



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO
DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA (CAÑA) EN UN INGENIO AZUCARERO**

Juan Luis Miguel Roldán Oliva

Asesorado por el Msc. Ing. Carlos Rodolfo Ruíz Rivera

Guatemala, febrero de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE
POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO
DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA (CAÑA) EN UN INGENIO AZUCARERO**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JUAN LUIS MIGUEL ROLDÁN OLIVA
ASESORADO POR EL MSC. ING. CARLOS RODOLFO RUÍZ RIVERA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE
INGENIERO MECANICO INDUSTRIAL

GUATEMALA, FEBRERO DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

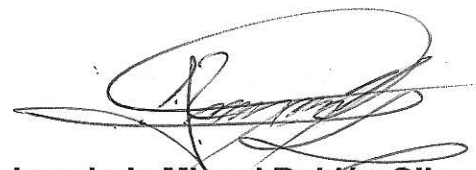
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Edwin Giovanni Tobar Guzmán
EXAMINADOR	Ing. Fredy Mauricio Monroy Peralta
EXAMINADORA	Inga. Gladys Lorraine Carles Zamarripa
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA (CAÑA) EN UN INGENIO AZUCARERO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha enero de 2013.



Juan Luis Miguel Roldán Oliva

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Escuela de Estudios de Postgrado
Facultad de Ingeniería
Teléfono 2418-9142

AGS-MGIPP-0013-2013

Guatemala, 23 de enero de 2013.

Director:
César Ernesto Urquizú Rodas
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Presente.

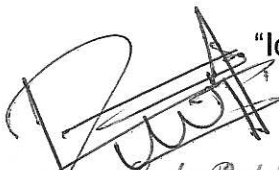
Estimado Director:

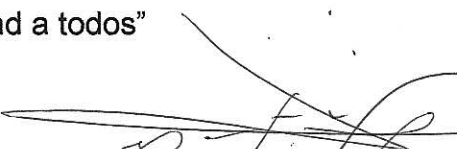
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Juan Luis Miguel Roldán Oliva** con carné número **2006-11457**, quien opto la modalidad del **“PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO”**.

Y si habiendo cumplido y aprobado con los requisitos establecidos en el normativo de este Proceso de Graduación en el Punto 6.2, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el Punto Decimo, Inciso 10.2, del Acta 28-2011 de fecha 19 de septiembre de 2011, firmo y sello la presente para el trámite correspondiente de graduación de Pregrado.

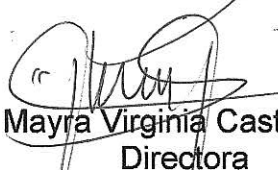
Sin otro particular, atentamente,

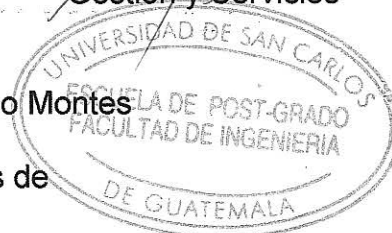
“Id y enseñad a todos”


Msc. Ing. Carlos Rodolfo Ruiz Rivera
Asesor (a)
INGENIERO INDUSTRIAL
Col. No. 7438


Msc. Ing. Cesar Augusto Akú Castillo
Coordinador de Área
Gestión y Servicios

Cesar Akú Castillo MSc.
INGENIERO INDUSTRIAL
COLEGIADO No. 4,073


Dra. Mayra Virginia Castillo Montes
Directora
Escuela de Estudios de
Postgrado




Cc: archivo
/la



REF.DIR.EMI.050.013

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA (CAÑA) EN UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario **Juan Luis Miguel Roldán Oliva**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquiza Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, febrero de 2013.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

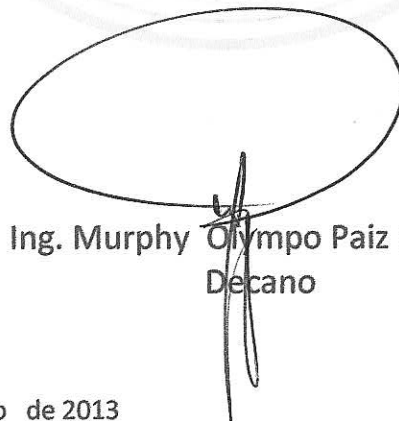


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 126.2013

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA UTILIZACIÓN DE UN SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL GPS PARA LA OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO LOGÍSTICO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA (CAÑA) EN UN INGENIO AZUCARERO**, presentado por el estudiante universitario: **Juan Luis Miguel Roldán Oliva**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 25 de febrero de 2013

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por sus bendiciones y bondad en cada día de nuestras vidas.
- Mis padres** Juan Eliseo Roldán y Elvia Oliva, por su infinito amor y comprensión en todo momento de mi vida.
- Mis abuelas** Margarita Estrada y Rosa Martínez por su apoyo y amor incesable.
- Mis hermanos** Mauricio y Beita Roldán Oliva por ser unos grandes amigos y fuente de inspiración para alcanzar mis metas.
- Mis tíos** Violeta, Julio y Armando Roldán Martínez, Efraín y Aracely Oliva por sus consejos y conocimiento compartido.
- Mis primos** Luis, Gustavo, César, Tech, José Luis, Maite, David Roldán, Adriana y Angelita Valle, Mario Hernández, Pedro Oliva por su amistad y comprensión en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

- Mis amigos** Dubyn Lima, Mai Kou Choi, Marlon Ramos, Juan Rodríguez, América Maldonado, Celso Gordillo y Marlos del Cid por su amistad a lo largo de todos estos años.
- Carlos Rodolfo Ruiz** Por su dedicación y apoyo en la realización de mi estudio.
- Carlos Oliva** Por sus enseñanzas y confianza en todo momento.
- Carlos Martínez** Por compartir sus conocimientos y experiencias profesionales.
- Supervisores de transporte** Por apoyo en la realización de mi estudio.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANTECEDENTES.....	3
3. OBJETIVOS	5
4. JUSTIFICACIÓN.....	7
5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	9
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	23
8. CONTENIDO	25
9. MÉTODOS Y TÉCNICAS	27
10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	29

11.	RECURSOS.....	31
12.	BIBLIOGRAFÍA	33

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Cronograma de actividades 29

TABLAS

- I. Recursos no financieros 31
II. Recursos financieros 31

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
km	Kilómetros
%	Por ciento

GLOSARIO

Alce	Procedimiento de carga de vagones en los frentes de cosecha.
CAT	Corte, alce y transporte.
CATE	Corte, alce, transporte y entrega de caña.
Ciclo de transporte	Tiempo de ida y retorno a un frente de cosecha.
Corte manual	Proceso de corte de caña de azúcar manual realizado por personal.
Corte mecanizado	Proceso de corte de caña de azúcar realizado por maquinaria especializada.
CS	Cadena de suministro.
<i>Dollys</i>	Equipo utilizado para entrelazar dos o más carretas.
Frene de cosecha	Unidad de abastecimiento de caña de azúcar.
<i>Inputs</i>	Datos de entradas a un sistema.

GPS	Sistema de posicionamiento global.
GPRS	Servicio general de paquetes vía radio.
Ingenio	Planta procesadora de caña de azúcar
<i>Outpus</i>	Datos de salida de un sistema.
<i>Stock</i>	Inventario.
Tracto mula	Camión con capacidad de arrastre de más de 40 toneladas métricas.
Vagones	Unidad diseñada para el transporte de caña de azúcar.
Zafra	Período de cosecha de la caña de azúcar.

RESUMEN

La cosecha de caña de azúcar, y producción de azúcar cada día, cobra mayor importancia dentro de la economía nacional, esto ha llevado a los ingenios azucareros a expandir sus cultivos y operaciones a lo largo de la costa sur, tal implicación conlleva a elevar la dificultad de la logística de abastecimiento de materia prima, desde los campos de cosecha hasta el ingenio.

El incrementar las distancias de operación de los frentes de cosecha, conlleva al incremento de los tiempos de ciclo de transporte, desde el ingenio hasta los frentes y su respectivo retorno, y la variabilidad de llega al ingenio aumenta, aumentando la incertidumbre del cumplimiento de la cuota de abastecimiento horaria establecida.

La utilización de un sistema de posicionamiento global, puede generar información precisa y exacta de los ciclos del transporte de caña, capaz de alimentar el sistema de control de tráfico y obtener información para análisis y toma de decisiones para no comprometer la producción por problemas no previstos en el abastecimiento de materia prima.

Además los sistemas de posicionamiento global contribuyen con la trazabilidad y monitoreo de otras variables en las unidades de transporte de caña de azúcar.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación, pretende evaluar si el uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS), en la operación de transporte de caña de azúcar en la cosecha de caña de azúcar y abastecimiento de materia prima a un ingenio azucarero, contribuye con mejorar la productividad del mismo, mediante la generación de información en el momento oportuno y de calidad, sobre el cumplimiento de ciclos del transporte y medición de otras variables de interés.

Para lo que se plantean el siguiente objetivo general: utilizar un sistema de posicionamiento global para la optimización del proceso logístico de abastecimiento de materia prima (caña) en un ingenio azucarero, con sus objetivos específicos: analizar el cumplimiento de ciclos teóricos de transporte contra ciclos reales de transporte, diseñar estructura operativa para la adaptación de un sistema de posicionamiento global (GPS) en el sistema de torre de control de tráfico y determinar viabilidad económica contra beneficios operativos resultantes.

Generar información confiable y precisa, es importante para optimizar el transporte de caña de azúcar, por lo cual es necesario evaluar si con los avances tecnológicos hasta hoy en día, se puede generar esta información, sin elevar significativamente los costos de operación del proceso.

Esta investigación se realizará en un ingenio azucarero de la costa sur de Guatemala, durante la zafra 2012-2013, realizando pruebas de cobertura de señal de los dispositivos, velocidad de transferencia de datos y calidad de la

misma, además se estructura el diseño para su incorporación al sistema de torre de control para generar outputs que agreguen valor al proceso, finalmente se hará el estudio beneficio-costos y se darán las recomendaciones pertinentes.

La hipótesis de esta investigación sustenta que: la utilización de herramientas GPS para la gestión del transporte de caña de azúcar permitirá optimizar el uso de unidades, para el transporte de caña de azúcar desde los frentes de cosecha hasta el ingenio.

Esta investigación se estructuró en cinco capítulos. En el capítulo uno, se incluyen los orígenes y la evolución hasta la actualidad de la cosecha de caña de azúcar, y sus diferentes modalidades de corte.

En el capítulo número dos, se describe la historia del transporte de caña de azúcar así como sus variables y alternativas utilizadas en la industria mundial.

El capítulo número tres, describe cada uno de los componentes utilizados actualmente en la organización para llevar a cabo el transporte de caña, desde los frentes de cosecha hasta el ingenio.

En el capítulo número cuatro, se describe el sistema de torre de control de tráfico terrestre actualmente utilizado, sus entradas y salidas así como sus criterios de operación.

Finalmente en el capítulo número cinco, se describe el sistema de posicionamiento global y sus aportes al transporte de caña de azúcar.

2. ANTECEDENTES

La asignación de transporte a un frente de cosecha u otro, es la clave de la optimización del mismo y Pascual (2000) plantea que uno de los conceptos más difundidos sobre optimización de recursos es el de Pareto, que establece que una asignación de recursos A es preferida a otra B si y sólo si con la segunda al menos algún individuo mejora o nadie empeora, es decir un óptimo paretiano es una asignación de recursos que no puede modificarse para mejorar la situación de alguien sin empeorar la de otro.

Además, Farrel (1957) llegó a la conclusión de que, debía dividirse el concepto de eficiencia en dos componentes: técnica y asignativa. La eficiencia técnica consiste en alcanzar la máxima producción posible a partir de unos insumos dados y la eficiencia asignativa es elegir, entre las combinaciones de insumos y productos técnicamente eficientes, aquellas que, considerando los precios de los insumos, resulten más baratas. Para el proceso de transporte de caña de azúcar, la eficiencia asignativa depende en gran medida de la información confiable, precisa y en tiempo real sobre los ciclos de transporte, para tomar las decisiones más acertadas.

Para ello, se busca un sistema que brinde información, con estas características y como lo expone Huerta (2005) *Global Positioning System* (GPS) es, hasta ahora, el sistema satelital que brinda mayores y mejores prestaciones, aunque existen otros en operación o en desarrollo, es por ello que se evaluará su aporte a este proceso.

Considerando además que Noguera (2005). Si bien el origen de GPS es de carácter militar, el uso civil ha pasado a ser netamente preponderante, tal es la magnitud y amplitud de las aplicaciones a las que sirve.

Según Del Cid (2010) los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) brindan información de suma importancia para la agroindustria azucarera guatemalteca. Se busca evaluar si estos pueden generar información que genere valor al transporte caña de azúcar.

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

General

Utilizar un sistema de posicionamiento global para la optimización del proceso logístico de abastecimiento de materia prima (caña) en un ingenio azucarero.

Específicos

1. Analizar el cumplimiento de ciclos teóricos de transporte contra ciclos reales de transporte.
2. Evaluar la adaptación de un sistema GPS-GPRS al sistema de torre de control de tráfico terrestre.
3. Determinar viabilidad económica contra beneficios operativos resultantes.

4. JUSTIFICACIÓN

El abastecimiento continuo de materia prima es de suma importancia para un ingenio azucarero, tanto así que los lleva a utilizar índices de holgura de hasta un 15 a 25 por ciento de *stock* de seguridad para evitar el desabastecimiento y sus consecuencias, sin embargo, esta medida de seguridad tiene consecuencias adversas como la pérdida de las propiedades deseadas en la caña al pasar mucho tiempo desde el corte hasta el procesamiento en el ingenio y elevar los costos de operación de la cosecha.

Para una adecuada asignación de transporte a cada frente de cosecha y así suplir la demanda de materia prima del ingenio, la torre de control de tráfico utiliza ciclos teóricos de transporte, los cuales son confirmados vía radio de frecuencia larga e ingresados al sistema para alimentarlo, sin embargo, esta información no es precisa y de calidad, por lo que genera información de salida que no aporta mayor relevancia para la toma de decisiones en la operación diaria.

Ante esta problemática en la captura de la información de entrada al sistema de torre de control, surge la necesidad de evaluar la utilización de otras tecnologías en comunicación, y un sistema de posicionamiento global GPS, GPRS o tecnologías similares, puede proporcionar la información necesaria para generar resultados en tiempo real y confiable.

Analizando la causa raíz del problema y considerando los avances en la tecnología en telecomunicaciones hasta el día de hoy, motiva a investigar sobre como el uso de un Sistema de Posicionamiento Global (GPS-GPRS) en las unidades de transporte de caña aumentarían la productividad del mismo, mediante la generación de información en tiempo real y de calidad.

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La presente investigación plantea un problema sobre la falta de información en tiempo real de calidad y confiable, sobre los cumplimientos de los ciclos de transporte y condiciones de operación de los frentes de cosecha, para la asignación de transporte a los mismos y lograr suplir la demanda de materia prima al ingenio. Las variaciones de condiciones de operación en los frentes de cosecha aumentan o disminuye la capacidad de abastecimiento de materia prima del frente, llevando a la acumulación de transporte o tiempos improductivos por falta de mismo.

El transporte de caña de azúcar desde los frentes de cosecha hasta el ingenio y viceversa es administrado y operado desde una torre de control de tráfico terrestre, considerando tiempos de ciclo teóricos, según la distancia a una velocidad constante, basado en la fórmula de velocidad constante, para validar estos ciclos, las condiciones de operación y tiempos de entrada y salida de las unidades de transporte de los frentes de cosecha, estos son monitoreados constantemente vía radio de frecuencia larga.

Sin embargo, con el crecimiento de frentes de cosecha y aumento de distanciamiento de las fincas a cosechar hasta el ingenio, hace que la comunicación vía radio se congestione o simplemente la información no llegue de manera oportuna, a este problema del equipo de comunicación se agrega que el ingreso de la información al sistema se realiza de forma manual, aumentando la variabilidad en la información por lo que se torna dificultosa la toma de decisiones con información de poca confiabilidad.

En base a la información generada en los frentes y capturada por la torre, el sistema de torre genera indicadores para la asignación de transporte, de una buena o mala asignación depende el abastecimiento continuo a la fábrica.

Estas implicaciones llevan a los siguientes cuestionamientos de investigación.

- ¿La utilización de un sistema de posicionamiento global GPS puede contribuir con la optimización del proceso de transporte de caña de azúcar?
- ¿Los ciclos de transporte pueden ser predichos con mayor precisión utilizando un sistema de posicionamiento global para cumplir el abastecimiento de materia prima de manera continua?
- ¿Puede el sistema de torre de transporte de caña de azúcar actual ser alimentado por un sistema GPS y mostrar información oportuna para la operación de la misma?
- ¿Los beneficios obtenidos de la utilización de un sistema de posicionamiento global ofrecen retribuciones superiores al costo de la inversión en dicha tecnología de información?

El alcance de la presente investigación, es evaluar la funcionalidad de un sistema de posicionamiento global, bajo las condiciones de operación del transporte de caña de azúcar y se limitará a dar las recomendaciones pertinentes al problema.

Las pruebas de campo, recolección de datos y comparación contra método actual se realizará en la zafra 2012-2013, comprendida entre noviembre 2012 a abril 2013 en un ingenio azucarero ubicado en la costa sur del país.

6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El desarrollo de la investigación se basará en la teoría recopilada acerca de la cosecha de caña de azúcar y las diferentes técnicas y aportes realizados en otros ingenios para aumentar la productividad de la flota, dicha teoría se desarrolla a continuación.

- Caña de azúcar

La caña de azúcar (*Saccharum Offcinarum*) es una planta gramínea originaria de nueva Guinea desde donde se fue extendiendo hasta Asia y otros países tropicales y subtropicales. Esta planta consta de dos partes: una subterránea, carente de hojas es perenne, y otra aérea y anual, con hojas que llegan a alcanzar de dos a siete metros de longitud. El color de la planta depende de las variedades y la floración se presenta durante el primer año del cultivo. Los climas apropiados para su explotación son tropicales y en ocasiones los subtropicales; los suelos más indicados los llanos ricos en calcio y próximos al mar.

El tronco de la caña de azúcar está compuesto por una parte sólida llamada fibra y una parte líquida, el jugo, que contiene agua y sacarosa. En ambas partes también se encuentran otras sustancias en cantidades muy pequeñas, las proporciones de los componentes varían de acuerdo con la variedad de la caña, edad, madurez, clima, suelo, método de cultivo abonos, lluvias, riegos, etc. La sacarosa del jugo es cristalizada en el proceso como azúcar la fibra constituye el bagazo una vez molida la caña. Cardona A. (2005).

- Cosecha de la caña de azúcar

En diversos procesos agro industriales se presentan un conjunto de procedimientos que comienzan con la cosecha del producto en el campo y terminan en la industria procesadora. De esta forma funcionan la agroindustria tabacalera, la agroindustria citrícola y la agroindustria azucarera, entre otras.

En el caso de la agroindustria azucarera un proceso fundamental es la cosecha, beneficio y transportación de la caña de azúcar. La caña de azúcar después de cortada y alzada es trasladada, por diferentes medios de transporte, hasta los centros de beneficio, donde se elimina un alto porcentaje de las materias extrañas que la acompañan. Luego se transporta la caña de azúcar ya beneficiada hasta el basculador del central azucarero, donde e inicia el proceso industrial.

De acuerdo con estimaciones realizadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO) el consumo mundial de azúcar alcanzó los 130,8 millones de toneladas en el 2000/2001, sobrepasando en 2,2 millones la cifra alcanzada en 1999/2000, la cual fue de 128,6 millones en toneladas. La reestructuración de la industria, iniciada en el 2002, dejó activas 70 empresas azucareras, menos de la mitad de las entonces existentes, para una capacidad de producción no mayor a cuatro millones de toneladas anuales.

A pesar de la baja producción se reconoce como favorable el aumento de la eficiencia y de la generación de energía para el funcionamiento de la industria, a partir de biomasa de la caña de azúcar. Así mismo, se señala el impacto de la sequía en algunos territorios del país y de la quema excesiva de

campos, método muy utilizado para facilitar el corte, pero que deteriora la materia prima y genera altas pérdidas.

- Toma de decisiones logísticas

La toma de decisiones parte de la descripción de un problema para posteriormente formular alternativas, de las cuales una de ellas resultará seleccionada como solución al mismo. La investigación de operaciones y las técnicas de análisis estadísticos han legado un arsenal de modelos, herramientas y técnicas para la solución de muchos de los problemas de la gestión de las organizaciones, tanto en el nivel estratégico como en el táctico y el operativo.

Como consecuencia de este hecho, en la mayoría de los casos prácticos, los encargados de la toma de decisiones, intentan adaptar modelos y soluciones a los problemas que enfrentan en un proceso que es conducido por la memoria del analista (o encargado de la toma de decisiones) intentando contrastar la situación que enfrenta con anteriores situaciones enfrentadas (Corner et al., 2001). Tal es la naturaleza y contenido de la toma de decisiones en la práctica diaria de muchas organizaciones.

Los sistemas de información de soporte a la toma de decisiones (DSS) han abordado el problema desde la perspectiva de presentar a los analistas, información para el uso de las técnicas de análisis en la búsqueda de la solución a los problemas planteados. Este enfoque presupone que el analista siempre será capaz de llegar a una solución, supuesto que tiene serias implicaciones en el hecho de “forzar” modelos y soluciones previas a problemas “nuevos”.

La asistencia al proceso decisional, por su parte, no presupone que sea siempre posible encontrar un solución al problema planteado, sino que establece las bases para que el analista (con un dominio de conocimientos metodológico) pueda ayudar al decisor (con dominio de conocimientos sobre los problemas que analiza) puedan llegar a un consenso (Tsoukiàs, 2003).

- Estructura de problemas decisionales logísticos

La correcta estructuración de los problemas decisionales es tan importante como encontrar una solución satisfactoria al mismo (Guarino, 1992; Domb et al., 2006). La propuesta que el autor hace en este artículo se basa en este planteamiento. A partir de la definición de los problemas decisionales su asistencia puede entenderse, en el marco de la gestión estratégica de Cadena de Suministro (en lo adelante CS) como un proceso de aprendizaje (Hernández, 2004; Palmero, 2004).

A partir de un estándar común para la descripción de todos los procesos, elementos de procesos, indicadores de desempeño, así como de las relaciones entre ellos (expresado mediante una ontología¹), se propone la creación de una base de conocimientos sobre los problemas decisionales en la gestión estratégica de la CS en la agroindustria azucarera. Esta base de conocimientos permitirá disponer de un dominio de conocimientos relacionados con los problemas que afectan esta industria, en las decisiones a nivel estratégico que adicionada pertinentemente a un sistema automatizado para la asistencia decisional, convertirá a sus usuarios en expertos mediante la combinación de ambos dominios de conocimientos (tanto el práctico como el metodológico).

- Actualidad del transporte agrícola

Arcos C. (2008) las operaciones de transporte de los productos agrícolas en la región, por lo general, se realizan de una manera tradicional, caracterizada por la ausencia de tecnología y de información que permita mejorar las condiciones en que estos se desplazan a lo largo de la geografía nacional, restando competitividad al sector agrícola a nivel nacional e internacional.

Para lograr cumplir con los pedidos y garantizar que las materias primas lleguen en condiciones adecuadas, es necesario programar los tiempos necesarios para la recolección, identificar las zonas de producción y las vías de acceso, diseñar rutas para el transporte de materiales, identificar puntos de encuentro, sistematizar la información para entregar los productos a tiempo, comparar diferentes tipos de transporte, así como la determinación de costos, etc.

El transporte de caña se realiza con trenes, compuestos por un camión que hala jaulas o carretas de diferentes tipos. Cada día, de acuerdo con las distancias y la cantidad de caña a transportar, se asigna una cantidad de unidades a los frentes de cosecha o grupo de máquinas y personal ubicados en el sitio donde se realiza la carga de caña. Después de que la caña llega a la fábrica las jaulas de cada camión son descargados y regresan al campo, donde son cargados nuevamente.

La gestión de la logística de cosecha es un proceso clave que contribuye en la generación de valor económico, tanto para los cultivadores como para los productores de azúcar y alcohol.

En los diferentes países donde se cultiva caña, los costos de la cosecha, incluido el transporte, conforman una gran proporción de los costos totales de producción entre 25 y 35 por ciento del costo total Weekes (2004).

En Colombia el sistema de transporte de caña se ha desarrollado con el objetivo de mejorar su eficiencia a través del rediseño de equipos, el fortalecimiento de los sistemas de programación y el control logístico, junto con la ampliación de la infraestructura vial privada y los diseños de campo. En un ingenio colombiano los costos de transporte son aproximadamente el 34 por ciento del total de los costos variables de la operación de la cosecha, en el cual el combustible es el 35 por ciento, el mantenimiento de equipos el 28 por ciento, los costos de operación el 27 por ciento y las llantas y filtros el 10 por ciento, Ramírez y García (2006).

En Colombia los ingenios, conscientes de la necesidad de disminuir los costos de la cosecha, han venido realizando inversiones en sistemas de información que les permiten programar y asignar los vehículos de transporte de caña de azúcar de manera eficiente a las zonas de cosecha. Sin embargo, este objetivo no se logra plenamente, porque durante la recolección en los campos se puede presentar sobreutilización de los equipos de alce por falta de vehículos, o subutilización por sobreoferta. Todo esto se relaciona con la descoordinación de los procesos de corte, de alce, de transporte y de entrega de caña.

Un factor importante en las actividades de cosecha es la pérdida de tiempo de los equipos de transporte en cola, tanto en las zonas de carga (campo) como en la zona de descarga (fábrica). Actualmente, en la industria azucarera colombiana se estima que alrededor del 60 por ciento del promedio del tiempo que los vehículos de transporte permanecen en la zona de descarga

es tiempo improductivo, mientras que en la zona de carga se estima que este tiempo es del 50 por ciento Amú (2007).

Cuba, Brasil y Australia, entre otros países, han desarrollado modelos de gestión logística para el transporte de caña de azúcar ayudados con herramientas automatizadas y modelos matemáticos que les ha permitido disminuir los costos de cosecha. Estos modelos han sido desarrollados de acuerdo con las condiciones específicas de cada país y del ingenio, lo que dificulta su adopción inmediata en los ingenios de otros países. Por tanto, es esencial desarrollar investigaciones y modelos de trabajo que mejoren la eficiencia del abastecimiento de caña en las condiciones y características propias de la zona azucarera del país, y sobre todo, con una aplicación práctica.

- Evaluación de tiempos y movimientos (ciclo de cosecha)

El transporte de caña es un elemento fundamental en la logística de cosecha ya que es el eslabón que une las actividades realizadas en las suertes en campo por la capacidad de corte, manual y mecanizado, con la capacidad y demanda de molienda por hora y por jornada de la fábrica.

En la actualidad el transporte de caña en Colombia se realiza con tractores y tracto-mulas. La utilización de uno u otro depende de las políticas del ingenio; en la mayoría de los casos el criterio está ligado con la distancia entre el campo de cosecha y el ingenio, es decir, en distancias cortas (menos de 12 kilómetros) se utiliza tractor y en distancias largas (mayor a 12 kilómetros), tracto-mula. Esta distancia se ha venido revaluando y ya algunos ingenios utilizan solo tracto-mulas para el transporte de la caña, independiente de la distancia.

La falta de coordinación con las actividades que se realizan en la suerte (llenado de vagones) y las que se realizan en el patio (descargue de vagones) trae como consecuencia la subutilización de recursos y el desabastecimiento de caña. Por tanto, la medición de las actividades del ciclo de transporte en la cosecha es de suma importancia para el cálculo de recursos necesarios: cosechadoras, corteros, alzadoras, tractores, tracto-mulas y mesas de descargue, entre otros, de tal manera que se optimice su uso y se pueda cumplir con los presupuestados de molienda acordados con calidad y costo competitivos.

El ciclo de transporte de caña de azúcar es el resultado de la suma de cuatro actividades.

$$C_t = T_v + C + T_{ll} + P$$

Donde:

C_t =Es el tiempo total del ciclo de transporte.

T_v =Es el tiempo del equipo de transporte vacío hacia el frente de cosecha.

C =Es el tiempo de carga del equipo en el frente de cosecha.

T_{ll} =Es el tiempo equipo de transporte lleno del frente a la fábrica.

P =Es el tiempo del equipo en el patio de caña del ingenio.

El C_t determina el número de equipos de transporte requeridos según la distancia, el tipo de vehículo utilizado para el transporte (tractor o tracto-mula) y la eficiencia de las operaciones en el cargue y descargue de vagones.

Los estudios realizados entre el 2007 y 2008 por el proyecto Corte, Alce, Transporte y Entrega de caña (CATE), de Cenicaña, muestra que en los tiempos de ciclo de transporte de 3 ingenios con características diferentes,

éstos invierten más del 55 por ciento del tiempo de ciclo en el patio y la carga. De este tiempo más de la mitad en cola (esperando) es decir, aproximadamente el 35 por ciento de tiempo de ciclo los vehículos de transporte están parados.

- Las distancias límites en la logística cañera

H. Menoyo (2007) Se denomina distancia límite a la distancia expresada en kilómetros, a partir de la cual es más económica la utilización de un modo de transporte con respecto a otros. Esta distancia límite se calcula para el sistema de transporte de cargas, sobre las condiciones medias de funcionamiento de cada uno de sus componentes. La distancia límite también puede calcularse para cada producto, sobre la base de condiciones medias de los tráficos y para casos más específicos de un producto dado, como es el de la transportación de caña, en una determinada vinculación y utilizando medios de transporte y trasbordo concretos.

La transportación de caña, desde los campos hasta el ingenio, se realiza tanto por el transporte propio como rentado y en diferentes combinaciones de número de jaulas.

- Sistema de posicionamiento Global GPS

Huerta E. (2005).Un GPS es un sistema mundial de navegación desarrollado por el Departamento de Defensa de los Estados Unidos. Actualmente este sistema consta de 24 satélites artificiales, y sus respectivas estaciones en tierra, proporcionando información para el posicionamiento las 24 horas del día sin importar las condiciones del tiempo.

7. HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

La utilización de herramientas GPS-GPRS para la gestión del transporte de caña de azúcar optimizará el transporte de caña de azúcar, desde los frentes de cosecha hasta el ingenio.

- Variable independiente
 - Asignación de transporte de caña a un frente de cosecha, variable de tipo cualitativa ordinal.

- Variable dependiente
 - Cumplimiento de tiempos de ciclo, variable de tipo cuantitativa discreta.
 - Aumento de horas quema en materia prima (caña) transportada, variable cuantitativa discreta.
 - Abastecimiento continuo a fábrica, variable de tipo cuantitativa discreta.

- Hipótesis nula
 - La no utilización de herramientas GPS para la gestión del transporte de caña de azúcar no optimizará el transporte de caña de azúcar desde los frentes de cosecha hasta el ingenio.

- Hipótesis alternativa
 - Existen otros medios para el control y obtención de información en el transporte de caña de azúcar para su administración.

8. CONTENIDO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN
2. COSECHA DE LA CAÑA DE AZÚCAR
 - 2.1. Orígenes del cultivo de caña de azúcar en Guatemala
 - 2.2. Corte manual
 - 2.3. Alce manual
 - 2.4. Corte y alce mecanizado
3. TRANSPORTE DE CAÑA DE AZÚCAR
 - 3.1. Historia del transporte de caña de azúcar
 - 3.2. Transporte de caña corte manual
 - 3.3. Transporte de caña corte mecanizado
 - 3.4. Alternativas transporte de caña
 - 3.5. Problemáticas en el transporte de caña de azúcar
4. MAQUINARIA Y EQUIPO PARA EL TRANSPORTE
 - 4.1. Cabezales
 - 4.2. Jaulas o carretas
 - 4.3. *Dollys*
 - 4.4. Equipo de aseguramiento de carga

5. SISTEMA DE TORRE DE CONTROL DE TRÁFICO
 - 5.1. *Inputs*
 - 5.2. Algoritmos de operación
 - 5.3. Sistema operativo
 - 5.4. *Outputs*
 - 5.5. Criterios para la toma de decisión
 - 5.6. Problemática de la administración del transporte de caña
 - 5.7. Deficiencias en sistema de torre de control de tráfico

6. SISTEMA DE POSICIONAMIENTO GLOBAL (GPS)
 - 6.1. Metodología a utilizar para la investigación
 - 6.2. Datos generales de GPS
 - 6.3. Determinación de la muestra
 - 6.4. Beneficios de utilización de GPS
 - 6.5. Análisis económico

7. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS
 - 7.1. Aportes de sistema GPS
 - 7.2. Deficiencias
 - 7.3. Análisis de resultados

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

9. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Para la presente investigación, tomando en consideración el planteamiento del problema, el estado del arte del mismo, el alcance de la investigación y la hipótesis, se hace la elección de considerarlo una investigación no experimental, con un enfoque cuantitativo, transeccional o transversal, de tipo descriptivo con la característica de recolección de datos en un único momento debido a que las variables no serán manipuladas para estudiar sus efectos en el proceso.

Se iniciará de manera exploratoria y descriptiva, haciendo un análisis de las investigaciones relacionadas con el tema de diferentes autores, especialidades y enfoques, tomando en consideración la manera en que han abordado los temas relacionados cada uno de ellos.

Luego de haber hecho el planteamiento del tema de investigación, estructurado el marco teórico y haber definido el alcance de la investigación y formulación de la hipótesis, se procederá con las pruebas de instalación y generación de información para la toma de decisiones, se evaluará su desempeño contra el obtenido por el método actualmente utilizado.

Con la información generada y recopilada en las pruebas de campo, se estructurará la información para realizar un análisis estadístico de medidas de tendencia central y variabilidad de la información para verificar su eficiencia y aportes en relación al método actual. Se realizará un análisis económico evaluando la rentabilidad obtenida de utilizar un sistema de posicionamiento global y otros beneficios obtenidos.

- Determinación del tipo de muestra

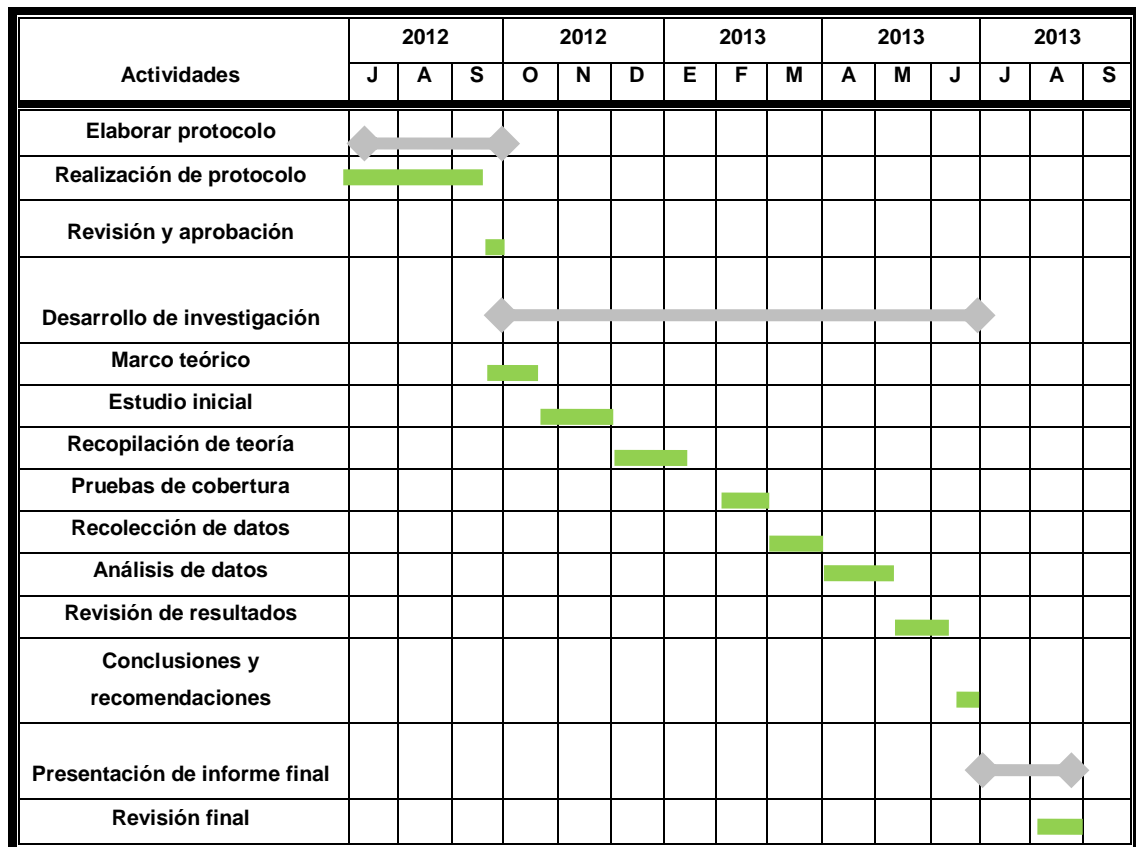
La población objeto de estudio está compuesta por 150 camiones variando la capacidad de arrastre en combinaciones de dos, tres, cuatro y cinco jaulas o carretas realizando en promedio 2,2 viajes diarios.

Debido al tipo de problema definido y por la complejidad y costos del equipo a utilizar en las pruebas, se realizara una muestra del tipo no probabilístico o dirigida utilizando la cantidad de equipos GPS proporcionados por los proveedores e instalados en unidades de transporte seleccionadas objetivamente, aproximadamente 5 unidades, por determinadas características como modelo y destinos a visitar en el período de prueba establecido. Además se realizarán pruebas de transmisión de datos vía GPS y GPRS para la confirmación de entrada y salida de las unidades de transporte desde dos de los dieciocho frentes de cosecha.

10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Las actividades de la investigación iniciarán en enero 2012 con la elaboración del protocolo de investigación, se realizarán las pruebas de campo y recopilación de la información y finalmente se redactará el informe final en abril del 2013.

Figura 1. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia elaborado con Microsoft Project.

11. RECURSOS NECESARIOS

Tabla I. Recursos no financieros

Recursos Humanos	
	Asesor de Tesis
*	Coordinador de Maestría
*	Pilotos de Transporte de caña
*	Operador de Torre de Control
*	Auxiliar de Torre de Control
*	Técnico en GPS
*	Supervisor de Transporte de Caña

Recursos Materiales	
*	Papel
*	Equipo GPS
*	Unidad de Transporte de caña
*	Torre de control de tráfico terrestre

Fuente: investigación de campo.

Tabla II. Recursos financieros

Descripción	Cantidad	Costo U.	Costo Total
Asesoría tesis	1	Q2 500,00	Q2 500,00
Impresión tesis	1	Q1 500,00	Q1 500,00
Total			4 000

Fuente: investigación de campo.

12. BIBLIOGRAFÍA

1. Acevedo Suárez, J. A. (1986). Proyectos de organización de las empresas industriales, La Habana, Cuba. Ed. ISPJAE.
2. Ballou, R. H. (1991). Logística empresarial, control y planificación, Madrid, España, Ediciones Díaz de Santo.
3. Brugger, E. A. (1993). Del desarrollo sostenible a la eco-eficiencia, Mapfre Seguridad, No 52, 4to trimestre.
4. Caraballo, G. H. (1997). Tecnologías de punta en el transporte automotor de Cuba y Brasil. Informe del Ministerio del Azúcar. La Habana, Cuba.
5. CETRA. (2005). Informes 3-4 del Estudio Determinación de las distancias límites en logística de aprovisionamiento de la caña a los centrales azucareros. Informe parcial para GEPROP y MINAZ. La Habana, Cuba.
6. García Marrero, A. y otros. (1983). CAI. Dirección de los complejos agro-industriales, La Habana, Cuba, Ed. Ciencias Sociales.
7. GEPLACEA/PNUD. (1991). La diversificación de la agroindustria de la caña de azúcar, 2da edición, Colección GEPLACEA, Serie Diversificación, México, D.F.
8. GEPLACEA/PNUD/ICIDCA. (1990). Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar, 2da Edición, Colección GEPLACEA, México, D.F.

9. Lemus Palacios J. R. Propuesta para controlar la flota de transporte de caña a granel a través de la implementación de una torre de control en el ingenio Tumulá, S.A. Tesis Licenciatura Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos De Guatemala, Guatemala 185 páginas.
10. Marrero Delgado, F. y otros. (2001). Gestión Multi-criterio de la cadena logística de corte, alza y tiro de la caña de azúcar, La Habana, Cuba.
11. Marrero Delgado, F. (2001). Procedimientos para la toma de decisiones logísticas con enfoque multi-criterio en la cadena de corte, alza y transporte de la caña de azúcar. Aplicaciones en CAI de la provincia Villa Clara. Departamento de Ingeniería Industrial. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara. 150p
12. Martin C. (2007) Logística: aspectos estratégicos, México, Editorial Limusa, 327 páginas.
13. Ministerio del Azúcar, Dirección de Cosecha y Transporte. (2004).Indicaciones para mejorar la eficiencia en la explotación y mantenimiento de los centros de recepción, La Habana Cuba.
14. Orizábal Hidalgo T. G. Propuesta para la optimización de la flota de transporte de personal, caña de azúcar y subproductos del ingenio Tumulá, S. A. ubicado en San Andrés Villa Seca Retalhuleu. Tesis Licenciatura Ingeniería Industrial, Universidad de San Carlos De Guatemala, Guatemala 165-166 páginas
15. Pérez, L. et al. (2001). Estudio de optimización del transporte y beneficio de la caña. CAI "30 de noviembre", IPROYAZ. Cuba.

16. Rodríguez, D. y Neira E. (2004). Transporte de productos alimenticios en área rural de Colombia, Bolivia, Perú, Ecuador y Venezuela. Perú, FAO, Colombia.
17. Rodríguez, M. y otros. (1999). Influencia de las lluvias sobre las zafras azucareras en los campos con suelos de mal drenaje, Ciencias Técnicas Agropecuarias (3), p 55-59, La Habana, Cuba.
18. Rodríguez, R. A. (1988). Informe sobre la organización del eslabón mecanizado cosecha-transporte-recepción de la caña de azúcar para la zafra 87- 88 en 22 CAI del país, 184 pp, Habana, Cuba.
19. Ruiz, L. (2000). Estudio sobre la logística del transporte automotor de la caña de azúcar. Tesis de Maestría. Universidad de Cuba. La Habana, Cuba.
20. Thompson Sánchez, R. (1997). Sistemas de cosecha de caña de azúcar, su participación en el costo de producción de una tonelada de azúcar. Informe del MINAZ. La Habana, Cuba.
21. Vargas Paredes M. A. (n.d.), Sistema De Posicionamiento Global, Consultado el: 10 de Septiembre de 2012 de: <http://www.univalle.edu/publicaciones/brujula/brujula19/pagina15.html>

