>
2. MEM (Ministerio de Energía y Minas, GT). 2011. Precios de combustibles en la ciudad de Guatemala (en línea). Guatemala. Consultado 14 nov. 2011. Disponible en <http://www.mineco.gob.gt/cbatabs.php>
3. Ministerio de Energía y Minas de la Republica de Colombia, CO. 2011. Conversión de libras de gas a galones (en línea). Colombia. Consultado 14 nov. 2011. Disponible en http://www.aiglp.org/arq/matriz_normativa/colombia/010.pdf
4. Naikontuning, el rincón de los autos. 2011. Comparativa entre motores a gasolina y GLP (Gas Licuado de Petróleo) (en línea). Consultado 19 ago. 2011. Disponible en <http://blogs.deperu.com/naikontuning/comparativa-entre-motores-a-gasolina-y-glp-gas-licuado-de-petr-leo>
5. Petróleos Mexicanos, MX. 2011. Hoja de datos de seguridad de sustancias químicas: gas licuado de petróleo (en línea). México. Consultado 19 ago. 2011. Disponible en http://www.gas.pemex.com/NR/rdonlyres/D3D851A9-FDE6-4F68-8FD1-3CC6E50163E4/0/HojaSeguridadGasLP_v2007.pdf
6. REPSOL (Refinería de Petróleos de Escombreras Oíl, ES). 2011. El GLP para generación (en línea). España. Consultado 19 ago. 2011. Disponible en http://www.repsol.com/es_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/guia_de_los_glps/usos_del_glp/generacion/
7. _____. 2011. Gas licuado de petróleo (en línea). España. Consultado 19 ago. 2011. Disponible en http://www.repsol.com/es_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/guia_de_los_glps/tipos_de_combustibles/gases_licuados/default.aspx
8. _____. 2011. GLP en automoción (auto gas) (en línea). España. 19 ago. 2011. Disponible en http://www.repsol.com/es_es/productos_y_servicios/productos/glp_butano_y_propano/guia_de_los_glps/usos_del_glp/automocion/
9. Sterling Mora, GH. 2011. Diesel(en línea). San Francisco, California, US, Slidshare. Consultado 19 ago. 2011. Disponible en <http://www.slideshare.net/ghsterlingm/diesel-2473621>

2.10 Anexos

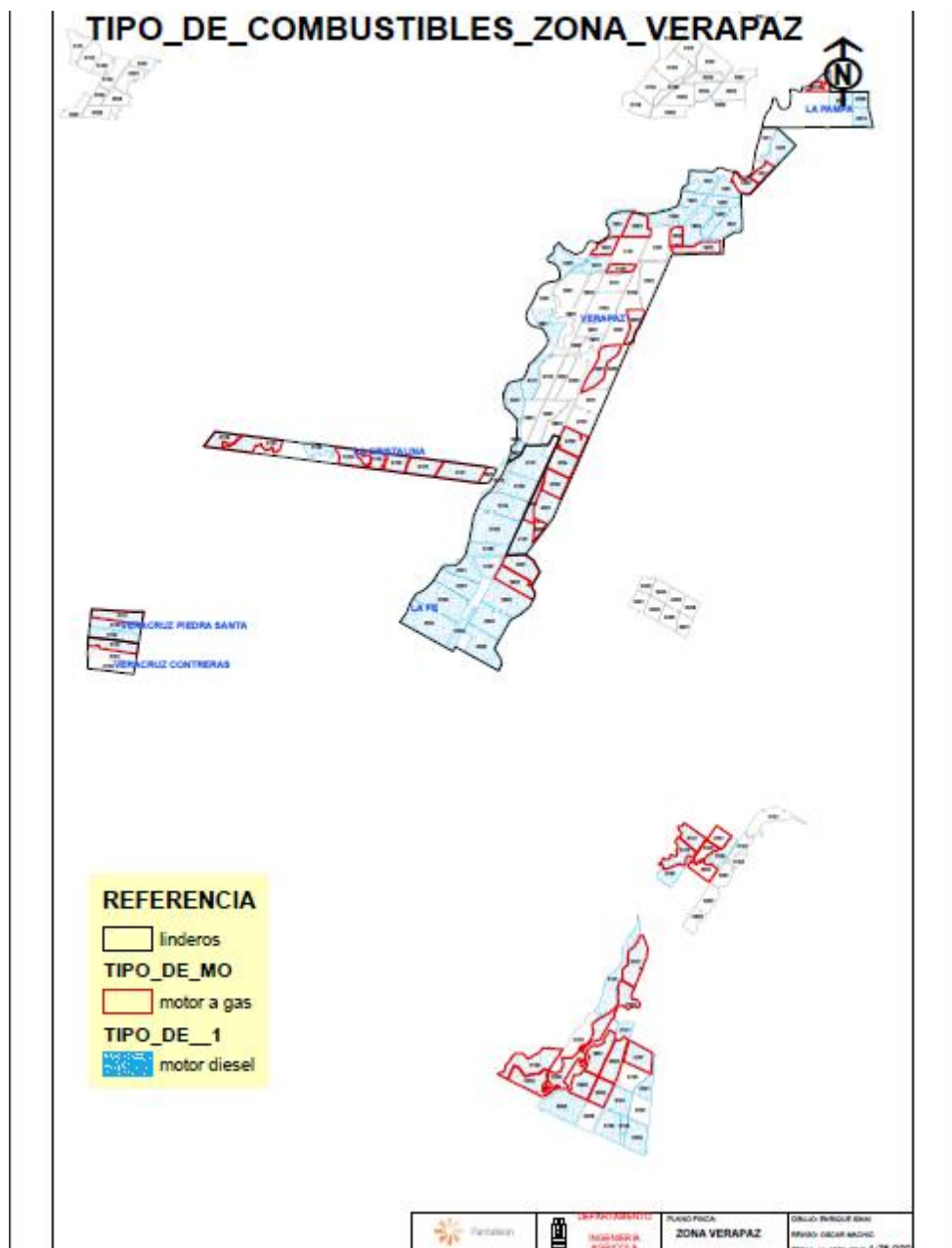


Figura 18. Localización de los motores a gas licuado de petróleo y diesel en la Finca Verapaz.

Fuente: Base de datos de Ingenio Pantaleón S.A.

Boleta

Pantaleon S.A.

Turno Noche y

Fecha 12/01/12

Fecha	OT	Nombre finca	Finca	Lote	Horomet ro de luz	Gaonias de pachad es	Horomet ro inicio cambio	Horomet ro final cambio	Hes regador RPM	PS bomba	No. asperso res	Cod. Obs	Descripción	Horas	Horomet ro al servicio	Fecha del servicio
12/01/12	✓	Mancha	153	007	0000	5.150	00.00	08.30	0.75	1.600	4/37	02	manten	08.		
	✓	✓	✓	✓	✓		08.30	05.00	0.75	1.600	4/38					
	✓	✓	✓	✓	✓		05.00	07.30	0.75	1.600	4/39					
	✓	✓	✓	✓	✓		07.30	10.00	0.75	1.600	4/36					

Encargado de motobomba [Signature] Operador Jesus Falcon

Figura 19. Boleta llena de un turno de 12 horas de noche en donde se llenan las variables



Figura 20. Tanque que contenía gas licuado de petróleo de 1,212 galones



Figura 21. Motor de gas licuado de petróleo en funcionamiento

Capítulo III

Servicios

3.1 Presentación

La corporación Pantaleón en el área de riegos ha tratado de economizar los costos de operación ya que alrededor del 35-40% del el presupuesto agrícola tiene su valor en riego, debido a esto se ha optado por mecanismos de monitoreo y control de gastos en los equipos de riego tanto riego mecanizado como riego aspersión un ejemplo es el seguimiento de tiempo de operación de los equipos y como resultados de estos monitoreo se ha trazando metas por equipo de riego y la cuantificación de tiempo perdido y cuales son su principales.

La transformación de equipos de aspersión de cuatro aspersores a seis aspersores y de seis aspersores a nueve aspersores tiene como fin aumentar la eficiencia y desempeño de los equipos en un área determinada y siempre teniendo las metas trazadas de los otros equipos, siempre llevando los monitoreos de tiempos de operación y de tiempos perdidos para poder determinar si en realidad si se tiene un impacto en la totalidad de área regada y consumo de combustible en comparación de los sistemas convencionales como lo son los de cuatro y seis aspersores.

3.2 Transformación de motobomba para riego por aspersión de equipos de cuatro a seis aspersores y seis a nueve aspersores.

3.3 Definición del Problema

Debido a la expansión constante de la corporación, las áreas de siembra de caña de azúcar son más por lo que es necesario cubrir esas áreas con riego y se ha llegado a tomar medidas para el buen uso del recurso agua ya que es limitante en la época seca de Guatemala; se ha deducido que una manera es reducir el número de motobombas de 232 a 224 en todo Pantaleón y de allí vino la idea de las transformaciones de equipos de aspersión a seis y a nueve aspersores para llegar a la eficiencia requerida de los equipos para cubrir más área con un sola motobomba y el trabajo sea más eficiente

3.3.1 Objetivo del servicio

- Establecer la logística necesaria para llevar a cabo las transformaciones de los equipos de cuatro a seis aspersores y de cuatro y seis a nueve aspersores.
- Darle seguimiento a las motobombas transformadas para velar por su desempeño a lo largo de la Zafra 2011-2012.



3.3.2 Metodología

3.3.2.1 Toma de información

Establecer con qué cantidad de equipos de riego con la que se cuenta y obtención de los inventarios para iniciar el análisis.

El formato de inventario es el siguiente:

Cuadro 14. Hoja de inventario de equipo de riego.

 Pantaleon Pantaleon S.A. Concepcion S.A. Ot motobomba:		Inventario De Equipo De Riego Aspersión Fecha de entrega:		 Pantaleon Pantaleon S.A. Concepcion S.A. Ot motobomba:	
Asignacion de accesorios			Asignacion de aspersores		
Descripcion	Total	Descripcion	Total	Descripcion	Total
Abrazadera para tubo de 5"		Aspersores Komet 140 (Parcial)		Cheque de 8"	
Abrazadera para tubo de 6"		Aspersores Komet 101 (Parcial)		Resorte para mecanismo valvula de cheque	
Abrazaderas de 6" Codo reversible		Aspersores Komet 101 (Sencillo)		Descarga de bomba de 8" con cheque	
Abrazaderas para cuello de ganzo de 8" (Ring lock)		Aspersor Nelson F100 (sencillo)		Descarga de bomba de 6" con cheque	
Abrazaderas pías patas de los aspersores 3"		Aspersor Nelson SR100 (parcial)		Flauta 8" x 6"	
Manómetros 0-100 psi metro y senniger		Aspersor Nelson F150 (sencillo)		Hidrante de 5" X 4" X 5" Wade Rain	
Reductor de 6" x 5"		Aspersor Nelson SR150 (parcial)		Hidrante de 5" X 4" X 5" Ammes Tinsa	
T de Control de dos válvulas 6"		Aspersor Nelson 75		Hidrante de 6" X 4" X 6" Wade Rain	
Aldabas Wade Rain DX				Hidrante de 6" X 4" X 6" Ammes Tinsa	
Acople de gancho para tubería (Equipos Semi-fijos)		Asignacion de tubería			
Aldavas Raesa		Descripcion	Total	Hidrante sencillo ammetinsa de 4"X6"	
Boquillas Komet 0.63"		Tubo de aluminio 5" Wade rain		Hidrante sencillo ammetinsa de 4"X5"	
Boquillas komet 0.87"		Tubo de aluminio 6" Wade rain		Hidrante sencillo wade rain de 4"X6"	
Boquillas Komet 0.94"		Tubo de aluminio 4" Wade rain		Hidrante sencillo wade rain de 4"X5"	
Boquillas Nelson 0.70"		Tubo de aluminio 5" Raesa		Acople hembra para tubo de 5" Wade Rain	
Boquillas nelson 0.85"		Tubo de aluminio 6" Raesa		Acople hembra para tubo de 6" Wade Rain	
Boquillas nelson 0.90"		Tubo de aluminio 5" Komet		Bushing para codo operador de 3/4"	
Topes para aspersor Nelson SR-100		Tubo de aluminio 6" Komet		Campanas para codo operador	
Topes para aspersor Nelson SR-150		Asignacion de empaques			
Elevador plaspesor de 1.80 mt, 3" diametro		Descripcion	Total	Canasta para pichacha de 6"	
Patas para Aspersores de 2.20 mts. De Aluminio		Empaque Wade rain de 4"		Canasta para pichacha de 8"	
Portatubos		Empaque Wade rain de 5"		Gusano sin fin para hidrante de bronce	
Tapon galvanizado de 4" con rosca externa p/motob.		Empaque Wade rain de 6"		Valvula de pie de 6"	
T galvanizada de 4" x 4" x 4" con rosca interna		Empaques ametinsa de 4"		Valvula de pie de 8" tubo	
Codo reversible 45° de 6"		Empaques ametinsa de 5"		Valvula de pie de 8" anaflex	
Codo reversible 90° de 6"		Empaques ametinsa de 6"		Acople Rapido Excentrico de Motobomba de 8"	
Codo reversible 90° de 5"		Empaque raesa de 6"		Bridas 8"	
Codo de succión de 6" de 45°		Empaque raesa de 5"		Bridas de 6" grande	
Codo de succión de 6" de 90°		Empaque Komet de 6"		Bridas de 6" pequeña	
Codo toma 4" x 3" Ammes Tinsa		Empaque Komet de 5"		Codos de Succión 8" de 45°	
Codo toma 4" x 3" Wade Rain		Empaque Chamsa de 6"		Codos de succion 8" de 90°	
Codo de succión de 8" de 90°		Empaque raesa de 6" para cuello de ganzo		Entrada de motobomba de 6"	
Codo de succión de 8" de 45°		Empaque Wade rain de 8" para cuello de ganzo		Entrada para codo de succion de 8"	
		Empaque para succion de 6"		Manguera Alaflex de 8"	
		Empaque para succion de 8"		Tubo de Succion de 6"	
				Tubo de Succion de 8"	
				Tapon final 5"	
				Tapon final 6"	
				Tubo de 5" wade rain	
				Tubo de 6" wade rain	
				Llave de linea de 6"	
				Cruz de 6"	
				Cheque de 4" en linea de 6"	

Fuente: Hoja de inventario utilizada para la labor de riegos.

3.3.2.2 Análisis de la información

En el análisis de la información se busco los lugares donde se va establecer estos equipos de riego tanto de seis y de nueve aspersores.

3.3.2.3 Calculo de cantidad de repuesto.

Aquí es donde se analizó la cantidad de repuestos que se requerían para que la transformación se realizara partiendo de la toma de información ya que allí se obtuvo los inventarios de cada equipo que se va a transformar.

3.3.2.4 Análisis de tiempos de operación y tiempos perdidos.

Este análisis se realizara para la verificación de trabajo realizado por estos equipos en las temporadas de zafra 2011-2012 equipos ya transformados en comparación con la temporada de zafra 2010-2011 equipos no transformados.

Se realizaron análisis de la cantidad de combustible que se usa para regar una hectárea de cultivo de caña y en cuantas horas se realiza el gasto de un galón de este. Por esta razón se están tomando en cuenta las hectáreas regadas y las horas de riego, porque se calcularon los parámetros de galones diesel/hectárea, galones diesel/hora

3.3.3 Resultados y discusión

3.3.3.1 Logística para la transformación de los equipos de riego de cuatro aspersores a seis aspersores y de seis aspersores a nueve aspersores.

La corporación Pantaleón en el riego aspersión motobombas cañón se encontraba en la zafra 2010-2011 de la siguiente manera:

Cuadro 15. Situación de riego aspersión motobombas cañón temporada 2010-2011.

Situación Actual						
Zona	Equipos 4 asp	Equipos 6 asp	Equipos 9 asp	Equipos Minis	Total Motobombas	Cantidad de Aspersores
1	0	28	0	0	28	168.00
2	13	17	0	1	31	154.00
3	15	1	0	2	18	66.00
4	5	0	0	0	5	20.00
5	19	2	0	2	23	88.00
6	0	21	0	0	21	126.00
7	0	28	1	0	29	177.00
8	0	20	0	2	22	120.00
9	6	5	0	3	14	54.00
10	16	5	0	0	21	94.00
11	9	11	0	0	20	102.00
	83	138	1	10	232	1,169.00

En la corporación contaba con un total de 232 motobombas distribuidas en 11 zonas productivas en toda la zona cañera de Guatemala y como muestra el cuadro 15, se tenía un total de 83 motobombas que trabajan con cuatro aspersores y lo que se hizo es que el número de motobombas disminuya pero se mantenga el número de aspersores para no disminuir el área regada en la corporación.

Al disminuir la cantidad de equipos de cuatro aspersores se aumentara la cantidad de equipos de seis pero se evaluó la posibilidad de regar con nueve aspersores y es por eso que se transformaron dos equipos más a nueve por lo que se conto con 3 equipos de nueve aspersores para la zafra 2011-2012.

En la propuesta que se entregó a gerencia (cuadro 16) se tenía contemplado disminuir 8 motobombas y pasar de 83 a 63 equipos de cuatro aspersores y de 138 a 148 equipos de seis aspersores y solo con un déficit de 2 aspersores que se disminuyeron y así no se tenga un impacto en las horas de riego y hectáreas regadas.

Cuadro 16. Propuesta para la disminución de equipos de riego aspersión motobomba cañón para la temporada 2010-2011.

Propuesta								
Zona	Equipo	Equipos	Equipos	Equipos	Total		Cantidad Aspersores	Diferencia
	4 asp	6 asp	9 asp	Minis	Motobombas			
1	0	28	0	0	28	NO	168.00	-
2	9	18	1	1	29	2	153.00	(1.00)
3	8	6	0	2	16	2	68.00	2.00
4	5	0	0	0	5	NO	20.00	-
5	13	6	0	2	21	2	88.00	-
6	0	21	0	0	21	NO	126.00	-
7	0	28	1	0	29	NO	177.00	-
8	0	18	1	2	21	1	117.00	(3.00)
9	6	5	0	3	14	NO	54.00	-
10	13	7	0	0	20	1	94.00	-
11	9	11	0	0	20	NO	102.00	-
	63	148	3	10	224		1,167.00	(2.00)
DIFERENCIA								
	-20	10	2	0	-8			

Seguimiento de operación de los equipos transformados de cuatro a seis aspersores y de seis a nueve aspersores.

Al disminuir motobombas se pretendía que los accesorios que se dejaron de utilizar con esas motobombas usaran para que ciertas motobombas sufrieran ciertas modificaciones para aumentar aspersores y que su eficiencia en hectáreas por hora aumentara y como se puede observar en cuadro 17 que en la mayoría de los casos aumento 0.1 ha/hora a 0.8 ha/hora.

Cuadro 17. Comparativo por equipo de riego de dos Zafras (2010-2011 y 2011-2012) de eficiencias.

Equipo modificado	# de aspersores	Suma de Horas		Suma de ha regadas		horas/día		ha/hora	
		2010	2011	2010	2011	2010	2011	2010	2011
GB6	4-6	1,167.00	1,879.00	357.80	688.06	20.12	17.39	0.31	0.37
N88	6-9	1,648.00	2,256.00	397.14	927.91	18.52	18.55	0.24	0.41
7DT	4-6	2,285.00	1,282.00	633.06	401.00	20.76	15.11	0.28	0.31
N24	4-6	2,110.00	1,147.00	564.30	382.91	19.76	17.29	0.27	0.33
N17	4-6	2,371.00	1,128.00	548.11	396.68	17.96	17.38	0.23	0.35
N21	4-6	2,708.00	773.00	607.04	221.76	20.17	19.00	0.22	0.29
N16	4-6	2,466.00	1,034.00	871.18	373.29	20.72	16.90	0.35	0.36
NP2	6-9	1,842.00	2,246.00	478.39	860.35	18.32	16.79	0.26	0.38
NP4	4-6	2,024.00	1,776.00	497.35	531.85	22.00	20.91	0.25	0.30
NS2	4-6	2,142.00	1,741.00	516.15	566.22	18.79	21.23	0.24	0.33
NN3	6-9	1,863.00	1,911.00	643.75	635.11	16.66	17.77	0.35	0.33

Eficiencia en ha/día de los equipos modificados y de los equipos que trabajaron convencionales el cual se puede observar como los modificados tienen eficiencias de hasta 6.81 ha/día en comparación con los de cuatro que en promedio están en 4.90 ha/día y con los equipos que se modificaron de seis en comparación con los tradicionales de seis se tiene una diferencia de 0.01 ha/día.

Cuadro 18. Comparativo entre cuatro, seis y nueve aspersores hectárea por hora y horas trabajadas por día

Temporada 2011-2012		Tradicion al 4 ha/hora	Ha/dia	Tradicion 6 ha/hora	Ha/dia	Modificado 6 ha/hora	Ha/dia	Modificado 9 ha/ hora	Ha/dia
Aspersores/ zona									
Total		0.27	4.90	0.33	6.05	0.32	5.84	0.40	6.81

3.3.3.2 Tiempo perdido

El tiempo perdido se analizo con el teorema de paretto el cual nos indica que el 20% de las variables está inmerso el 80% de las horas en este caso el tiempo perdido

Entre los tiempos perdidos que mayor trascendencia se tiene son la instalación de equipos, traslados de equipos, fallas mecánicas del motor y paros por lluvia estos tiempos por general en la mayoría de los casos son los que tienen las motobombas.

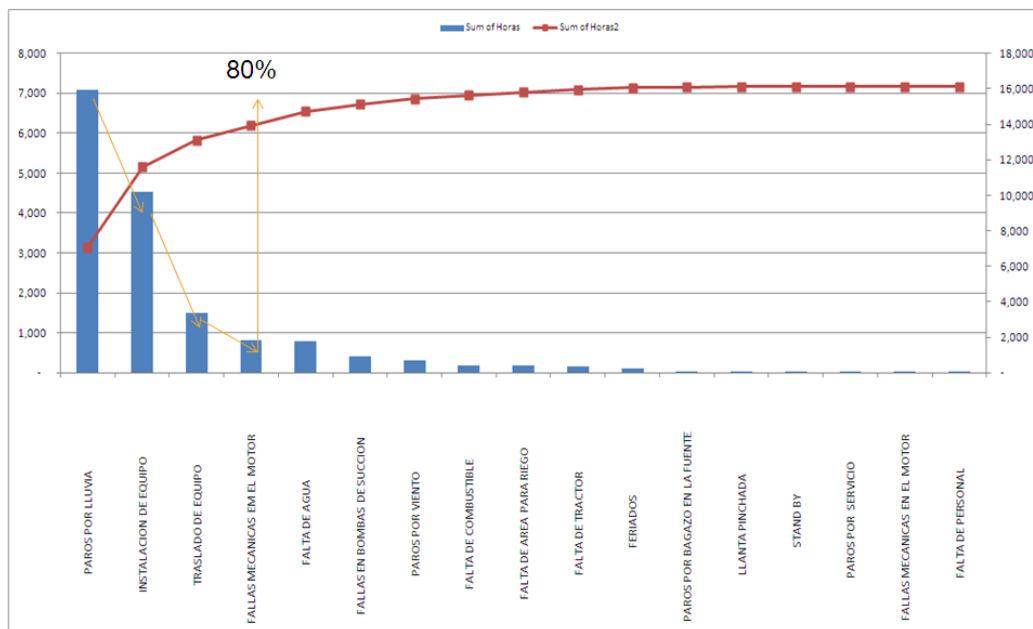


Figura 22. Tiempos perdidos 80-20 teorema de Pareto

3.4 Conclusiones

- Para implantar la logística fue necesario obtener los inventarios completos de todos los equipos, establecer con que accesorios se contaba y así se busco una propuesta de disminución de los equipos de 232 a 224 motobombas; al final solo se dejaron de utilizar de los 1,169 aspersores solo 2 aspersores de la totalidad que estaba funcionando en la zafra 2010-2011 cuando se hizo la propuesta a gerencia y con la cual se trabajo en la temporada de zafra 2011-2012.
- Al final de la zafra 2011-2012 se pudo observar un incremento de 4.90 ha/día a 5.90 ha/día en los equipos que se modificaron de cuatro a seis aspersores lo que nos indica que se rego 1 hectárea mas por día por equipo. Y en comparando los equipos de seis a nueve aspersores estuvo entre 5.90 ha/día de seis contra 6.81 ha/día lo cual nos indicar que hubo un incremento de 0.90 hectárea mas por día por equipo.

3.5 Monitoreo de riego aspersión motobomba para la evaluación de tiempos perdidos y eficiencias de operación en la corporación Pantaleón.

3.5.1 Definición del Problema

En la corporación Pantaleón se ha venido monitoreando el desempeño del riego por aspersión en los últimos años esto para establecer cuáles son las principales causas del tiempo perdido. El riego causa un alto impacto en los costos indirectos del ingenio porque casi un 40% del presupuesto agrícola se utiliza en esta actividad. El monitoreo consiste en comparar lo hecho semana a semana de la zafra 2010-2011 entre la zafra 2011-2012 y se llevara a cabo con el seguimiento de hectáreas regadas, horas trabajadas e indicadores como lo son ha/hora, horas/día y el porcentaje de tiempo perdido y se hará de manera que se busquen donde están los puntos donde se pueda dar mejora en el riego.

3.5.2 Objetivo del servicio

Darle seguimiento al riego por aspersión semanalmente para ver su desempeño en la zafra 2011-2012 y así presentar resultados finales la actividad del riego aspersión motobomba.

3.5.3 Metodología

3.5.3.1 Análisis de la información

La información recolectada fue analizada con el fin de conocer los factores que fueron registrados y sistematizados.

3.5.3.2 Recolección de la información

El instrumento utilizado para la obtención de datos fueron hojas de registro para los distintos tipos de motobombas cada hoja de registro fue proveída a los distintos encargados de motobombas.

3.5.3.3 Eficiencias

Lo que a eficiencia se refiere, se utilizó el tiempo de operación de las motobombas ese tiempo tiene dos denominaciones tiempo neto de operación, este contempla las horas de trabajo de motobomba, por otro lado está el tiempo perdido, esto es cuando la motobomba está apagada y si contabiliza las horas, para saber en cuánto fue la distribución de las mismas y saber cuáles son las razones de los tiempos perdidos.

3.5.3.4 Comparación de horas perdidas

Para determinar la razón de horas perdidas la comparación de eficiencia de operación de los motores diesel y los motores GLP se tiene dos descripciones de operaciones; operación neta y tiempo perdido para los cuales se tienen las siguientes variables:

- Paros por lluvia.
- Paros por viento.
- Reparación mecánica.

- Traslado de equipo.
- Fallas en bomba de succión.
- Fallas mecánicas en el motor.
- Falta de agua.
- Falta de área para regar.
- Falta de combustible.
- Falta de tractor.
- Instalación de equipo.
- Llanta pinchada.
- Araña o muca en mal estado.
- Paros por servicio.

3.5.4 Resultados y discusión

Resultados finales al terminar la zafra 2011-2012 del riego por aspersión

Como se puede observar en la cuadro 20 Se tienen diferentes categorías de motobombas dentro de la corporación y estas varían debido al contrato que tenga cada una de las motobombas y su tubería.

Como podemos observar en la tabla 20 como va variando la cantidad de equipos de la zafra 2010-2011 que es de 237 a la zafra 2011-2012 que es de 224 hay una diferencia de 13 motobombas.

Si comparamos las horas de la zafra 2010-2011 contra la zafra 2011-2012 podemos encontrar una diferencia de 23,300 horas y un aproximado de 2,000 hectáreas a favor de la zafra 2011-2012 solo con esto se puede determinar que los equipos de esa zafra trabajaron más horas y hectáreas con menos motobombas que la zafra 2010-2012.

Cuadro 19. Categorías de motobombas en Corporación Pantaleón S.A.

		Cantidad equ		Horas		Hectareas	
		10-11	11-12	10-11	11-12	10-11	11-12
Motor propio, tubería propia	ME02	78	61	137,082.00	92,745.50	1,757.46	1,520.42
Motor rentado, tubería propia	MT01	81	85	111,647.00	158,851.00	1,378.36	1,868.84
Motor rentado, tubería rentada	MT03	78	78	127,228.00	147,661.01	1,631.13	1,893.09
Total		237	224	375,957.00	399,257.51	1,586.32	1,782.40

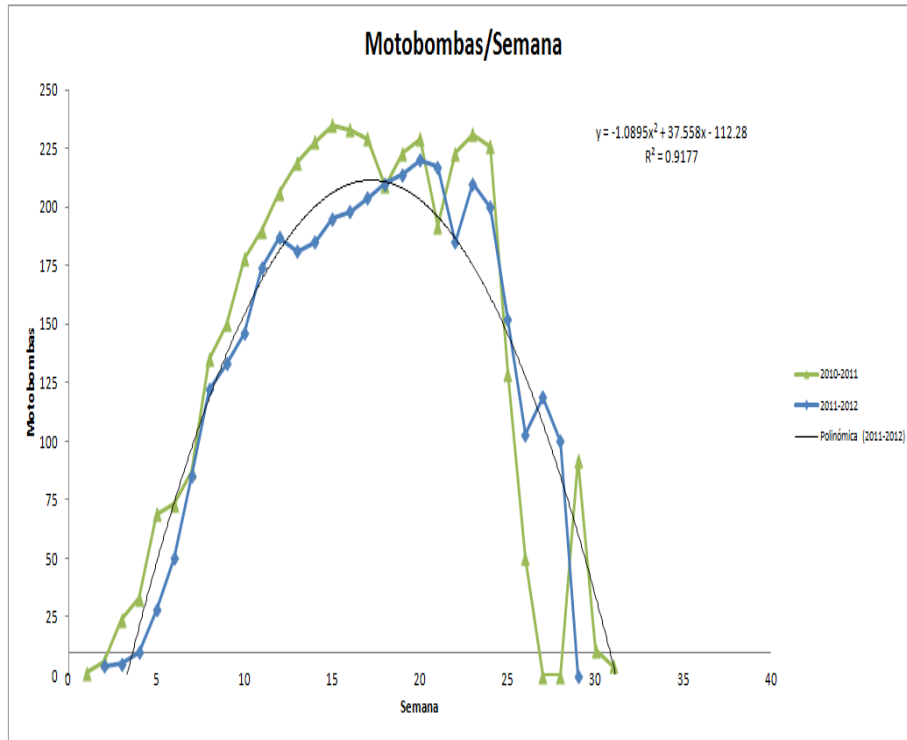


Figura 23. Tendencia de la salida de las motobombas por semana en las Zafra 2010-2011y 2011-2012

La línea de tendencia está enfocada a la Zafra 2011-2012 como podemos observar en la figura 23 y así por medio de la ecuación cuadrática se determina el número aproximado de equipos que salieron a trabajar en determinado número de semana con un coeficiente R^2 de 0.917 que nos indica que tan apegada a la realidad está la ecuación cuadrática de tendencia.

3.5.5 Tiempo operado y ha regadas

La comparación se realizó en las zafras 2010-2011 y 2011-2012 de las horas trabajadas y hectáreas regadas por equipo y como se observó en el cuadro 20 (de cantidad de equipos) se tiene una diferencia de 13 equipos entre la zafra 2010-2011 y 2011-2012.

Como se evidencia en la figura 24 en la zafra 2010-2011 con 224 equipos se trabajaron 1,782 horas promedio y la meta trazada era de 1,800 horas promedio por equipo no se llegó a la meta pero hubo un incremento en horas promedio en comparación con la zafra 2010-2011 que era de 1,112 horas promedio por equipo.

Por otro lado uno de los indicadores de eficiencia en la corporación Pantaleón es el de ha/horas el cual se observa figura 24 que se riega 0.5 ha/hora más en comparación de las zafras 2010-2011 y la 2011-2012.

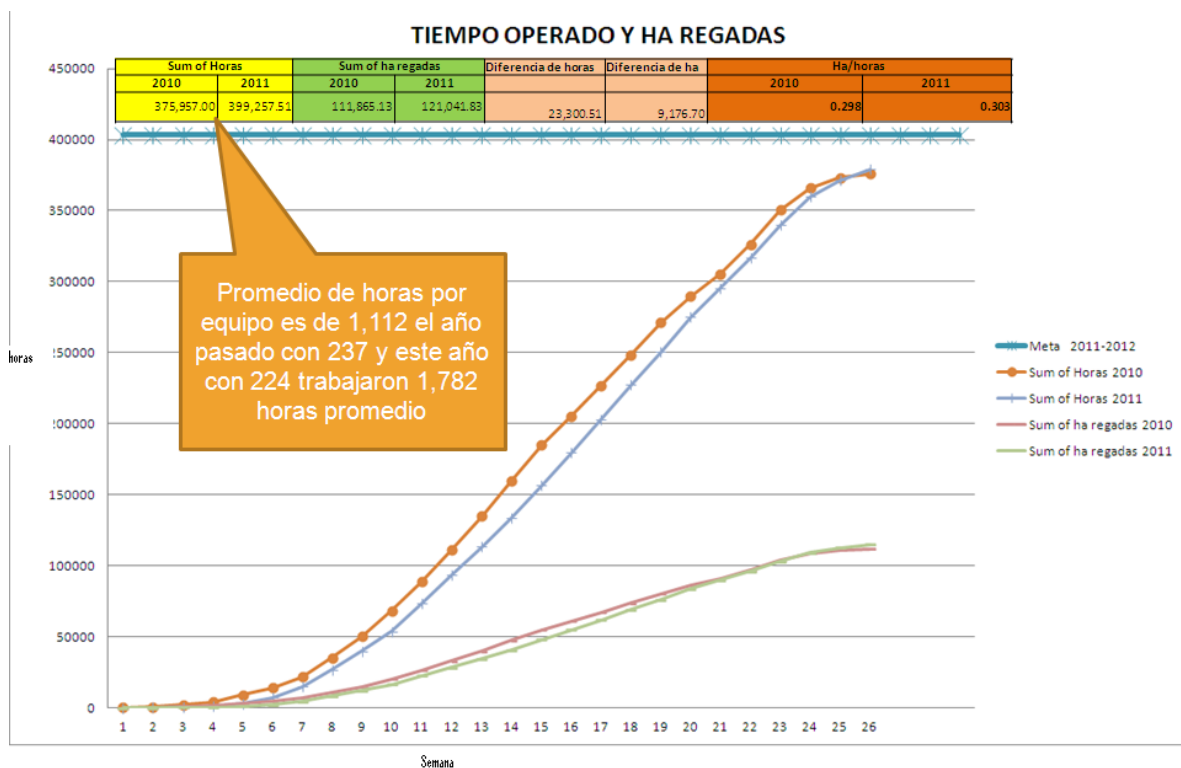


Figura 24. Horas, hectáreas regadas y eficiencia en ha/hora de las motobombas por semana en las Zafra 2010-2011 y 2011-2012

3.5.6 Tiempo perdido

Como se puede observar en la figura 25 al instalación de equipos es la que más tiempo perdido (alrededor de 80,000 horas), otra de las que influye es la traslado de equipo que va en segundo lugar y las fallas mecánicas del motor lo que indica que si se hace un análisis detallado de estas tres variables se disminuirá la cantidad de horas perdidas en la corporación Pantaleón.

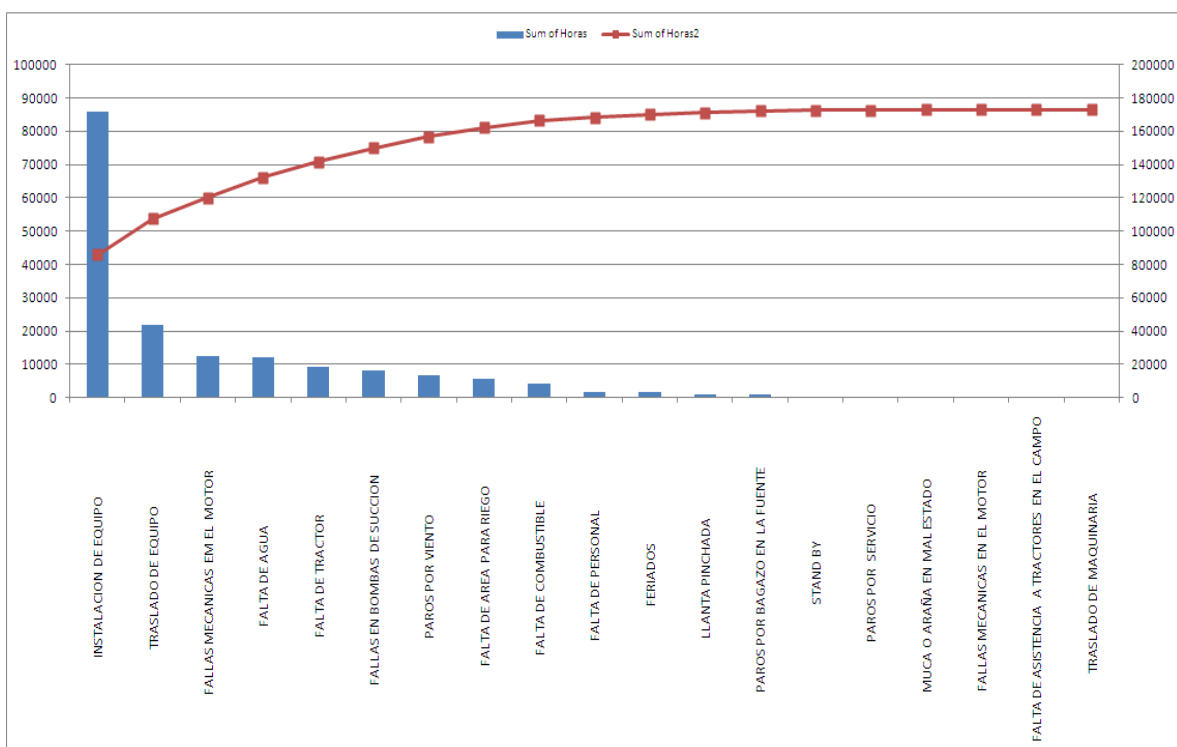


Figura 25. Teorema de Pareto 80-20 de tiempo perdido de las motobombas en la Zafra 2011-2012

3.5.7 Operación semanal

La operación se analizó semanalmente como se puede ver en el cuadro 20 la semana uno es la semana de inicio de Zafra 2011-2012 y así sucesivamente hasta llegar a la semana veintiocho la cual es la finalización del riego mas no la finalización de la Zafra 2011-2012.

Cuadro 20. Análisis de operación de las motobombas semanalmente en la Zafra 2011-2012.

Semana	Hrs. Operadas	Hrs. Perdidas	Sumatoria horas operadas y perdidas	Tiempo perdido	Hrs/día	No. Motobombas	Ha. Regadas	Hrs./Ha
1	-	-	-	-			-	0
2	126.00	96	222.00	43.24%	15.51	4	62.87	2.00
3	533.00	301	834.00	36.09%	16.35	5	211.71	2.73
4	1,176.00	648	1,824.00	35.53%	17.72	10	401.58	3.39
5	3,042.00	1,626	4,668.00	34.83%	16.08	28	976.12	3.25
6	7,395.00	3,594	10,989.00	32.71%	17.20	50	2,264.26	3.38
7	15,227.00	7,143	22,370.00	31.93%	16.82	85	4,589.14	3.34
8	27,119.00	12,767	39,886.00	32.01%	16.66	122	8,295.99	3.24
9	40,361.00	19,265	59,626.00	32.31%	16.13	133	12,460.23	3.18
10	54,810.00	26,901	81,711.00	32.92%	15.74	146	16,943.65	3.22
11	71,913.50	33,753	105,666.50	31.94%	17.22	174	21,963.77	3.30
12	91,537.50	42,839	134,376.00	31.88%	16.49	187	27,888.99	3.32
13	111,511.50	52,189	163,700.00	31.88%	16.27	181	33,956.73	3.36
14	131,596.50	61,799	193,395.00	31.95%	16.32	185	40,081.32	3.28
15	162,300.50	74,289	236,589.50	31.40%	17.12	195	49,698.77	3.30
16	187,296.50	84,902	272,198.50	31.19%	16.40	198	57,447.45	3.22
17	201,156.00	94,937	296,092.50	32.06%	18.03	204	61,334.83	3.33
18	225,619.00	99,564	325,182.50	30.62%	18.24	210	68,662.36	3.34
19	248,462.00	111,792	360,253.50	31.03%	18.17	214	75,394.75	3.42
20	273,009.50	122,877	395,886.50	31.04%	17.87	220	82,867.50	3.36
21	293,656.00	136,083	429,738.50	31.67%	17.58	217	89,095.19	3.30
22	313,935.00	147,304	461,238.50	31.94%	15.47	185	94,884.71	2.76
23	343,548.00	157,335	500,882.50	31.41%	17.09	210	104,605.05	3.27
24	363,068.51	170,238	533,306.51	31.92%	17.14	200	110,055.72	3.31
25	375,922.51	171,338	547,260.51	31.31%	14.59	152	114,023.71	2.74
26	382,161.51	193,731	575,892.51	33.64%	14.62	103	115,798.73	3.21
28	399,257.51	228,562	627,819.51	36.41%	16.84	119	121,041.83	3.20

3.6 Conclusiones

- Al darle seguimiento al riego aspersión motobomba se observó que al trazarse la meta de 1,800 horas promedio por equipo trabajado no se logró pero se notó una mejoría en el desempeño de los equipos de aumentar 1,112 horas promedio por equipo en la Zafra 2010-2011 a 1,782 horas promedio por equipo en la Zafra 2011-2012