



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Química

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE  
CONTROL ESTADÍSTICO AL PROCESO DE EMPACADO DE AZÚCAR, QUE CONTRIBUYA  
AL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

**Milton Orlando Quexel Marroquín**

Asesorado por el Mba. Ing. César Omar Méndez Hurtarte

Guatemala, marzo de 2013



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONTROL ESTADÍSTICO AL PROCESO DE EMPACADO DE AZÚCAR, QUE CONTRIBUYA AL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**MILTON ORLANDO QUEXEL MARROQUÍN**  
ASESORADO POR EL MBA. ING. CÉSAR OMAR MÉNDEZ HURTARTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO QUÍMICO**

GUATEMALA, MARZO 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. Sidney Alexander Samuels Milson
EXAMINADOR	Ing. José Eduardo Calderón García
EXAMINADOR	Ing. Estuardo Monroy Benítez
EXAMINADOR	Ing. Jorge Rodolfo García Carrera
SECRETARIO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco



## 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 APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONTROL ESTADÍSTICO AL PROCESO DE EMPACADO DE AZÚCAR, QUE CONTRIBUYA AL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Posgrado, con fecha 27 de febrero de 2013

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, circular scribble on the left and a more fluid, cursive signature on the right.

**Milton Orlando Quexel Marroquín**



Universidad de San Carlos  
de Guatemala



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

AGS-MGIPP-0055-2013

Guatemala, 27 de febrero de 2013.

Director  
Víctor Manuel Monzón Valdez  
Escuela de Ingeniería Química  
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 **Milton Orlando Quixel Marroquín** con carné número **1997-12818**, 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,

Aéreo

*César Omar Méndez Hurtarte*

MBA. INGENIERO QUÍMICO  
COLEGIADO No. 1051

Mba. Ing. César Omar Méndez Hurtarte  
Asesor (a)

"Id y enseñad a todos"

*César Akú Castillo MSc.*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No. 4,073

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

*[Signature]*  
Dra. Mayra Virginia Castillo Montes  
Directora

Escuela de Estudios de Postgrado



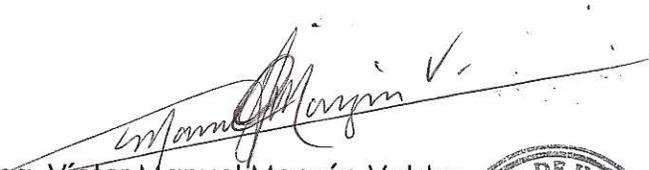
Cc: archivo  
/la





El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el informe de la Dirección de Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería del estudiante, **MILTON ORLANDO QUEXEL MARROQUÍN**, ha optado por la modalidad de estudios de postgrado para el proceso de graduación de pregrado, que para ello el estudiante ha llenado los requisitos establecidos en el normativo respectivo y luego de conocer el dictamen de los miembros del tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el **Informe del Diseño de Investigación del Programa de Maestría en GESTIÓN INDUSTRIAL** titulado **"DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONTROL ESTADÍSTICO AL PROCESO DE EMPACADO DE AZÚCAR, QUE CONTRIBUYA AL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN"**. Procede a **VALIDAR** el referido informe, ya que reúne la coherencia metodológica requerida por la Escuela.

*"Id y Enseñad a Todos"*

  
Ing. Víctor Manuel Monzón Valdez  
DIRECTOR  
Escuela de Ingeniería Química



Guatemala, marzo 2013

Cc: Archivo  
Copia: Colegio de Ingenieros Químicos de Guatemala  
VMMV/ale





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 Química, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN DE LA APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE CONTROL ESTADÍSTICO AL PROCESO DE EMPACADO DE AZÚCAR QUE CONTRIBUYA AL AUMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN**, presentado por el estudiante universitario **Milton Orlando Quexel Marroquín**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
Decano



Guatemala, marzo de 2013

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser fuente de iluminación y bendiciones a lo largo de mi vida.
<b>Mis padres</b>	Por su amor, cariño y su inquebrantable espíritu de darnos lo mejor de sus vidas.
<b>Mi esposa</b>	Por su amor y cariño en estos años de compartir juntos.
<b>Mis hijos</b>	Por todo su amor y cariño.
<b>Mis hermanos</b>	Por su apoyo fraterno.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Mis abuelos, tíos y primos** Por su cariño y por siempre compartir todas las etapas de mi vida.
- Mis suegros** Por las muestras de afecto y de solidaridad.
- Mis amigos** Por ser una importante influencia en mi carrera, por los momentos que me han ayudado a crecer, y por la sabiduría que cada uno ha compartido conmigo.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	III
LISTA DE SÍMBOLOS .....	V
GLOSARIO .....	VII
RESUMEN.....	XI
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	3
3. OBJETIVOS .....	5
4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	7
5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....	9
6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL .....	11
6.1. Empacado de alimentos .....	11
6.2. Herramientas estadísticas básicas .....	12
6.2.1. Diagrama de Flujo.....	12
6.2.2. Diagrama Causa Efecto .....	12
6.2.3. Hoja de inspección.....	13
6.2.4. Diagrama de Pareto .....	13
6.2.5. Histograma .....	14
6.2.6. Gráfico de Control .....	14
6.3. Prueba de hipótesis .....	15

7.	HIPÓTESIS .....	17
8.	CONTENIDO .....	19
9.	MÉTODOS Y TÉCNICAS .....	23
10.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	29
11.	RECURSOS NECESARIOS .....	31
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	33
	ANEXOS .....	37

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Cronograma de actividades.....31
2. Balance de masa de adición de vitamina A.....39

### TABLAS

- I. Presupuesto.....34



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
$H_1$	Hipótesis alternativa
$H_0$	Hipótesis nula
<b>kg</b>	Kilogramo
<b>mg</b>	Miligramo
<b>%</b>	Porcentaje
$\sigma$	Sigma



## GLOSARIO

<b>5'S</b>	Metodología que aplica cinco conceptos que son: clasificar (separar innecesarios), ordenar (situar necesarios), limpiar (suprimir suciedad), normalizar (señalar anomalías) y mantener (seguir mejorando).
<b>Azúcar</b>	Producto sólido cristalino, constituido principalmente por sacarosa.
<b>Benchmarking</b>	Proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los procesos de trabajo.
<b>ISO 9001:2008</b>	Representa uno de los estándares desarrollados y utilizados por la Organización Internacional para la Estandarización ( <i>International Organization for Standardization</i> (ISO)). Representa un conjunto de principios de gestión dirigidos a la satisfacción del cliente mediante la entrega de productos y servicios de calidad. ISO 9001:2008 representa la última versión de las directrices.
<b>Just in Time</b>	Estrategia utilizada para incrementar la eficiencia y reducir el desperdicio por medio del uso de materia prima en producción únicamente cuando sea necesario, con esto se reduce el costo de inventario.

<b>Kaizen</b>	Estrategia o metodología de calidad que busca el mejoramiento continuo de procesos de producción.
<b>QFD</b>	Método de gestión de calidad basado en transformar las demandas del usuario en la calidad del diseño.
<b>Reingeniería</b>	Se trata de una re concepción fundamental y una visión Holística de una organización, que busca llegar a la raíz de las cosas, no solo de mejorar procesos sino y principalmente busca reinventarlos, con el fin de crear ventajas competitivas osadas, con base en los avances tecnológicos.
<b>Seis Sigma</b>	Es una metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir o eliminar los defectos o fallas.
<b>TPM</b>	Mantenimiento productivo total (del inglés Total Productive Maintenance, TPM) es una filosofía originaria de Japón, el cual se enfoca en la eliminación de pérdidas asociadas con paros, calidad y costos en los procesos de producción industrial.
<b>TQM</b>	La Gestión de Calidad Total (abreviada TQM, de Total Quality Management) Es una estrategia de gestión orientada a crear conciencia de calidad en todos los procesos de organización.

**Vitamina A**

es una vitamina liposoluble, es un nutriente esencial para el ser humano, se conoce también como retinol, ya que genera pigmentos necesarios para el funcionamiento de la retina.



## **RESUMEN**

La mejora de la productividad hoy día para las organizaciones representa un reto importante, ya que le brinda una ventaja competitiva con respecto a la competencia en el giro de negocio de la organización, aunado a esto las crisis económicas globales sufridas recientemente y la crisis del cambio climático que se vive en la actualidad, obliga a mejorar considerablemente el uso de los recursos para garantizar la subsistencia de las generaciones futuras.

En tal marco, el presente diseño de investigación, pretende corroborar que la aplicación de una herramienta de mejora de la calidad, como lo es el control estadístico de procesos, puede aumentar la productividad de una operación de empaclado de alimentos como lo es el azúcar de mesa, con esta mejora de la productividad se tienen los beneficios de aprovechar mejor los recursos disponibles dando oportunidad a que las empresas de la industria nacional tengan una ventaja competitiva y a la vez el aprovechamiento al máximo de los recursos contribuye en cierto grado a no desperdiciar recursos para el beneficio general de la sociedad.



# 1. INTRODUCCIÓN

Las exigencias de un mercado globalizado hoy día, demandan bienes y servicios con un nivel alto de exigencias a la industria nacional para garantizar su permanencia, adicionalmente Guatemala al haber suscrito diversos tratados de libre comercio, supone de oportunidades para la industria nacional para ampliar mercados, sin embargo para poder competir en estos mercados es necesario tener niveles de competitividad apropiados, jugando un papel importante la productividad como ventaja competitiva.

En una línea de empaqueo de azúcar se ha observado que se generan unidades defectuosas, las cuales son reprocesadas y esto impacta en la productividad de la operación de empaqueo, el objetivo de la presente investigación es el de establecer si la aplicación de una herramienta de mejora, como el control estadístico de procesos incide en un aumento de la productividad de la línea de empaqueo, para ello se planteó la hipótesis que la aplicación de herramientas estadísticas mejoran el desempeño del proceso medida a través de la productividad.

La realización de la presente investigación aportará evidencia sobre la efectividad de las herramientas de calidad, que incidan positivamente en dar ventajas competitivas a la industria nacional a través de mejora en su productividad.

Dentro del desarrollo de la investigación se pretende que contenga los siguientes capítulos:

Capítulo I: se incluye a detalle cuál es el problema que se desea resolver, su justificación, alcance y las limitaciones que se pueden encontrar en el momento de llevar a cabo ésta.

Capítulo II: se describe lo que es el marco teórico de la investigación, incluyendo la información básica que se considerará para el desarrollo del trabajo, verificando las teorías comprobadas que afectan la investigación.

Capítulo III: se describe el contexto actual donde se desarrollará la investigación, adicionalmente se abordarán los procesos básicos sujetos a evaluación en la presente investigación.

Capítulo IV: describe la metodología con la que se realizará la investigación, los instrumentos que son necesarios para llegar a los objetivos deseados y como se utilizarán.

Capítulo V: se presentan los resultados, se explican a detalle cada uno de estos y demuestra como la hipótesis pudo ser o no aceptada.

La investigación se realizará en una línea de empaque de azúcar, la planta se encuentra ubicada en el departamento de Escuintla y se realizará en un tiempo de seis meses iniciando en enero de 2013 y finalizando en junio de 2013

## 2. ANTECEDENTES

De acuerdo al informe emitido por la FUNDESA (2012), Guatemala se encuentra dentro del *ranking* para Latinoamérica en la posición número 9 siendo superados de los países de Centroamérica por Costa Rica (posición 5), Guatemala se ubica en el puesto 82 de 142 países evaluados a nivel mundial, el panorama regional y global muestra que como país existe un área de oportunidad significativa en cuanto a buscar mejorar la sostenibilidad y productividad de las empresas.

Roth, H. (2005) en su artículo de cómo el control estadístico de proceso puede ayudar a reducir costos, indica que el análisis de los procesos, la gestión de la administración, la mejora de la calidad y la mejora de la eficiencia, son estrategias utilizadas en la industria para identificar oportunidades de mejora para la reducción de costos.

El trabajo de Díaz *et. al.* (2009), en donde se investiga la variabilidad en el proceso de envasado manual de un producto en polvo, aborda la aplicación de técnicas de control estadístico de proceso, tales como lista de chequeo y gráficos de control para evaluar y encontrar posibles causas asignables de la variación del proceso, confirmando o desechando las posibles causas mediante el diseño de experimentos.

Adicionalmente, Perez R. *et.al.* (2010), investigó la incidencia del uso de herramientas de mejora en los costos, fallas y factores de éxito en empresas industriales grandes y medianas, la investigación pretendía estudiar si el uso de herramientas de mejoramiento incide en el desempeño empresarial, dentro de

las herramientas de mejora evaluadas se encuentran las siguientes: control estadístico de procesos, ISO 9001:2000, QFD, Kaizen, Benchmarking, Just in Time, TQM, Reingeniería, 5'S, TPM y Seis Sigma, en este estudio encontraron que las empresas grandes reflejan un mayor uso de las herramientas de mejora, percibiendo un mayor beneficio por el uso de las mismas que las empresas medianas, así también observan que las empresas medianas que han aplicado consistentemente las herramientas de mejora tienden a dar mayor importancia atribuida a la calidad de producto, servicio postventa, diseño/innovación y flexibilidad que aquellas empresas que no las utilizan.

Estos trabajos muestran que al utilizar herramientas de mejora, como el control estadístico de procesos, pueden contribuir a la reducción de unidades defectuosas en la industria manufacturera y con ello contribuir a mejorar la productividad de la Industrial trabajo de Sánchez (1997).

### **3. OBJETIVOS**

#### **General**

Aplicar la metodología de control estadístico al proceso de empaçado de azúcar, que contribuya al aumento de la productividad de la línea de producción.

#### **Específicos**

1. Identificar y validar las causas que generan unidades defectuosas en el proceso de empaçado de azúcar, aplicando control estadístico de proceso.
2. Sistematizar la metodología de identificación y validación de causas que generan unidades defectuosas en el proceso de empaçado de azúcar.
3. Determinar si existe correlación entre la mejora de la productividad y la implementación del control estadístico de proceso en el empaçado de azúcar.



#### **4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

Este trabajo de investigación es importante, porque podrá mostrar el uso de herramientas de mejora apropiadas que ayuden a investigar las causas de variación en los procesos que generan unidades defectuosas, contribuyendo significativamente en la mejora de la productividad y competitividad de la industria guatemalteca.

A la vez se hará una contribución a la academia, porque el estudio podrá ser utilizado como referencia sobre las aplicaciones de herramientas para la mejora de la calidad en la industria nacional, puesto que se encuentran investigaciones de este tipo para otros países.

Al lograr el objetivo de mejorar la productividad de la industria nacional se beneficia toda la sociedad en general, esto asegura la sostenibilidad de las empresas y contribuye con mantener los empleos existentes en un corto plazo.



## 5. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En una planta que empaca azúcar se observa que existe una operación de reproceso en el producto que se empaca, lo que formula el siguiente cuestionamiento: ¿Qué efecto tendría en el aumento de la productividad, la aplicación de la metodología de control estadístico de procesos en una línea de empacado de azúcar?

En una línea de producción que empaca azúcar, se ha observado que se generan unidades defectuosas por fallas en el sellado del material de empaque primario y secundario, este producto es reprocesado generando baja efectividad en el uso de los recursos y por ende una reducción en su productividad.

En tal sentido, con la presente investigación se pretende identificar las causas que generan unidades defectuosas en el proceso de empacado, validarlas mediante técnicas estadísticas apropiadas para proponer mejoras al proceso, para el efecto se han planteado los siguientes cuestionamientos que se esperan resolver: ¿Es posible identificar y controlar los factores que afectan la generación de unidades defectuosas en una línea de empacado de azúcar?; ¿existen variaciones en las especificaciones de las materias primas, el material de empaque y desviaciones en proceso que generen unidades defectuosas?; ¿es posible sistematizar la identificación y validación de causas que generan unidades defectuosas en el proceso?; ¿existe correlación entre la mejora de la productividad y la aplicación de control estadístico de proceso en el proceso de empacado de azúcar?

La investigación se realizará en una planta dedicada al empaque de azúcar en distintas presentaciones, para su distribución y comercialización, la cual se encuentra ubicada en el departamento de Escuintla de Guatemala

## **6. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL**

El fundamento teórico sobre el cual se inicia la investigación y que servirá como base a la indagación por realizar se presenta a continuación.

### **6.1. Empacado de alimentos**

De acuerdo a (Han, Jung H, 2005), en la industria de alimentos el proceso de empaque juega un papel importante para proteger los alimentos de cualquier contaminación, adicionalmente cumple con una función de facilitar la distribución y comercialización del producto, este es el caso para el empackado de azúcar.

En la industria de alimentos, comúnmente se utilizan polímeros para empacarlos y garantizar la preservación de los mismos dentro de esta gama podemos mencionar los siguientes: polietileno de baja densidad, polietileno de alta densidad, polipropileno, politetrafluoretileno y nylon, las propiedades superficiales de éstos polímeros han sido estudiados extensivamente para ser usados en la industria de alimentos. (Han, Jung H, 2005), en el proceso de empackado de azúcar se utilizan un material de tres capas de polietileno de baja densidad, alta densidad y baja densidad.

De acuerdo a la legislación vigente, es obligatoria la adición de vitamina A al azúcar y ésta debe cumplir con una concentración determinada al momento del consumo (2000, 07 de enero), la adición de vitamina A en forma de palmitato de retinol constituye una proceso de mezclado de sólidos que requiere

de un balance de masa para asegurar la adición correcta de este micronutriente.

## **6.2. Herramientas estadísticas básicas**

Las herramientas acá descritas, serán requeridas en el desarrollo de la investigación que se está planteando para encontrar los factores que provocan productos defectuosos y con ello mejorar la productividad de la línea de producción de empaçado de azúcar, en tal sentido Park, S., (2003), refiere en el capítulo de herramientas básicas para el control de calidad y seis sigma, una serie de herramientas estadísticas de calidad que ayudan a implementar el control estadístico de los procesos, estas son: a) Diagrama de Flujo, b) Diagramas Causa Efecto, c) Hoja de inspección, d) Histogramas, e) Pareto, f) Gráfico de Dispersión, g) Gráficos de Control.

### **6.2.1. Diagrama de Flujo**

El diagrama de flujo es de gran utilidad cuando se requiere identificar la trayectoria actual o ideal que sigue un producto o servicio, con el fin de identificar desviaciones. (Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo, 1996), esta herramienta se aplicará al proceso de empaçado de azúcar para ilustrar y clarificar cada una de las actividades así como la interrelación con otros procesos.

### **6.2.2. Diagrama Causa Efecto**

Los diagramas de causa y efecto se utilizan para ilustrar claramente las diferentes causas que afecta un proceso, identificándolas y relacionándolas unas con otras. Para un efecto hay varias categorías de causas principales,

que pueden ser resumidas en personal, máquinas, métodos y materiales. (Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo, 1996), la aplicación de esta herramienta será de utilidad en la presente investigación, ya que con ella se espera evaluar cada una de las principales causas que puedan generar algún efecto negativo el proceso de empaçado para poder aplicar mejoras integrales y obtener soluciones tomando en cuenta todas las variaciones posibles.

### **6.2.3. Hoja de inspección**

La hoja de inspección es recomendada siempre que se necesite reunir datos basados en la observación de las muestras con el fin de empezar a detectar tendencias o aspectos relevantes del problema bajo estudio, este es el punto lógico de inicio en la mayoría de los ciclos de solución de problemas. (Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo, 1996), esta herramienta permitirá recabar toda la información necesaria del proceso de empacada de azúcar para su posterior análisis.

### **6.2.4. Diagrama de Pareto**

La herramienta que permite localizar el problema principal y seleccionar la causa más importante de éste, se llama Diagrama de Pareto. Este diagrama también es utilizado para localizar áreas de mejora donde potencialmente el éxito puede ser mayor. La idea anterior contiene el llamado principio de Pareto, conocido como ley 80-20 o pocos vitales muchos triviales. Este principio reconoce que unos pocos elementos (el 20%) generan la mayor parte del defecto (80%), el resto de los elementos generan muy poco del efecto total. (Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo, 1996), con la aplicación de esta herramienta, se espera enfocar los recursos disponibles en resolver los problemas de que representen la causa del 80% de las no conformidades en el

en el proceso de empaçado de azúcar, buscando con ello mejorar el proceso utilizando apropiadamente los recursos.

#### **6.2.5. Histograma**

De acuerdo a Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo (1996), el histograma es quizá la representación gráfica para datos continuos que más se conoce que permite visualizar la forma de la distribución de probabilidad que presenta una serie de datos, esta herramienta nos guiará para definir si el tratamiento estadístico a la información obtenida es la apropiada para los efectos de esta investigación.

#### **6.2.6. Gráfico de Control**

Un gráfico de control puede pensarse como una radiografía del proceso tomada en diferentes tiempos, aunque esta técnica estadística puede usarse con diversos objetivos, la mejor forma de referirla es asociándola al control del funcionamiento del proceso en tiempo real. Los gráficos de control se dividen de acuerdo a la naturaleza de la variable de calidad en gráficos para variables y gráficos para atributos, en el primer caso la variable de calidad es una naturaleza continua y en segundo nos referimos usualmente a una variable dicotómica (defectuoso o no defectuoso) (Ojeda R. Mario M y De León A, Guillermo, 1996).

Esta herramienta permitirá en el desarrollo de la investigación, representar gráficamente el desempeño del proceso, con la finalidad de establecer si se encuentran variaciones que afecten el cumplimiento de las especificaciones del producto procesado, su importancia radica en que las variaciones se identifican

en tiempo real permitiendo corregir en el menor tiempo posible para no generar producto no conforme.

Adicionalmente para determinar la relación de causalidad de las variables, Park, S., (2003) hace mención en el mismo capítulo de pruebas de hipótesis, regresión y correlación, experimentación, entre otras.

### **6.3. Prueba de hipótesis**

En situaciones industriales con frecuencia quieren decidir si los parámetros de una distribución tienen valores particulares o relaciones. Es decir, es posible que desee probar una hipótesis que la media o desviación estándar de una distribución tiene un cierto valor o que la diferencia entre dos medias es cero, el procedimiento de prueba de hipótesis se utiliza para estas pruebas.

Una hipótesis estadística se realiza por el siguiente proceso:

- a) Establecer una hipótesis nula ( $H_0$ ) que describe el valor o relación se está probando.
- b) Establecer una hipótesis alternativa ( $H_1$ ).
- c) Determinar un estadístico de prueba o regla, que se utiliza para decidir si se rechaza la hipótesis nula.
- d) Un valor de probabilidad especificado, denominado  $\sigma$ , el cual define la probabilidad máxima admisible que la hipótesis nula será rechazada cuando es verdadera.

- e) Recoger una muestra de las observaciones que se utilizará para probar la hipótesis, y luego encontrar el valor de la estadística de prueba.
- f) Encontrar el valor crítico del estadístico de prueba usando  $\sigma$  y una probabilidad correcta tabla de distribución.
- g) Comparar el valor crítico y el valor de la prueba estadística, debe decidir si la hipótesis nula es rechazada o no.

El resultado de la prueba de hipótesis es la decisión de rechazar o no rechazar la hipótesis nula. Park, S., (2003).

Las pruebas de hipótesis, serán de una gran utilidad en el desarrollo de la presente investigación, ya que darán el soporte correspondiente para validar si las causas que se consideran como las causantes de no conformidad en la producción se deben a las detectadas y por último corroborar si la implementación del control estadístico de proceso mejora o no la productividad de la línea de empaclado.

## 7. HIPÓTESIS

A continuación se presentan la hipótesis de la investigación y las variables que se tomarán para ésta.

Hipótesis de investigación

La aplicación de la metodología de control estadístico de procesos en una línea de empaçado de azúcar, incide en el aumento de la productividad.

Hipótesis nula

La aplicación de la metodología de control estadístico de procesos en una línea de empaçado de azúcar, no incide en el aumento de la productividad.

Variable independiente

Control estadístico de procesos

Variable dependiente

Productividad



## 8. CONTENIDO

A continuación se muestra el esquema general con el contenido que será incluido en el informe final luego de haber concluido la investigación.

### ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS/HIPÓTESIS

INTRODUCCIÓN

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
  - 1.1. Descripción del problema
  - 1.2. Alcances de la investigación
  - 1.3. Preguntas de investigación
  
2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO
  - 2.1. Características generales
  - 2.2. Productividad
    - 2.2.1. Eficiencia
    - 2.2.2. Mermas
    - 2.2.3. Eficacia
  - 2.3. Control estadístico de proceso
    - 2.3.1. Herramientas estadísticas básicas
      - 2.3.1.1. Diagrama de Flujo

- 2.3.1.2. Hoja de inspección
    - 2.3.1.3. Diagramas Causa Efecto
    - 2.3.1.4. Histogramas
    - 2.3.1.5. Diagrama de Pareto
    - 2.3.1.6. Gráficos de Control
    - 2.3.1.7. Diagramas de Dispersión
  - 2.3.2. Pruebas de hipótesis
- 3. CAPÍTULO III: SITUACIÓN ACTUAL
  - 3.1. Organización de la empresa
    - 3.1.1. Antecedentes históricos
    - 3.1.2. Descripción del proceso de empaçado de azúcar
      - 3.1.2.1. Recepción de materias primas
      - 3.1.2.2. Fortificación
      - 3.1.2.3. Empaque primario y secundario
      - 3.1.2.4. Paletizado
    - 3.1.3. Legislación aplicable
      - 3.1.3.1. Leyes generales
      - 3.1.3.2. Leyes específicas
- 4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA
  - 4.1. Metodología a utilizar para la investigación
  - 4.2. Fuente de datos para llevar a cabo la investigación
  - 4.3. Recolección de datos
- 5. CAPÍTULO V: PRESENTACIÓN DE RESULTADOS
  - 5.1. Análisis de datos
  - 5.2. Presentación de resultados

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
REFERENCIAS  
BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS



## 9. MÉTODOS Y TÉCNICAS

Considerando los objetivos de la presente investigación, se utilizará un diseño transeccional correlacional-causal ya que se pretende evaluar si la aplicación de una herramienta de calidad como el control estadístico de proceso, contribuye o no a un aumento de la productividad de una línea de empaclado de azúcar

La metodología se desglosa en las siguientes fases:

Fase 1: evaluación de los indicadores de productividad del proceso.

Para el efecto, se tomará una muestra de los turnos mensuales de la línea de producción, en donde se medirán las siguientes variables:

- a) Número de unidades defectuosas generadas en el proceso (reprocesadas).

Para determinar el número de unidades defectuosas, se llevarán registros del producto segregado por fallas en el material de empaque u cualquier otro incumplimiento de especificaciones de producto, a través de un registro apropiado.

- b) Cálculo de indicadores de la eficiencia de la línea de producción.

Para el cálculo de la eficiencia se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{Fórmula 1: Eficiencia} = \frac{\frac{\text{Producción (unidades)}}{\text{Tiempo de producción (hora)}}}{\text{Ritmo Producción} \left( \frac{\text{unidades}}{\text{hora}} \right)} * 100$$

- c) Cálculo de la productividad del uso de recursos por turno de producción de 12 horas para material de empaque.

$$\text{Fórmula 2: Productividad} = \left( 1 - \frac{\text{Empaque desperdiciado (kg)}}{\text{Empaque utilizado (kg)}} \right) * 100$$

- d) Cálculo de la productividad del uso de recursos por turno de producción de 12 horas para materia prima.

$$\text{Fórmula 3: Productividad} = \left( 1 - \frac{\text{Azúcar barrida (kg)}}{\text{Azúcar empacada (kg)}} \right) * 100$$

Para medir las variables de productividad por turno, se utilizará el universo de un mes de producción, que corresponde a 48 turnos de 12 horas, cada uno. Se evalúo tomar muestra, sin embargo el número de muestras es de 42 turnos al utilizar el programa de STATS2.0®, el cual se aproxima al universo, por lo que se considerará el universo de la población.

Fase 2: identificación de causas de generación de unidades defectuosas.

Se aplicarán las herramientas estadísticas de calidad, para identificar las causas de unidades defectuosas en la operación de empackado de azúcar, las cuales son:

- a) Diagrama de Flujo: se elaborará un diagrama que indique todo el proceso de empaçado de azúcar para identificar los puntos críticos para la calidad a controlar.
- b) Muestreo: se desarrollará un plan de muestreo para la materia prima, en donde se evaluará el contenido de humedad del azúcar, factor que puede incidir en la eficiencia de la línea de producción (ver anexo I).
- c) Hoja de chequeo de condiciones de proceso: se diseñará una hoja de chequeo para documentar las condiciones de operación, tales como la adición de micronutrientes al azúcar (ver anexo II) y el proceso de empaçado.
- d) Hoja de chequeo para evaluar producto no conforme: se registrarán la cantidad de unidades que salgan con defectos y sus causas.
- e) Diagrama de Pareto: se tabularán los registros de producto no conforme con sus causas, para determinar aquellas de mayor incidencia en el proceso.
- f) Diagrama Causa Efecto: al identificar las causas que generan la mayor cantidad de unidades defectuosas, se realizará un Diagrama Causa Efecto tomando en cuenta al equipo de producción.
- g) Gráfico de Control: se elaborará un gráfico de control para evaluar la conformidad del proceso de producción, utilizando  $\pm 3$  desviaciones estándar para definir los límites de control del proceso bajo evaluación.

Validación de causas: se evaluará la correspondencia del producto no conforme a las condiciones de proceso, aplicando pruebas de hipótesis para confirmar o descartar el efecto de las variables de proceso en la generación de producto no conforme.

Implementación de mejoras: se implementarán las mejoras al proceso que se definan, monitoreando el comportamiento de producto no conforme, se estima que esta etapa tendrá una duración de 3 meses.

Se estima que la identificación de causas durará un mes correspondiente a 48 turnos.

Fase 3: confirmación del aumento de la productividad después de implementar mejoras.

Después de haber implementado la metodología de mejora en el proceso de empaque, se evaluarán nuevamente las variables definidas en la fase 1, para el efecto, se tomará una muestra de los turnos mensuales de la línea de producción, en donde se medirán las siguientes variables:

- a) Número de unidades defectuosas generadas en el proceso (reprocesadas).

Para determinar el número de unidades defectuosas, se llevarán registros del producto segregado por fallas en el material de empaque u cualquier otro incumplimiento de especificaciones de producto, a través de un registro apropiado.

- b) Cálculo de indicadores de la eficiencia de la línea de producción.

Para el cálculo de la eficiencia se utilizará la siguiente expresión:

$$\text{Fórmula 1: Eficiencia} = \frac{\frac{\text{Producción (unidades)}}{\text{Tiempo de producción (hora)}}}{\text{Ritmo Producción}(\frac{\text{unidades}}{\text{hora}})} * 100$$

- c) Cálculo de la productividad del uso de recursos por turno de producción de 12 horas para material de empaque.

$$\text{Fórmula 2: Productividad} = (1 - \frac{\text{Empaque desperdiciado (kg)}}{\text{Empaque utilizado (kg)}}) * 100$$

- d) Cálculo de la productividad del uso de recursos por turno de producción de 12 horas para materia prima.

$$\text{Fórmula 3: Productividad} = (1 - \frac{\text{Azúcar barrida (kg)}}{\text{Azúcar empacada (kg)}}) * 100$$

Para medir las variables de productividad por turno, se utilizará el universo de un mes de producción, que corresponde a 48 turnos de 12 horas, cada uno.

Se corroborará a través de una prueba de hipótesis si los indicadores son diferentes y si estos representan una mejora en la productividad de la línea de operación, la cual se elaborará a través de paquetes estadísticos incluidos en la hoja electrónica de Excel.



## 10. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Se presenta la programación de las actividades a realizar para llevar a cabo la investigación.

Figura 1. Cronograma de actividades

No.	Tarea	2012												2013											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1	Definición de Tema																								
2	Elaboración de anteproyecto		■	■																					
3	Entrega de anteproyecto				■																				
4	Elaboración de protocolo						■	■																	
5	Entrega de protocolo								■																
6	Trabajo de campo																								
7	- Desarrollo Fase I																								
8	- Desarrollo Fase II																								
9	- Desarrollo Fase III																								
10	Análisis de resultados																								
11	Elaboración de tesis																								
12	Graduación																								

Fuente: elaboración propia.



## 11. RECURSOS NECESARIOS

### Humanos

- Un ingeniero a cargo del proyecto
- Un ingeniero de producción
- Un ingeniero de mantenimiento
- Operarios
- Un asesor del trabajo de investigación

### Tiempo

- El tiempo estimado del desarrollo de la investigación es de 6 meses iniciando en el mes de enero de 2013 a finales de junio 2013.

### Físicos

- Equipo de computación
- Impresora
- Teléfono
- Papel Bond
- Lapiceros

### Servicios

- Internet
- Fotocopias

- Impresión

Presupuesto

Tabla I. **Presupuesto**

<b>Categoría</b>	<b>Subtotal</b>
Asesor	Q.2,500.00
Físicos	Q.1,000.00
Servicios	Q.500.00
Imprevistos	Q.500.00
<b>TOTAL</b>	<b>Q.4,500.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## 12. BIBLIOGRAFÍA

1. Bartelsman, Eric, (2010) Searching for the sources of productivity from macro to micro and back. [Versión electrónica] *Industrial and Corporate Change* 19(6):1891-1917. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
2. Biswass, Pablo y Sarker, Bhaba. (2008) Optimal batch quantity models for a lean production system with in-cycle rework and scrap [Versión electrónica] *International Journal of Production Research* 46(23):6585-6610. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
3. Bohan, William, (2003) *El poder oculto de la productividad*, Colombia, Editorial Norma.
4. Díaz, E.; Díaz, C.; Flores, L. y Heyser, S., (2009) Estudio de la Variabilidad de Proceso en el Área de Envasado de un Producto Granular. [Versión electrónica] *Información Tecnológica*, 20(6):105-113. Recuperado 29 febrero 2012, de Base de Datos Ebsco Host.
5. Fundación para el Desarrollo [FUNDESA], (2011), Lanzamiento del informe de competitividad global 2011-2012. [en línea], Disponible en: [http://www.fundesa.org.gt/cms/content/files/cides/indices/Informe\\_de\\_Competitividad\\_Global\\_2011-2012.pdf](http://www.fundesa.org.gt/cms/content/files/cides/indices/Informe_de_Competitividad_Global_2011-2012.pdf).

6. Han, Jung H. (Ed) (2005) *Innovation in food packaging*, Reino Unido, Elseiver Academic Press.
7. Hernández Sampieri, R., Fernandez Collado, C., Baptista Lucio, P., (2010). Metodología de la Investigación. Quinta Edición. México, Macgraw-Hill.
8. Lee, Hau (1992) Lot sizing to reduce capacity utilization in a production process with defective items, process corrections and rework [Versión electronic] *Management Science* 38(9):1314-1328. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
9. Lee, Wen-Ruey (2007) A study on the quality-productivity relationship ant its verification in manufacturing industries. [Versión electronica] *The Engineering Economist*, 52:117-139. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
10. Li, Jingshan, (2004) Performance analysis of production systems with reworks loops. [Versión electrónica] *IIE Transactions* 36:755-765. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
11. Maldonado, Ronald y Graziani, Lucía. (2007) Herramientas estadísticas de la Calidad para la diagnosis: Estudio de un caso en la industria de productos cárnicos. [Versión electrónica] *Interciencia* 32(10):707-711. Recuperado 29 febrero 2012, de Base de Datos Ebsco Host.

12. Ojeda R., Mario M y De León A., Guillermo (1996). *Metodología Estadística Básica: Principios y herramientas para plantear y resolver problemas en un contexto organizacional*, México, Universidad Autónoma de Guerrero.
13. Park, Sung. (2003) *Six Sigma for Productivity Promotion*, Japan, Asian Productivity Organization.
14. Perez, J., Patiño, C y Usuga, O. (2010), Uso de herramientas de mejoramiento y su incidencia en costos, fallas y factores de éxito de grandes y medianas empresas industriales del Valle de Aburrá, *Gest. Prod.*, S, 57(3):589-602. Recuperado 29 febrero 2012, de Base de Datos Ebsco Host.
15. Ravé, J., Patiño, C. y Úsuga, O., (2010) Uso de herramientas de mejoramiento y su incidencia en costos, fallas y factores de éxito en grandes y medianas empresas industriales del Valle de Aburrá. [Versión electrónica] *Gest. Prod.*, 17(3):589-602. Recuperado 29 febrero 2012, de Base de Datos Ebsco Host.
16. Reglamento para la fortificación del azúcar con vitamina A. (2000, 07 de enero), *El Diario de Centroamérica* (2000, 11 de enero), Guatemala
17. Roth, H. P. (2005), How SPC can help cut costs. *Journal of Corporate Accounting & Finance*, 16: 21–29. doi: 10.1002/jcaf.20099. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.

18. Salinas, M., Lopez Garrigos M., Flores, E., Gutierrez, M., Lugo, J y Uris, J. (2009), Three years of preanalytical errors: Quality specifications and improvement through implementation of statistical process control [versión electrónica] *Scandinavian Journal of Clinical & Laboratory Investigation*,69(8):822-826. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
19. Verma, S.S. (2011) Process control. [Versión Electrónica] *Chemical Bussiness*, 50:52. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.
20. Young, T.M., Bond, B.H. y Wiedenbeck, J. (2007). Implementation of a real-time process control system in hardwood sawmills.[versión electronica] *Forest Prod.J. 1 57(9):54-62*. Retrieved, February, 29, 2012, from Ebsco Host Academic Search Premier Database.

## **ANEXOS**

### **ANEXO I. PROCEDIMIENTO MUESTREO MATERIA PRIMA**

El azúcar es transportada en sacos con capacidad de 1.25 toneladas, cada unidad transporta de 22 a 24 sacos, para el procedimiento de muestreo se considera un saco como unidad de muestreo.

Toda unidad que transporte azúcar, deberá ser muestreada bajo el siguiente procedimiento:

- a) Se registra la información del tipo de azúcar, proveedor, numero de envío y número de lote.
- b) Se seleccionan 4 sacos en donde se toma una alícuota de 200 gramos de azúcar.
- c) Cada alícuota es recolectada en una bolsa de polietileno.
- d) La muestra se identifica con el número de lote de la materia prima.
- e) La muestra es trasladada al laboratorio para su análisis.

Este procedimiento toma de referencia las Directrices Generales de Muestreo del Codex Alimentarius.

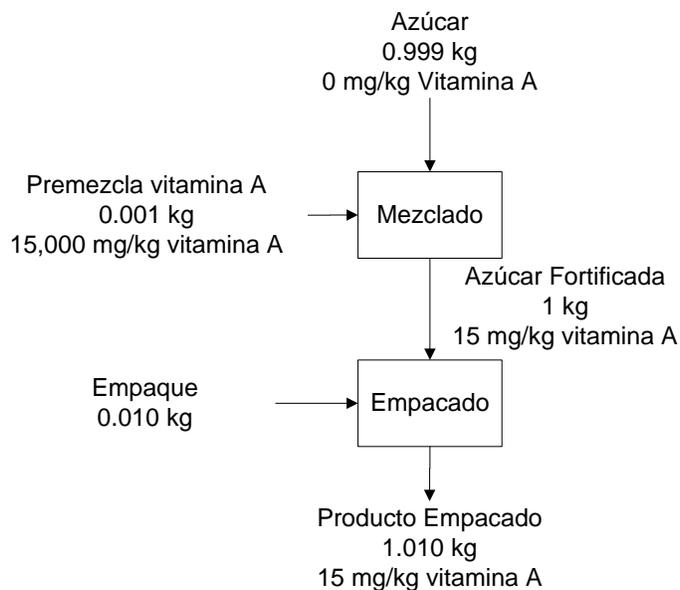


## ANEXO II. ADICIÓN DE VITAMINA A

El proceso de adición de micronutrientes al azúcar se realiza con dosificadores gravimétricos de azúcar sin micronutrientes y una pre-mezcla de azúcar con vitamina A a una concentración definida, este proceso constituye una operación unitaria de mezclado de sólidos.

Para establecer los flujos correctos del proceso que se desea tener bajo control para cumplir con las especificaciones realizarse un balance de masa, de la siguiente forma:

Figura 2. Balance de masa de adición vitamina A



Fuente: elaboración propia

a) Balance de azúcar:

$$A + P = PT$$

En donde:

A = Masa de azúcar

P = Masa de pre-mezcla de vitamina A

PT = Masa de producto terminado

b) Balance de vitamina A:

$$A * [\text{vitamina A}] + P * [\text{vitamina A}] = PT * [\text{vitamina A}]$$

En donde:

A = Masa de azúcar

P = Masa de pre-mezcla de vitamina A

PT = Masa de producto terminado

[vitamina A] = Concentración vitamina A mg/kg

Resolviendo los anteriores sistema de ecuaciones, se establecen las condiciones a controlar para garantizar el cumplimiento de las especificaciones establecidas.