



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

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO LOGÍSTICO DE UNA COMPAÑÍA
ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DE UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA**

Cesar Augusto Ajuchan Chiquitó

Asesorado por la Msc. Inga. Rosa Amarilis Dubón Mazariegos

Guatemala, noviembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA
METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO LOGÍSTICO DE UNA COMPAÑÍA
ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS
DE UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

CESAR AGUSTO AJUCHAN CHIQUITÓ
ASESORADO POR LA MSC. INGA. ROSA AMARILIS DUBÓN MAZARIEGOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA

GUATEMALA, NOVIEMBRE 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. Gustavo Beningo Orozco Godinez
EXAMINADOR	Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo
EXAMINADOR	Ing. Carlos Aníbal Chicojay Coloma
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO LOGÍSTICO DE UNA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 22 de julio 2013.


Cesar Augusto Ajuchan Chiquitó



Escuela de Estudios de Postgrado
 Facultad de Ingeniería
 Teléfono 24185142



000009

AGS-MGIPP-0062-2013

Guatemala, 23 de julio de 2013.

Director
 Guillermo Antonio Puente Romero
 Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
 Presente.

Estimado Director:

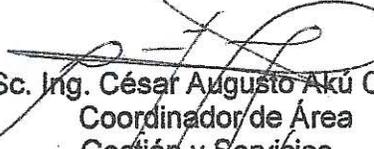
Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante César Augusto Ajuchan Chiquitó carné número 1998-11805, quien optó la modalidad del "PROCESO DE GRADUACIÓN DE LOS ESTUDIANTES DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA OPCIÓN ESTUDIOS DE POSTGRADO". Previo a culminar sus estudios en la Maestría de Gestión Industrial.

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.

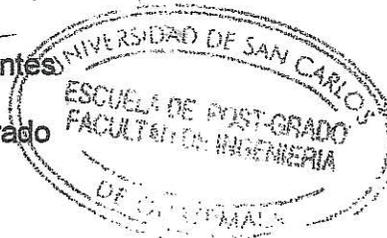
Sin otro particular, atentamente,

"Id y enseñad a todos"


 MSc. Inga. Rosa Amarelis Dubon M.
 Asesor (a)


 MSc. Ing. César Augusto Akú Castillo
 Coordinador de Área
 Gestión y Servicios


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



Cc: archivo
 /la

K.v



Doctora
Mayra Virginia Castillo Montes
Directora Escuela de Estudios de Postgrados
Presente.

Estimada Doctora Castillo:

Reciba un cordial y atento saludo, a la vez aprovecho la oportunidad para hacerle de su conocimiento que he revisado el: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO LOGÍSTICO DE UNA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA**, del estudiante **César Augusto Ajuchán Chiquitó**, quien se identifica con número de carné 1998-11805 y como Director de la Escuela Mecánica Eléctrica, doy el aval correspondiente para la aprobación del mismo.

Sin otro particular, atentamente.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Guillermo Antonio Puente Romero
Director

Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica



SRO

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 829.2013

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 Eléctrica, al Trabajo de Graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN PARA LA PROPUESTA DE APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA SEIS SIGMA AL PROCESO LOGÍSTICO DE UNA COMPAÑÍA ENCARGADA DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO DE INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA**, presentado por el estudiante universitario Cesar Augusto Ajuchan Chiquitó, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano

Guatemala, 20 de noviembre de 2013

/gdech



AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la vida, el entendimiento y acompañarme en todo momento.
Mis padres	Adela Chiquitó y Miguel Ajuchan, por su apoyo incondicional y consejos brindados.
Mi esposa	Brenda Acual, por todo su apoyo y comprensión.
Mis hermanos	Roselia, Lilian, Marleny, Marcos y Luis Ajuchan por su apoyo.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por abrirme las puertas de esta casa de estudio.
Facultad de Ingeniería	Por la formación a lo largo de la carrera.
Escuela de Estudios de Postgrado de Ingeniería	Por la oportunidad que me brinda de aprender cada día más.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
INTRODUCCIÓN.....	V
ANTECEDENTES.....	IX
OBJETIVOS.....	XI
JUSTIFICACIÓN.....	XIII
DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	XV
ALCANCE.....	XVII
1. CADENA DE SUMINISTRO Y SU RELACIÓN CON LA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA.....	1
1.1. Actividades importantes en la cadena de suministro.....	1
1.1.1. Aspectos globales de la cadena de suministro.....	2
1.2. Gestión del mantenimiento eléctrico en la cadena de suministro.....	4
1.2.1. Importancia de la subcontratación y el mantenimiento de instalaciones eléctricas.....	4
1.2.2. Objetivos en el mantenimiento y la confiabilidad.....	5
1.2.2.1. Variabilidad de la energía eléctrica que afecta directamente en el mantenimiento de las instalaciones eléctricas.....	6
1.2.3. Actividades en la gestión del mantenimiento de instalaciones eléctricas.....	9

1.2.4.	La administración de la logística en el mantenimiento Eléctrico.....	10
1.2.4.1.	Objetivos de la administración logística.....	11
1.2.4.2.	Funciones de la administración logística.....	13
1.3.	Metodología Seis Sigma	14
1.3.1.	Definir	14
1.3.2.	Medir.....	14
1.3.3.	Analizar.....	15
1.3.4.	Mejorar	16
1.3.5.	Control	16
1.4.	Gestión de la logística usando metodología Seis Sigma	16
1.4.1.	Beneficios al usar Seis Sigma en la logística	17
2.	METODOLOGÍA.....	19
2.1.	Fase I.....	19
2.1.1.	Definir el problema	20
2.1.2.	Medir	20
2.2.	Fase II.....	21
2.2.1.	Analizar	21
2.3.	Fase III.....	21
2.3.1.	Implementar mejoras.....	21
2.4.	Fase IV	22
2.4.1.	Controlar.....	22
3.	HIPÓTESIS	23
4.	BIBLIOGRAFÍA.....	25

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

1.	Sistema de cómputo y de comunicaciones	3
2.	CNEE estructura organizacional	6
3.	Mediciones fuera de tolerancia-regulación de tensión por región 2007-2011	7
4.	Las metas de la logística.....	8
5.	Funciones de la administración logística	13
6.	Fases de la metodología Seis Sigma.....	15
7.	Los procesos involucrados en la logística.....	17

TABLAS

I.	Las cuatro tácticas de confiabilidad y mantenimiento	5
II.	Indicadores de las normas técnicas de servicio de distribución	8
III.	Índices de calidad de las normas técnicas de servicio de distribución	9

INTRODUCCIÓN

En la cadena de suministros de las industrias embotelladoras se utilizan múltiples canales de distribución en distintas regiones del interior del país por medio de bodegas y plantas industriales, y en el mercado globalizado actual es importante la implementación tecnológica de telecomunicaciones y eléctrica en todos los procesos organizacionales para competir, por tal motivo las actividades de gestión de mantenimiento de instalaciones eléctricas son planificadas, programadas, ejecutadas y monitorizadas, para prevenir interrupciones en los procesos estratégicos, operativos y de apoyo de la organización mediante una compañía subcontratada.

Las funciones en la gestión de mantenimiento de instalaciones eléctricas de una empresa subcontrata son: logística, planificación, operaciones del mantenimiento, investigación y desarrollo para implementar nuevas tecnologías, desarrollo humano, finanzas y relaciones con otros clientes para proyectos eléctricos.

En las actividades de mantenimiento en el interior del país, las empresas subcontratada encuentra variabilidades que incrementan sus costos, por ejemplo; la distancia, escases de mano de obra calificada y empresas que suministran tecnología, la calidad de energía eléctrica, tiempo de viaje, viáticos, hospedaje, entre otros.

Los costos asociados a la táctica y gestión de mantenimiento de instalaciones eléctricas de la empresa subcontratada son los desperdicios, tales como; mala selección de materiales, errores en el procedimiento operativo, el

retrabajo con los proveedores internos y/o externos, nivel alto de inventario, costos para el cliente debido a defectos en materiales, costos de garantía y servicio, ajustes por reclamos, costos por material retornado o devuelto, la mayoría pertenecen a la función de logística y repercuten en la organización y la empresa cliente.

Los reclamos en las auditorias de la empresa cliente se centran en los errores de procedimiento, tiempo de entrega, baja productividad, calidad, confiabilidad y el alto costo en los mantenimientos de instalaciones eléctricas.

Esta investigación propone aplicar la metodología Seis Sigma al proceso logístico de una compañía subcontratada encargada del mantenimiento de instalaciones eléctricas de una industria embotelladora, para generar un ciclo mayor entre cada mantenimiento, considerando las variabilidades y los desperdicios en los procesos logísticos, cumplir con los requerimientos del cliente en el servicio y costo, en una época de alta competitividad y una crisis económica en el país. Las etapas de la metodología definir, medir, analizar, mejorar y controlar se desarrollará en cuatro fases, expuesto en el capítulo tres.

La distribución de este diseño de la investigación está compuesta por cinco capítulos y está distribuido de la siguiente manera.

En el capítulo 1, se plantea la definición del problema, la justificación, el alcance de la investigación, los objetivos generales y específicos.

En el capítulo 2, se describen las bases teóricas importantes relacionadas con la cadena de suministro y la tecnología eléctrica, la subcontratación del mantenimiento eléctrico, y la metodología Seis sigma aplicada a la logística.

En el capítulo 3, se analiza los pasos para la aplicación de la metodología Seis Sigma, propuesto en las cuatro fases siguientes; Fase I: Definir y Medir; Fase II: Analizar; Fase III: Mejora; Fase IV: Control.

En el capítulo 4, se elaboran informes de los resultados.

En el capítulo 5, se discutirá el proceso de implementar en la empresa subcontrata la metodología planteada.

ANTECEDENTES

Mantilla Celis, Olga y Sánchez García, José (julio 2012), presentaron un artículo de un modelo propuesto, para orientar a las empresas en el mejoramiento de su desempeño logístico, analizado desde la perspectiva de incremento del nivel de servicio y reducción de costos. Utilizando conceptos de cadena de suministros, logística, manufactura esbelta, Seis Sigma. Soportada en diversas herramientas seleccionadas para cada fase de la misma, y que conducen a la eliminación del desperdicio en flujos y operaciones, reducción del tiempo y entrega, reducción de la variación en los procesos y el aumento de valor.

Torres, A. J., Rosas, J. H., & Cruz, J. A. (2011) considera que la selección de proveedores es un proceso trascendental en la gestión de la cadena de suministro y en la competitividad empresarial presentando un modelo de decisión que optimiza la asignación de la demanda a un grupo de proveedores, considerando las pérdidas esperadas debido a incumplimientos, costos de compra, costos imprevistos por faltas en las entregas de suministros y el costo de gestión de un conjunto de proveedores.

Orozco, J. (2009) realizó una aplicación de Seis Sigma a los modelos de gestión energética para generar mejora continua, de esa manera se optimizó el consumo eficiente energético para fortalecer la cultura de preservación.

Espinosa, F., Días, A., & Salinas, G. (2012) presenta un estudio sobre las posibles causas de riesgo en un proceso de innovación de la gestión del mantenimiento industrial, las cuales podrían llevar a que la implementación de

las mejoras en la gestión no entregue el resultado esperado. Se describe el proceso de innovación y se identifican las fuentes de riesgos en el desarrollo del proyecto de innovación, finalizando con una matriz de valoración y jerarquización de las acciones que minimizan la posibilidad de que el riesgo sea realidad.

OBJETIVOS

General

Aplicar la metodología Seis Sigma y sus herramientas al proceso logístico de una compañía subcontratada para medir, analizar y mejorar continuamente los procesos de la gestión de mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Específicos

1. Definir los requerimientos del cliente y problemas del negocio para proponer mejoras en el proceso logístico de una compañía subcontratada en la gestión del mantenimiento de instalaciones eléctricas.
2. Medir el desempeño actual de productividad, tiempo y costo asociados a la calidad de energía, escasez de proveedores y mano de obra en el proceso logístico de una compañía para describir los costos que representa en un mantenimiento de instalaciones eléctricas de industria.
3. Analizar las expectativas de una empresa cliente respecto al servicio que presta una compañía considerando los efectos de las variaciones en la calidad de energía, escasez de proveedores y mano de obra en el interior del país en la gestión de mantenimiento de las instalaciones eléctricas.

4. Formular alternativas de mejora en los puntos críticos en el proceso logístico de la gestión de mantenimiento para establecer soluciones en los procesos que tienen un nivel alto de reclamos.

5. Establecer controles estadísticos para garantizar la mejora en el proceso logístico a largo plazo.

JUSTIFICACIÓN

En la línea de investigación de la Maestría de Gestión Industrial, se busca contribuir a resolver problemas en los procesos de la cadena de gestión industrial utilizando los campos del conocimiento relacionados con la logística integral, sistemas de control de calidad y metodología de producción. En la logística integral los estudios se enfocan en la estrategia en la administración de inventarios, estrategias de nuevas alternativas de transporte, estrategias de servicio al cliente, planificación y gestión de la distribución.

En la estrategia de la administración de inventarios para proyectos y mantenimiento de instalaciones eléctricas, normalmente existen dificultades para la selección adecuada de los materiales, aparatos y dispositivos eléctricos a utilizar en determinadas regiones, regularmente el departamento de compras tiene la costumbre de adjudicar la oferta de menor costo, es posible comprar un equipo de bajo costo, pero al mediano plazo puede resultar más costoso si no se considera la región del país donde se utilizara el producto eléctrico, esta práctica a menudo influye significativamente en la estrategias de servicio al cliente y la competitividad de estas compañías.

Cuando las empresas realizan mantenimiento de instalaciones eléctricas en la región central del país los costos son considerables, en contraste a las áreas urbanas del interior del país, el costo de un mantenimiento se incrementa de acuerdo a la distancia y el desarrollo industrial de la región del interior del país, un error en la planificación y gestión de la distribución o en cualquier procedimiento operativo, puede interrumpir un proceso importante a la empresa cliente, provocando baja productividad, inactividad de los empleados, elevar

significativamente los costos de manteniendo y la pérdida de la confianza del cliente.

Por lo mencionado, se puede considerar que la competitividad de una empresa de proyectos eléctricos y mantenimiento de instalaciones eléctricas, por lo general se encuentra en sus procedimientos operativos y la administración de la logística integral, un entorno actual altamente competitivo, exige a las empresas a implementar sistemas de calidad para mejorar continuamente sus procesos, reducir costos y mejorar sus servicios.

Esta investigación propone usar la metodología Seis Sigmas en el proceso logístico en una compañía de mantenimiento de instalaciones eléctricas, para incrementar la eficacia en sus procesos, permitiendo a estas empresas ofrecer mejores precios y calidad en el servicio, debido a que el proceso logístico integral influye en toda la cadena de valor de la organización. Además la empresa cliente, reducirá costos en el consumo de energía en sus instalaciones, disminuirá la contaminación ambiental por desechos de materiales eléctricos y tendrá instalaciones eléctricas más confiables.

Al no contar con una metodología de mejora de procesos, los constante reclamos del cliente inciden en toda la organización, el personal se ve obligado a trabajar más horas sin devengar un salario adicional, existen poca productividad, hay desmotivación de los empleados, hay conflictos entre el personal de la organización y los proveedores, los desperdicios en los procesos provocan la pérdida de la confianza del cliente.

DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En la gestión de mantenimiento de instalaciones eléctricas para una industria embotelladora, la empresa cliente y la empresa subcontratada tienen una relación de largo plazo, en la relación todas las funciones de mantenimiento eléctrico son gestionadas por la empresa subcontratada y auditadas por la empresa cliente, en la auditoría existen diversos reclamos que van desde errores de procedimientos hasta costos muy altos, que ponen en duda la competitividad de la compañía subcontratada.

Generalmente los reclamos que recibe la compañía se originan por la destrucción parcial o total de aparatos eléctricos en periodos cortos de su vida útil, poca productividad del personal encargado del mantenimiento por espera de materiales, costos para el cliente debido a los defectos de materiales, paradas forzadas en procesos importantes por falla parcial del sistema eléctrico, ciclos cortos para el mantenimiento eléctrico, errores de procedimiento al instalar aparatos eléctricos y altos costos en mano de obra derivados por la distancia, tiempo de viaje, viáticos, etc.

En las operaciones de mantenimiento de instalaciones eléctricas de bodegas y plantas industriales en el interior del país, las compañías subcontratadas encuentran variables que afectan significativamente los equipos, aparatos y/o materiales eléctricos empleados en los procesos estratégicos, tácticos y operativos de cualquier industria, volviendo imprevisible y vulnerables a fallas las instalaciones eléctricas e incrementan significativamente los costos de mantenimiento. No llevar un control de proveedores y compras lleva a una mala selección de los materiales eléctricos

empleados y algún error en el procedimiento operativo en el mantenimiento pone en riesgo los servicios prestados de la compañía subcontratada y que la empresa cliente tenga constantes interrupciones en sus procesos.

ALCANCE

Considerando que la logística influye en toda la cadena de valor de toda la organización, la metodología seis sigma aplicado al procesos logísticos de una compañía dedicada al mantenimiento de instalaciones eléctricas industriales, dará la oportunidad de definir, medir y analizar problemas en las operaciones de mantenimiento para mejora y controlar los procesos de gestión de mantenimiento y proyectos eléctricos de la organización.

En las funciones de gestión de la compañía se eliminaran las anomalías causadas por fallas internas y externas referentes a la logística, se podrá realizar periódicamente informes de la disponibilidad de recursos materiales a la alta dirección.

En la alta dirección se mejorará las políticas con el cliente y proveedores, se ofrecerá un mejor servicio a clientes internos y externos, se facilitará el pago a proveedores evitando la morosidad, se podrá dar incentivos para el desarrollo humanos y además habrá disponibilidad de servicios para nuevos clientes.

En la función de supervisión se verificará más eficientemente el cumplimiento de los procedimientos, conociendo mejor los materiales empleados se entrenará fácilmente al personal encargado de ejecutar el mantenimiento, se tendrán los recursos materiales necesarios disponible para cualquier mantenimiento, la planificación de los mantenimientos se ejecutarán de una mejor manera evitando desperdicios y tiempos muertos.

En la operación del mantenimiento, el personal tendrá un mejor criterio para seleccionar el material eléctrico adecuado y aplicará el procedimiento correcto para su instalación, contribuirá en la mejor medida en evitar errores, analizará las circunstancias y tomará decisiones pertinentes, además relatara las anomalías eventos no deseados para la mejora constante.

1. CADENA DE SUMINISTRO Y SU RELACIÓN CON LA TECNOLOGÍA ELÉCTRICA EN UNA INDUSTRIA EMBOTELLADORA

A continuación se presentan generalidades sobre la cadena de suministro y su relación con la tecnología en el ámbito eléctrico de una industria embotelladora.

1.1. Actividades importantes en la cadena de suministro

Jay, H., & Barry, R. (2009 p.434), definen que la administración de la cadena de suministro es la integración de las actividades que procuran materiales y servicio, para transformarlos en bienes intermedios y productos terminados, y lo entregan al cliente. Estas actividades incluyen, además de compra y subcontratación, muchas otras funciones que son importantes para mantener la relación con proveedores y distribuidores, la administración de la cadena de suministro comprende la determinación de.

- Proveedores de transporte
- Créditos y transferencias de efectivo
- Proveedores
- Distribuidores y bancos
- Cuentas a pagar y cobrar
- Almacenaje y niveles de inventario
- Cumplimiento de pedidos
- Compartir información de clientes, previsiones y producción.

El objetivo es construir una cadena de suministro que se enfoque en maximizar el valor para el cliente final.

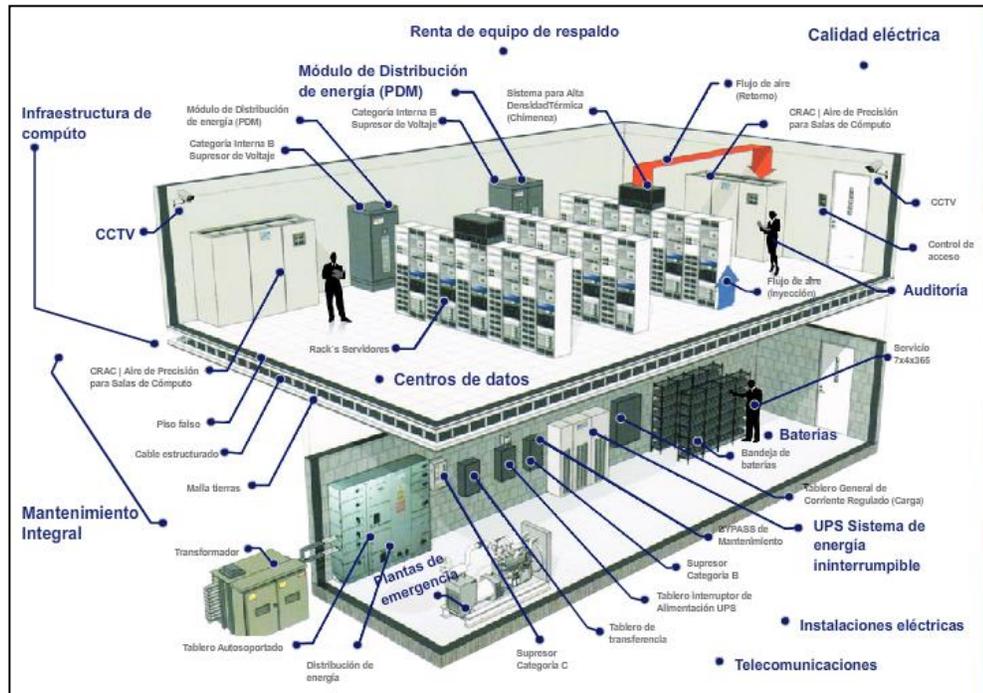
Jay, H., & Barry, R. (2009 p.434) definen que una administración efectiva de la cadena de suministro convierte a los proveedores en socios de la estrategia de la compañía para satisfacer un mercado siempre cambiante.

En una industria embotelladora normalmente se construyen infraestructuras de operaciones para sus socios dentro de las instalaciones de las plantas de producción o distribución, dentro de ellas generalmente encontramos: Talleres, bancos, comedores, oficinas administrativas, oficinas de ventas, centros de cómputo, sistemas de aire acondicionado, bodegas, etc... y en todas estas actividades se hace necesaria la tecnología de la información y eléctrica.

1.1.1. Aspectos globales de la cadena de suministro

Jay, H., & Barry, R. (2009 p.435) Definen que la cadena de suministro en un entorno global debe ser capaz de usarlo último en tecnología de cómputo y transmisión para programar y administrar los envíos de partes que entran y de productos terminados que salen.

Figura 1. Sistema de cómputo y de comunicaciones



Fuente: <http://www.etsolutions.com.mx/servicios/instalacioneselectricas.html>. Consulta 13 de junio 2013.

Como se muestra en la figura 1, los sistemas que componen un centro de cómputo y transmisión generalmente son: acometidas especiales, tableros auto soportados, centro de distribución de cargas, equipo electrógenos, supresores de transientes, transferencias eléctricas, tablero regulados con UPS, *bypass* de mantenimiento, tablero general de corriente regulado, red de mallas de tierra, circuitos cerrados de tv, aire acondicionados especiales, control de acceso, alarmas, iluminación especial, entre otros.

En la práctica la tecnología de cómputo y transmisión se hacen indispensables en toda la cadena de suministro, convirtiendo a las instalaciones

eléctricas de la plantas industriales de producción o distribución de las industrias embotelladoras en sistema altamente complejo, en donde las inversiones iniciales de proyectos nuevos tienen altos costos, y el mantenimiento de las instalaciones eléctricas se hace indispensable para garantizar la inversión.

1.2. Gestión del mantenimiento eléctrico en la cadena de suministro

A continuación se presenta la gestión del mantenimiento eléctrico en la cadena de suministro y la importancia de la subcontratación en el mantenimiento para instalaciones eléctricas.

1.2.1. Importancia de la subcontratación y el mantenimiento de instalaciones eléctricas

Jay, H., & Barry, R. (2009 p.465) Cuestiona ¿por qué la subcontratación se ha expandido hasta convertirse en una estrategia importante en los negocios de todo el mundo? Y la respuesta la plantea así: desde una perspectiva económica, se debe al movimiento continuo hacia la especialización que tiene lugar en una sociedad cada vez más tecnológica. De manera más específica, el crecimiento continuo de la subcontratación se debe (1) al crecimiento de la experiencia; (2) a la reducción de costos en transportes más confiables, y (3) al rápido desarrollo y despliegue de los avances en telecomunicaciones y computación.

En la cadena de suministro de industrias embotelladoras altamente tecnificadas, la falla de una máquina eléctrica en un proceso importante, significaría la inactividad del personal e instalaciones, las pérdidas de clientes y mala reputación. Para evitar eventos indeseables se subcontrata los servicios

de una empresa especializada para la gestión de mantenimiento de las instalaciones eléctricas con el fin de conservar los equipos de su sistema en funcionamiento.

1.2.2. Objetivos en el mantenimiento y la confiabilidad

Jay, H., & Barry, R. (2009 p.670) definen que el objetivo del mantenimiento y la confiabilidad es mantener la capacidad del sistema. Los sistemas deben diseñarse y mantenerse óptimos para lograr el desempeño y los estándares de calidad esperados. El mantenimiento incluye todas las actividades involucradas en conservar el equipo de un sistema en funcionamiento. La confiabilidad es la probabilidad de que un producto, o las partes de una máquina, funcionen correctamente durante el tiempo especificado y en las condiciones establecidas. Y que no solo son los procesos para el buen mantenimiento y la confiabilidad los que marcan el éxito, sino también la participación de los empleados.

Tabla I. **Las cuatro tácticas de confiabilidad y mantenimiento**

TÁCTICAS DE CONFIABILIDAD	
1	Mejorar los componentes individuales
2	Proporcionar redundancia
TÁCTICAS DE MANTENIMIENTO	
1	Implementar o mejorar el mantenimiento preventivo
2	Incrementar las capacidades o la velocidad de reparación

Fuente: elaboración propia basado en información obtenida en Jay, H., & Barry, R. 2009. 670 p.

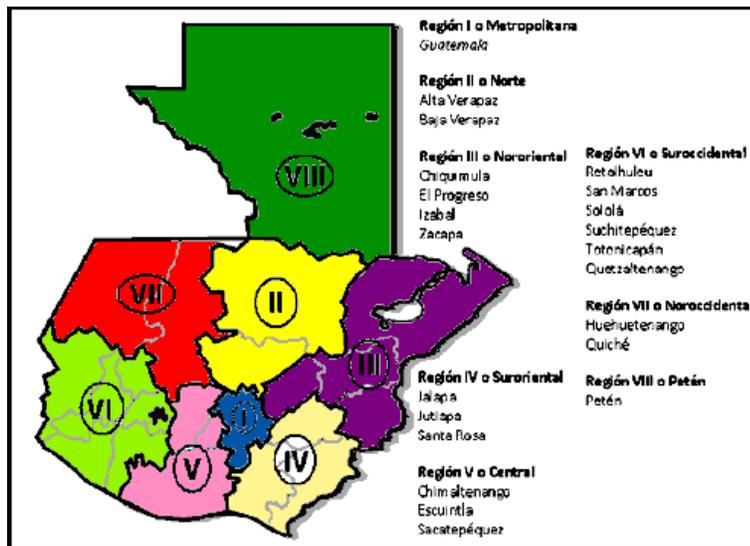
Jay, H., & Barry, R. (2009, p. 670) definen que la variabilidad corrompe los procesos y crea desperdicio y que administrador de operaciones debe eliminar

la variabilidad: los elementos cruciales para lograr esto son diseñar para la confiabilidad y administrar para el mantenimiento.

1.2.2.1. Variabilidad de la energía eléctrica que afecta directamente en el mantenimiento de las instalaciones eléctricas

CNEE (2011) El control para la regulación de tensión se realiza por medio del Sistema de Medición y control de la Calidad del Servicio Energía Eléctrica, mediante la ejecución de mediciones monofásicas o trifásicas, las cuales son sorteadas por la CNEE mensualmente, según el nivel de tensión de los usuarios.

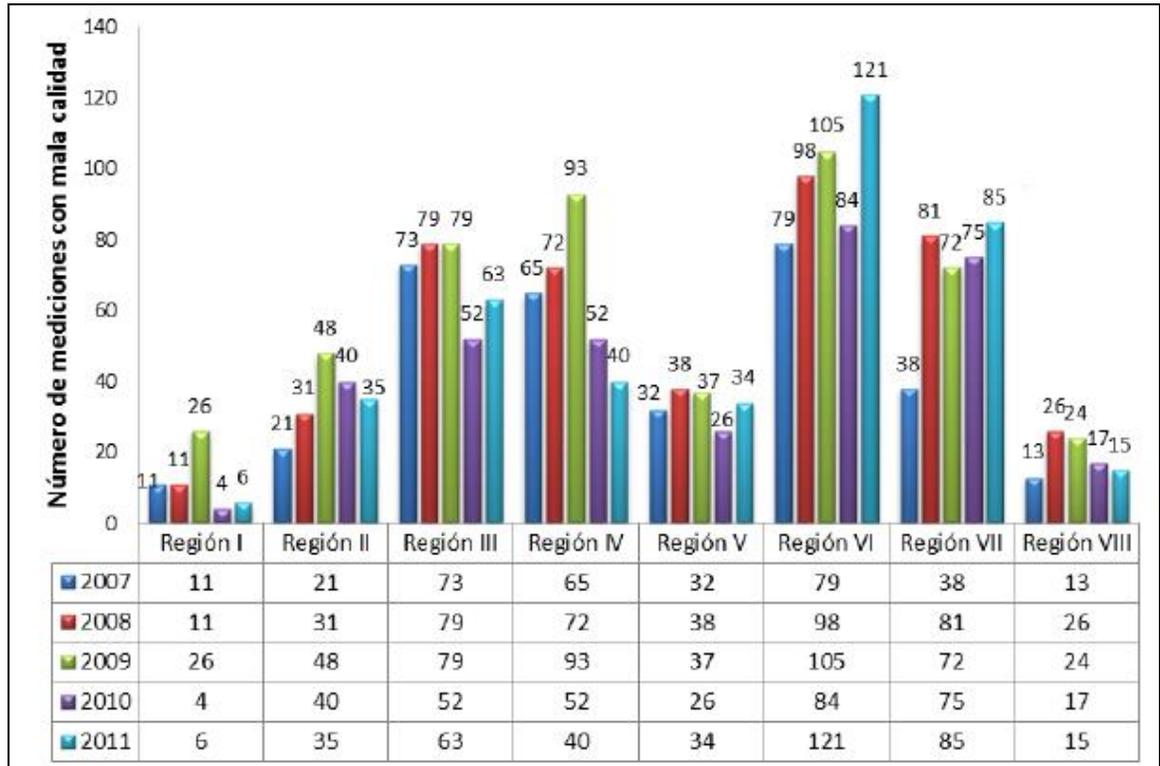
Figura 2. Distribución de las regiones del país según CNEE



Fuente: Segeplan obtenido de la CNEE.

En la siguiente gráfica se muestra la calidad del producto, medido en distintas regiones del país según la CNEE.

Figura 3. **Mediciones fuera de tolerancia-regulación de tensión por región 2007-2011**



Fuente: Comisión Nacional de Energía Eléctrica.

CNEE (2011) informa que en el monitoreo de la evolución de la calidad de Producto Técnico del servicio de distribución, se observa que la región I ha presentado menor número de mediciones que transgreden las tolerancias de Regulación de Tensión, mientras que las regiones restantes presentan la mayoría de mediciones con transgresiones a la tolerancia de regulación de tensión.

CNEE (2011) indica que el control de la Calidad de Servicio Técnico de distribución es efectuado en períodos semestrales continuos; dentro del

proceso para realizar este control la CNEE debe realizar la calificación de los casos que las Distribuidoras invoquen como causas de fuerza mayor, para proceder posteriormente a realizar el cálculo de los indicadores de la Calidad de Servicio Técnico.

Tabla II. Indicadores de las normas técnicas de servicio de distribución

Indices Globales				
ETAPA DE TRANSICION	FMIK		TTIK	
	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
INTERRUPCIONES ATRIBUIBLES A DISTRIBUCION	3	4	10	15
INTERRUPCIONES ATRIBUIBLES A CAUSAS EXTERNAS A LA DISTRIBUCION	5		20	
A PARTIR DEL INICIO DE LA ETAPA DE REGIMEN (Para Usuarios conectados en Baja Tensión)	FMIK		TTIK	
	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
INTERRUPCIONES ATRIBUIBLES A DISTRIBUCION	2.5	3.5	8	10
INTERRUPCIONES ATRIBUIBLES A CAUSAS EXTERNAS A LA DISTRIBUCION	4		12	

Indices Individuales				
A PARTIR DEL INICIO DE LA ETAPA DE REGIMEN (Para Usuarios Conectados en Media y Alta Tensión)	FIU		TIU	
	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
USUARIOS EN BAJA TENSION	-	-	-	-
USUARIOS EN MEDIA y ALTA TENSION	6	8	12	14
A PARTIR DEL MES TRECE DE LA ETAPA DE REGIMEN (Para Todos los Usuarios)	FIU		TIU	
	URBANO	RURAL	URBANO	RURAL
USUARIOS EN BAJA TENSION	6	8	12	14
USUARIOS EN MEDIA TENSION	4	6	8	10
USUARIOS EN ALTA TENSION	3		6	

Fuente: Normas técnicas de servicio de distribución CNEE.

En el marco regulatorio de Guatemala se han determinado los indicadores de interrupciones del suministro eléctrico global e individual, a través de las Normas Técnicas de Servicio de Distribución, como lo indican las tablas 2 y 3.

Tabla III. **Índices de calidad de las normas técnicas de servicio de distribución**

ÍNDICES GLOBALES	
FMIK	Frecuencia Media de Interrupción por KVA
TTIK	Tiempo Total de Interrupción por KVA
ÍNDICES INDIVIDUALES	
FIU	Frecuencia de interrupciones por usuarios
TIU	Tiempo de Interrupción por usuario

Fuente: Normas técnicas de servicio de distribución CNEE.

1.2.3. Actividades en la gestión del mantenimiento de instalaciones eléctricas

Según Jay, H., & Barry, R. (2009, p. 465), La subcontratación implica un acuerdo (típicamente un acuerdo legal por medio de licitación) con organizaciones externas. Y que entre los procesos de negocio la subcontratados están las funciones, (1) compras; (2) logística; (3) investigación y desarrollo; (4) operación de instalaciones; (5) administración de servicios;(6) Recursos humanos; (7) finanzas y contabilidad; (8) relación con los clientes; (9)ventas y marketing; (10) capacitación, y proceso legales.

Si estas funciones las relacionamos con los enunciados de la sección 2.1.2, y consideramos que la empresa en estudio tiene alrededor de 30 plantas industriales de distribución, 6 plantas de producción en las distintas regiones del país, las funciones a subcontratar son:

- Suministro de materiales, aparatos y tecnología eléctrica
- Logística
- Investigación y desarrollo para la implementación de nuevas tecnologías
- Operaciones para el mantenimiento eléctrico
- Desarrollo humanos,
- Finanzas y contabilidad
- Relaciones con otros clientes en proyectos eléctricos
- Capacitación
- Procesos legales

Para nuestro estudio nos basaremos en la logística, en la práctica la logística tiene relación en todas las funciones anteriores, y para que este proyecto sea viable y tenga un retorno de capital óptimo, esta será nuestra base.

1.2.4. La administración de la logística en el mantenimiento eléctrico

Según Wikipedia (2013) la administración logística basa su gestión sobre los sistemas de logística, subsistemas y actividades logísticas contenidas en la cadena de suministros, integrando a toda la empresa, con el propósito de controlar dichos sistemas para que tengan la capacidad de proveer a sistemas empresariales u organizaciones. Esto se logra a por medio de los elementos de la logística, definidos por:

- Gestión de materiales: suministro y recepción de materiales de proveedores externos, almacenarlos y prepararlos para uso posterior.

- Sistema de flujo de materiales: la habilidad de planificar y pronosticar la cantidad precisa de productos, para que estén disponibles.
- Distribución física: la entrega de los productos al cliente.

En la práctica la satisfacción o los reclamos del cliente en la gestión del mantenimiento a instalaciones eléctricas dependen en gran parte de la gestión de materiales, derivados de la selección del material a emplear. Según la AFME (2010, p.19), existen materiales eléctricos que poseen un elevado rendimiento energético, definiendo éste como el cociente entre la energía transmitida y la consumida. Este alto rendimiento que caracteriza al material eléctrico se ha conseguido gracias a la inversión de los fabricantes en desarrollo tecnológico e implantación de mejoras en el diseño y los procesos productivos. Además, el material eléctrico contribuye notablemente a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones eléctricas. Esta contribución se basa en:

- La instalación de dispositivos eléctricos eficientes en un sistema, reducen el consumo de energía o proporcionan al usuario la información necesaria para hacerlo.
- Una adecuada selección e instalación del material eléctrico, puede reducir las pérdidas de energía de la instalación eléctrica en más de un 75%

1.2.4.1. Objetivos de la administración logística

La administración logística contempla los siguientes aspectos como: (1) El menor tiempo de respuesta a necesidades. (2) Las cantidades exactas y en lugar solicitado por dichos sistemas empresariales u organizaciones. (3) Un

costo óptimo no dejando de ser competitivo y (4) La mejor calidad alcanzada, Wikipedia (2013).

Figura 4. **Las metas de la logística**



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos89/estrategias-cadena-suministro/estrategias-cadena-suministro.shtml>. Consulta 15 de junio 2013.

La calidad es variable y va cada día evolucionando respecto a la satisfacción del cliente o consumidor final, puesto que es quien percibe las condiciones en las cuales recibe los bienes y servicios.

Por esta razón la administración logística entrega soluciones sobre la cadena que contienen: (1) Bajos impactos ambientales, (2) Generar a largo plazo sobre el sistema empresarial desarrollo sostenible en función del entorno social. (3) Aprovechamiento máximo de los recursos de la empresa. (4) la adaptación de nuevas tecnologías, Wikipedia (2013).

Es claro que hay más aspectos que se van desarrollando a lo largo de la gestión del sistema de logística y de la cadena de suministros para superar las

Expectativas del consumidor o cliente final, dando pauta a sistemas empresariales y organizaciones más competitivas en el mercado global. Wikipedia (2013).

1.2.4.2. Funciones de la administración logística

El sistema logístico se ve reflejado en los sistemas empresariales, en los departamentos o áreas, no siempre es de este mismo modo para todas las empresas, respecto a sus características es importante resaltar que la logística contempla actividades relacionales que integran a toda la empresa en función de sus objetivos. Adicional la administración logística gestiona estas actividades dentro y fuera del sistema para llegar a una sinergia mayor, Wikipedia (2013).

Figura 5. Funciones de la administración logística



Fuente:<http://thesmadruga2.blogspot.com/2012/04/el-proceso-logistico.html>.

1.3. Metodología Seis Sigma

Seis Sigma nació en los años 80 en Motorola, de la mano del Dr. Mikel Harry, como un intento para conseguir mejoras sustanciales en la calidad del producto. En sus primeros años el concepto se circunscribía a la mejora de procesos, entendida como una mejora radical y profunda. Hoy se ha convertido en una filosofía de gestión empresarial Prieto, M (2003).

La excelencia en la gestión es la meta que resuelve el paradigma actual de la calidad: cómo mejorar la satisfacción del cliente y, simultáneamente, reducir los costes de producción; Seis Sigma es la herramienta idónea para alcanzar tal ambiciosa meta Prieto, M (2003).

La aplicación de la metodología Seis Sigma a un proceso consta de cinco etapas: Definición, Medida, Análisis, Mejora y Control; las siglas DMAIC provienen de las correspondientes palabras inglesas Prieto, M (2003).

1.3.1. Definir

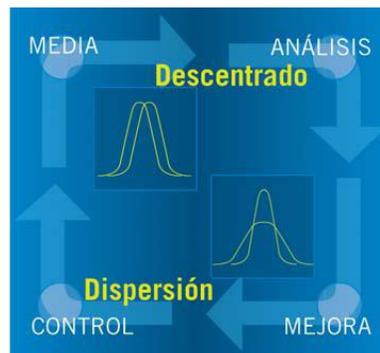
La definición de un proyecto de mejora consiste en seleccionar aquel proceso cuya mejora tendrá el mayor impacto positivo en las características del producto que resulten críticas para la calidad según las ha definido el cliente. Prieto, M (2003).

1.3.2. Medir

La medida del proceso consiste en cuantificar exactamente la capacidad del mismo, esto es, determinar la fracción de errores que se cometen. Se dice con frecuencia que el principal enemigo de la calidad es la variación de los

procesos. En la figura 2 se aprecia que la variación del segundo proceso es superior a la del primero, aun cuando los valores medios son similares para ambos. Para ser capaces de cuantificar esta apreciación subjetiva de “variación”, los estadísticos han elaborado el concepto de desviación típica, un simple parámetro calculado a partir de los datos reales, y que nos da idea de lo dispersos que se encuentran éstos entre sí Prieto, M (2003).

Figura 6. **Fases de la metodología Seis Sigma**



Fuente: www.cel-logistica.org. Consulta 20 junio 2013.

Seis Sigma emplea la unidad de medida “sigma”, que no es otra cosa que el número de desviaciones típicas que separan la media del proceso de un valor de la variable medida tal que la probabilidad de que ese valor sea superado en el proceso es igual a la fracción de errores realmente medidos Prieto, M (2003)..

1.3.3. **Analizar**

La etapa de análisis aplica el pensamiento estadístico al proceso real, determinando cuáles son las diferentes causas que dan lugar a la variación observada Prieto, M (2003).

1.3.4. Mejorar

La mejora es aquella etapa en la que, mediante un conjunto de herramientas de simulación numérica y de diseño de experimentos se debe comprobar, de antemano y antes de realizar cualquier inversión, que los cambios propuestos producen las mejoras esperadas en el producto final, Prieto, M (2003).

1.3.5. Control

Pero ningún cambio debe llevarse a la práctica sin el debido control; las técnicas de control estadístico aplicadas a las causas de la variabilidad antes identificadas. Permiten asegurar la estabilidad del nuevo proceso otros, Prieto, M (2003).

1.4. Gestión de la logística usando metodología Seis Sigma

Seis Sigma se aplica a prácticamente todo tipo de empresas, independientemente de su tamaño, producto o naturaleza. Tenemos ejemplos de éxito en campos tan diferentes como la fabricación de productos de consumo masivo, los servicios, la gestión financiera, la medicina, el transporte de pasajeros y de mercancías, la educación, etc., Prieto, M (2003).

Cuando hace algún tiempo preguntaron a Jack Welch, anterior CEO de General Electric, dónde veía él las más prometedoras oportunidades de aplicación de esta metodología respondió sin dudar: “en la cadena de suministros”, Prieto, M (2003).

1.4.1. Beneficios al usar Seis Sigma en la logística

Seis Sigma se aplica a procesos, entendiendo como tal a una serie de actividades realizadas entre una entrada y una salida. No es difícil intuir que tanto los flujos de materia prima (de entrada) de producto semi-elaborado (interno), y de producto final (de salida) serán parte crítica de cualquier proceso [Figura6], Prieto, M (2003).

Los procesos se justifican en la medida de su contribución a la cadena del valor de la empresa y, desde este punto de vista, los flujos de producto constituyen uno de los aspectos más importantes, Prieto, M (2003).

Figura 7. Los procesos involucrados en la logística



Fuente: www.cel-logistica.org. Consulta 20 de junio 2013.

Entre los campos de mejora potencial sobre los que Seis Sigma puede incidir en temas de logística como la reducción de tiempos, una mayor disponibilidad de las líneas de producción, la reducción de los costes de inventarios, la reducción en los errores de entrega, la reducción en los daños al producto, etc., Prieto, M (2003).

Desde una perspectiva más amplia, cualquier proceso forma parte necesariamente de una cadena de suministros. Es, por ello, práctica habitual que en los grupos de trabajo que operan bajo Seis Sigma se cuente con representantes tanto de los socios-suministradores como de los clientes-receptores del producto, Prieto, M (2003).

La reducción de los ciclos de tiempo no puede obviar la racionalización de los movimientos de materia prima, producto semielaborado y producto final Prieto, M (2003).

2. METODOLOGÍA

El presente estudio es de tipo descriptivo, se aplicará la metodología Seis Sigma, que está basada en procesos estructurados mixto, relacionado con los aspectos cuantitativos y cualitativos sobre las expectativas del cliente y sobre datos mensurables y fiables de una compañía. El método está compuesto de 5 etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejorar y controlar (DMAMC), el objetivo es la mejora de los procesos logísticos existentes con el fin de responder a las expectativas cliente.

En una industria embotelladora con una amplia cadena de suministro y múltiples canales de distribución en el área urbana del interior del país, el cliente cuenta con 30 plantas de distribución de productos embotellados, y considera que los costos de mantenimiento de las instalaciones eléctricas realizadas por una empresa subcontratada son muy altas y que requieren más calidad, por otro lado la empresa subcontratada encargada del mantenimiento eléctrico considera que sus costos son los adecuados si se toman en cuenta factores significativos como por ejemplo, la distancia, la calidad de energía eléctrica, el transporte, viáticos y hospedaje, etc., en esta investigación trabajaremos en 4 fases y el orden es el siguiente:

2.1. Fase I

A continuación se presenta en la primera fase la definición del problema y la medición del desempeño logístico.

2.1.1. Definir el problema

En este paso se pretende que la empresa conozca a sus clientes y sus requerimientos por medio de encuestas realizadas a los encargados de solicitar y auditar los mantenimientos, en promedio unas 25 encuestas.

Se reconocerá los problemas de negocio existentes en el proceso logístico actual, tomando en cuenta las especificaciones y/o requerimientos técnicos y operativos, por medio de información histórica del proceso logístico de la compañía en estudio y encuestas al personal involucrados en el proceso.

Se utilizarán herramientas gráficas de datos y matriz xy para presentar las prioridades de acuerdo a consideraciones del cliente y la voz del negocio.

2.1.2. Medir

En esta fase se medirá el desempeño actual del proceso logístico del negocio, por medio de la recopilación de datos estadísticos que permitan describir y diagnosticar con mayor detalle, la naturaleza del problema u oportunidad de mejora, encontradas en la fase anterior. Los pasos serán: medición de productividad, tiempo y costo asociados a la calidad de energía para seleccionar puntos críticos asociados a los costos de mantenimiento de instalaciones eléctricas.

Para medir se utilizará diagrama de Causa y Efecto, diagrama de Pareto y análisis gráficos,

2.2. Fase II

A continuación en la segunda fase se presenta la forma de analizar las fuentes de variación.

2.2.1. Analizar

Se analizarán las fuentes de variación, por medio de los resultados anteriores para identificar los eventos que causan mayor variabilidad en el proceso.

El objetivo es determinar las causas raíces de los problemas, limitaciones y oportunidades de mejora en los puntos críticos seleccionados en la fase anterior y que solucionan las limitaciones encontradas.

Para analizar las fuentes de variabilidad y defectos se utilizarán las herramientas de gráficos de control, análisis de Pareto, Diagrama de Causa y Efecto, prueba de hipótesis y regresión lineal.

2.3. Fase III

En la tercera fase se describe la implementación de mejoras, por lo que a continuación se presentan.

2.3.1. Implementar mejoras

Mediante la tasa interna de retorno y valor presente neto se comprueba de antemano el costo de inversión de mejora.

Se formularán alternativas de mejora y/o cambios en los puntos críticos, que conduzcan a la mejora del proceso logístico, en esta parte se establecerán las posibles soluciones para aquellos procesos que tienen un nivel alto de reclamos.

2.4. Fase IV

En la última fase, o cuarta, se plantea la etapa de control y las herramientas a utilizar, la que a continuación se describe.

2.4.1. Controlar

En la etapa de control, se utilizarán herramientas de grafica de control, Mantenimiento Basado en la confiabilidad y control estadístico de procesos para garantizar la mejora del proceso logístico a largo plazo, midiendo el beneficio antes y después de la mejora, se incluirán planes de control, que aseguren a estas mejoras para mantenerse en el tiempo límite especificado.

3. HIPÓTESIS

Definiendo los requerimientos y reconociendo los problemas del negocio, además se mide el desempeño actual de productividad, tiempo de vida del producto y costos asociados a la calidad de energía eléctrica, la escases de proveedores y mano de obra en el interior del país, y se analizan los procesos que causan las principales variabilidades económicas en el procesos logísticos de una compañía de mantenimiento de instalaciones eléctricas utilizando la metodología seis sigma, se puede formular alternativas de mejora y establecer controles estadísticos para garantizar su implementación a largo plazo.

4. BIBLIOGRAFÍA

1. DIAZ, P. (2009). Soluciones Prácticas para la Puesta a Tierra de Sistemas Eléctricos De Distribución. Mexico: Mcgraw-Hill.
2. JAY, H., & BARRY, R. (2009). Principios de Administración de Operaciones. México: Person Educación.
3. SPIEGEL, M. (1988). Probabilidad y Estadística. Bogotá, Colombia: McGraw Hill.
4. VILCHEZ, A. (2009). Plan de mejoramiento de la gestión de mantenimiento en empresas manufactureras proveedoras de la industria petrolera. Universidad de zulia.
5. www.cel-logística.org/subidasArticulos/52.pdf
6. www.cnc-logística.org/congreso-cnc/documentos/38.pdf
7. www.cnee.gob.gt/xhtml/Calidad/Docs/Compendio%20Estadístico%202011%20-%20DRC.pdf
8. www.cnee.gob.gt/xhtml/memo/memorias.html
9. www.es.wikipedia.org/wiki/Administraci%C3%B3n_log%C3%ADstica

10. www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/1160/pdf
11. www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/1509/pdf
12. www.idae.es/index.php/mod.documentos/mem.descarga?file=/documentos_Guia_AFME_Eficiencia_Energetica_e46d7e0e.pdf
13. www.web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=ce01a085-780f-43b4-832d-eb1e25c9ee35%40sessionmgr104&vid=9&hid=112
14. www.web.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=6&sid=ce01a085-780f-43b4-832d-eb1e25c9ee35%40sessionmgr104&hid=19