



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

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS  
LIMITACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEIS SIGMA EN EL  
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO**

**Kevin David Monzón Sandoval**

Asesorado por el MSc. Ing. José Francisco Zurita Echeverría

Guatemala, marzo de 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS  
LIMITACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEIS SIGMA EN EL  
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**KEVIN DAVID MONZÓN SANDOVAL**

ASESORADO POR EL MSc. Ing. JOSÉ FRANCISCO ZURITA ECHEVERRÍA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, MARZO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

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

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Ángel Roberto Sic García (a.i.)
EXAMINADOR	Ing. José Rolando Chávez Salazar
EXAMINADORA	Inga. Nora Leonor García Tobar
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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

### **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS LIMITACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEIS SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 8 de marzo de 2016.

**Kevin David Monzón Sandoval**



**USAC**  
**TRICENTENARIA**  
 Universidad de San Carlos de Guatemala

**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Teléfono 2418-9142 / Ext. 86226**



**AGS-MGIPP-0005-2016**

Guatemala, 08 de marzo de 2016.

Director  
 Ing. Juan José Peralta Dardón  
 Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
 Presente.

Estimado Director:

Reciba un atento y cordial saludo de la Escuela de Estudios de Postgrado. El propósito de la presente es para informarle que se ha revisado los cursos aprobados del primer año y el Diseño de Investigación del estudiante **Kevin David Monzón Sandoval** carné número **2010 20353**, 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"*

José Francisco Zurita Echeverría  
 Ingeniero Civil  
 No. de Colegiado 7757  
 Master en Ingeniería Sanitaria

MSc. Ing. José Francisco Zurita Echeverría  
 Asesor (a)

MSc. Inga. Alba Maritza Guerrero Spinola  
 Coordinadora de Área  
 Gestión y Servicios

MSc. Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
 Director  
 Escuela de Estudios de Postgrado



Cc: archivo  
 /ec



REF.DIR.EMI.044.016

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación en la modalidad Estudios de Postgrado titulado **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS LIMITACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEIS SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO**, presentado por el estudiante universitario **Kevin David Monzón Sandoval**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Ing. Juan José Peralta Dardón  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, marzo de 2016.

/mgp

Universidad de San Carlos  
De Guatemala

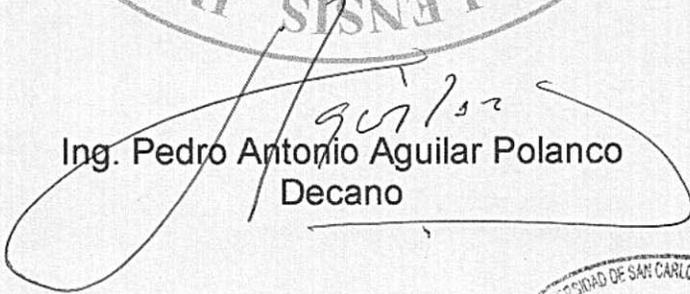


Facultad de Ingeniería  
Decanato

Ref. DTG.136-2016

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE LAS LIMITACIONES PARA EL CUMPLIMIENTO DEL SEIS SIGMA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO**, presentado por el estudiante universitario: **Kevin David Monzón Sandoval**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco  
Decano



Guatemala, marzo de 2016

/cc

## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la base de mi vida, quien me ha dado tantas bendiciones y me ha permitido cumplir mis sueños.
<b>Mis padres</b>	Nineth Sandoval y Byron Monzón, por todo su amor en cada segundo de mi vida, mi inspiración.
<b>Mis hermanas</b>	Debbie y Aury, por todo su amor y aprecio y ayuda en todo momento.
<b>Mi sobrino</b>	Christian, por ser como un hijo para mí, mi motivo a ser mejor cada día.
<b>Mi tía</b>	Mayra Monzón, por motivarme a ser un profesional y un hombre de bien.
<b>Mi abuela</b>	Aury Hernández, por guiarme a cumplir mis metas y sueños, que en paz descanse.
<b>Mis amigos</b>	Francisco Nolasco, Nery Mejía, Jorge Lima, Otoniel Barrios, Luis Martínez, Factor Alvarez, por todos los buenos momentos vividos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Universidad de San  
Carlos de Guatemala**

Por ser la casa de estudios que me brindó el acceso para ser profesional.

**Facultad de  
Ingeniería**

Por brindarme las herramientas profesionales necesarias para aportar en el desarrollo de una Guatemala mejor.

**Mis amigos de  
la Facultad**

Daniel Robles, Roberto Catalán, Cesar García, Gustavo Van Houtven, Vinicio Armas, Rigoberto Cantoral, Juan Ramírez, Luis Machic, Isabel Arana, por acompañarme en este bendecido trayecto.

**Ana Lorena Ordoñez**

Por todo su cariño y acompañamiento a lo largo de la carrera.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. ANTECEDENTES .....	5
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	7
3.1. Descripción del problema .....	7
3.2. Delimitación del problema .....	8
3.3. Formulación del problema .....	9
3.4. Viabilidad.....	10
3.5. Consecuencias de la investigación.....	10
4. JUSTIFICACIÓN .....	13
5. OBJETIVOS .....	15
6. ALCANCE .....	17
7. MARCO TEÓRICO.....	19
7.1. Antecedentes generales.....	19
7.1.1. Definición del cuaderno .....	19
7.1.2. Antecedentes de la utilización de cuadernos.....	19
7.1.3. Historia del cuaderno.....	20
7.1.4. Componentes del cuaderno.....	20

7.1.5.	Uso y beneficios de la utilización de cuadernos en la sociedad .....	21
7.1.6.	Situación guatemalteca de la industria manufacturera de cuadernos.....	22
7.2.	Producción .....	23
7.2.1.	Función de la producción y operaciones .....	23
7.2.2.	La producción como una función organizacional.....	24
7.2.3.	La producción como un conjunto jerárquico de decisiones .....	25
7.2.4.	Decisiones estratégicas.....	26
7.2.5.	Decisiones tácticas.....	26
7.2.6.	Decisiones operativas .....	26
7.2.7.	Decisiones de la producción.....	27
7.2.8.	La función de producción y la competitividad empresarial.....	28
7.3.	Sistema .....	31
7.3.1.	Características de los sistemas.....	31
7.3.2.	Clasificación de los sistemas.....	32
7.3.3.	El enfoque en sistemas .....	32
7.3.4.	Sistema productivo .....	33
7.3.5.	Caracterización de los sistemas productivos.....	33
7.3.6.	Límites o fronteras.....	34
7.3.7.	Medio o entorno .....	34
7.3.8.	Meta o misión y objetivos .....	35
7.3.9.	Recursos del sistema .....	35
7.3.10.	Transformación .....	35
7.3.11.	Resultados .....	35
7.3.12.	Información.....	36
7.3.13.	Retroalimentación .....	36

7.3.14.	Estabilidad u homeóstasis dinámica.....	36
7.3.15.	Entropía .....	37
7.3.16.	Equifinalidad .....	37
7.3.17.	Jerarquía.....	37
7.3.18.	Especialización .....	38
7.3.19.	Totalidad.....	38
7.3.20.	Tipos de sistemas de producción .....	38
7.3.21.	Sistema de producción unitaria.....	38
7.3.22.	Sistema de producción seriada.....	39
7.3.23.	Sistema de producción masiva .....	39
7.4.	Teoría de las limitaciones .....	40
7.4.1.	Origen de la teoría .....	40
7.4.2.	Descripción .....	41
7.4.3.	Aplicación de la metodología .....	41
7.4.4.	Identificar la limitación del sistema .....	41
7.4.5.	Decidir cómo explotar la limitación del sistema .....	41
7.4.6.	Subordinar todas las actividades del sistema .....	42
7.4.7.	Superar la limitación del sistema .....	42
7.4.8.	Implementar y volver a analizar el sistema.....	43
7.4.9.	Tipos de limitaciones .....	44
7.4.10.	Ejemplo de limitaciones .....	44
7.4.11.	Sistema DBR (Drum, Buffer, Rope) .....	46
7.4.12.	Debilidades del método de programación DBR.....	47
7.5.	Seis Sigma .....	48
7.5.1.	Origen.....	48
7.5.2.	Concepto .....	49
7.5.3.	Métrica del Seis Sigma .....	49
7.5.4.	Metodología Seis Sigma.....	51
7.5.5.	Medición de Seis Sigma .....	54

7.5.6.	Utilización del Seis Sigma .....	55
8.	PROPUESTA DE ÍNDICE .....	57
9.	METODOLOGÍA .....	63
9.1.	Tipo de estudio.....	63
9.2.	Diseño de la investigación.....	63
9.3.	Variables e indicadores .....	64
9.4.	Población y muestra.....	69
9.5.	Análisis y obtención de información .....	69
9.6.	Fase de metodología a aplicar .....	70
9.6.1.	Fase 1 .....	70
9.6.2.	Fase 2 .....	71
9.6.3.	Fase 3 .....	72
9.6.4.	Fase 4 .....	73
9.6.5.	Fase 5 .....	74
9.6.6.	Fase 6 .....	74
10.	TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN .....	75
10.1.	Análisis de la información.....	75
11.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	77
12.	FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO.....	79
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	81
8.	ANEXOS.....	87

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	La administración de operaciones como función de la organización ...	25
2.	Área bajo la curva normal .....	50
3.	Área bajo la curva normal .....	51
4.	Cronograma de actividades .....	77

### TABLAS

I.	Cambios en el papel dominante de las funciones en el planteamiento de la estrategia de la empresa.....	29
II.	Resumen de variables.....	68
III.	Recurso humano .....	79
IV.	Recurso materiales .....	80
V.	Presupuesto .....	80



## GLOSARIO

<b>Limitación</b>	Acción de establecer o fijar los límites de algo.
<b>Mejora continua</b>	Herramienta de mejora para cualquier proceso o servicio, la cual permite un crecimiento y optimización de factores importantes de la empresa que mejoran el rendimiento de esta en forma significativa
<b>Operación</b>	Ejecución de una acción.
<b>Proceso</b>	Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.
<b>Producción</b>	Fabricación o elaboración de un producto mediante el trabajo.
<b>Productividad</b>	Capacidad de la naturaleza o la industria para producir.
<b>Teoría</b>	Conjunto de reglas, principios y conocimientos acerca de una ciencia, una doctrina o una actividad, prescindiendo de sus posibles aplicaciones prácticas.



# 1. INTRODUCCIÓN

Ante la inminente competencia extranjera de cuadernos de espiral doble anillo en el mercado guatemalteco, la cual gana cada vez más mercado, se ha identificado la necesidad de generar ventaja competitiva a través de la aplicación de ciertas metodologías de mejora continua, idealmente de aquellas las cuales no requieran gran inversión tecnológica y económica, con el objetivo de no perder participación de mercado ante sus competidores, es así como la Teoría de las Limitaciones se convierte en una herramienta útil para el mejoramiento de la productividad del producto en mención.

En Guatemala, hay una empresa manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo, que se encuentra con el problema: radica en la relación de tiempos de entrega versus la calidad del producto; la industria es pequeña y el alcance es local, pertenece a una familia de productos estacionales, en donde al terminar la temporada escolar disminuye notablemente la producción de cuadernos, es por ello que la gran mayoría de maquinaria utilizada sigue siendo la misma de décadas atrás, y es por ello que no se cuenta con tecnología de punta en los procesos, ya que el retorno de inversión por maquinaria nueva es muy largo, y la venta de la maquinaria usada es sumamente limitada a nivel global al igual que la industria. Es por esta razón que muchas veces provoca atrasos de producción derivados de problema en la maquinaria la cual afecta calidad en el producto.

El cuaderno es una herramienta útil que se utiliza en el diario vivir de toda persona, desde un niño que inicia sus estudios a corta edad, como el profesional que lo utiliza para tomar nota de asuntos importantes; es por esta

razón que la aplicación de la Teoría de las Limitaciones en el proceso de producción de cuadernos doble anillo que beneficia a todo guatemalteco, debido a que el incremento de la productividad del proceso de fabricación, logra mantener costos de fabricación y mejoramiento de la calidad, la cual es tangible para las personas consumidoras.

Los resultados esperados de la siguiente investigación serán la identificación de las limitantes (cuellos de botella) que se encuentran dentro de cada proceso de producción del sistema productivo de cuadernos de espiral doble anillo; para posteriormente eliminarlos por medio de propuestas de mejora, con el fin objetivo de incrementar la productividad de cada uno de los procesos el cual obligará a producir en un nivel Seis Sigma. Siendo esta teoría una herramienta valiosa en el área de producción, pues su correcta aplicación trae resultados más a fondo, como la reducción de tiempos muertos, minimización de operaciones, que a la larga reducen costos en general, y mejora la rentabilidad del negocio.

Se desarrollan los siguientes capítulos en la investigación:

CAPÍTULO I: Se amplía el tema sobre el producto del cual se hará el estudio, de los cuadernos, en el cual se incluye historia, componentes, usos y beneficios de esta herramienta de la humanidad.

CAPÍTULO II: Se explica la teoría de las limitaciones, los beneficios de la misma y la metodología de aplicación; también se hace énfasis en el Seis Sigma, en el cual se encontrará la importancia de lograr producir a este nivel.

CAPÍTULO III: Se describe la situación actual de una empresa manufacturera de cuadernos, y es donde inicia la identificación de factores

influyentes, la recolección y el análisis de variables e indicadores que intervienen en cada de las líneas de producción.

CAPÍTULO IV: Una vez identificada la situación en que se encuentra la empresa, así como los indicadores y variables, se procede a realizar la propuesta de aplicación de la Teoría de las Limitaciones en la cual se incluye el sistema DBR y la metodología para identificar las limitaciones (cuellos de botella).

CAPÍTULO V: Se describen los resultados obtenidos al haber aplicado la metodología de producción propuesta, en la cual surge una toma de decisión para eliminar las limitaciones que se identificaron.

CAPITULO VI: Se desarrolla una metodología de trabajo, la cual permite mantener constantemente la eficiencia de la metodología de producción, al reducir las limitaciones surgentes a través del tiempo.



## 2. ANTECEDENTES

A finales de la década de 1970, el físico Eliyahu Goldratt creó un nuevo sistema de producción que lo denominó Tecnología de Producción Optimizada, (OPT), presentándola como alternativa válida para ganar la carrera competitiva a los japoneses. La OPT luego se convertiría en la Teoría de las Limitaciones aplicada al sistema de producción.

Con este nuevo enfoque numerosas empresas occidentales lograron buenos resultados en poco tiempo. Quizá, debido a este éxito es que Goldratt comenzó a realizar profundos estudios con el objetivo de conformar un nuevo cuerpo teórico que sirviera para mejorar la gestión de todos los sistemas de cualquier tipo de organización, ya sea industrial o de servicios. Para ello siguió el mismo esquema de análisis, es decir, descubrir la restricción del sistema y hacer girar todo el proceso de gestión basándose en ellas; a la teoría que poco a poco iba conformando le dio el nombre de Teoría de las Limitaciones (TOC: Theory of constraints). Goldratt (1993)

En Guatemala, el proceso de producción de cuadernos de espiral doble anillo es muy variado, y muchos de sus procesos son manuales, por lo cual se tienen deficiencias en cuanto a la optimización de sus procesos.

García (2006), usa la Teoría de Restricciones en un proceso de producción de costura de pantalones en la empresa KORAMSA. Se logró una reducción del 80 % del inventario en proceso y del 30 % en el costo de la mano de obra.

Elías (2003), Aplica la Teoría de Restricciones en la administración de operaciones de una empresa del rubro de bebidas y alimentos, logrando un mejoramiento en el servicio al cliente.

Marín (2013), Implementa la Teoría de las Limitaciones para la sincronización de operaciones en la cadena de suministros. Obteniendo como resultado una mejora en el cumplimiento del programa de producción y una reducción en el costo por compra de materias primas.

Adamczak (2011), Integra la Teoría de las Limitaciones en la reorganización del sistema de gestión de una empresa, en el cual logra la aceleración en el proceso de atención al cliente mediante la coordinación de las actividades de todos los departamentos implicados en el sistema.

Zivaljevic (2015), Logra determinar las causas de las demoras en el transporte público de Nueva Zelanda, logrando una sincronización de las rutas, reduciendo los tiempos de espera por usuario en un 20%, al lograr implementar la Teoría de las Limitaciones en el sistema de estudio.

Aunado a lo anteriormente expuesto, en Guatemala se carece de antecedentes acerca de análisis e investigaciones adecuadas a los procesos productivos de las industrias de cuadernos de espiral doble anillo por medio de la Teoría de las Limitaciones y a su vez la escasa información que se encuentra disponible no refleja mejoras de consideración a la productividad de la industria en mención.

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

El problema consiste en la pérdida de participación de mercado por parte de las empresas manufactureras de cuadernos de espiral doble anillo en el mercado guatemalteco, derivadas de retrasos en la producción de los productos y recurrentes fallas en el producto final, el cual impacta directamente en la incapacidad de satisfacer la demanda a corto plazo de sus clientes, la cual es aprovechada por empresas extranjeras con productos de mejor calidad y tiempos de entrega a tiempo.

#### **3.1. Descripción del problema**

La fabricación de cuadernos de espiral doble anillo, suele envolver una serie de procesos bastante complejos, desde que se obtiene la materia prima para trabajar hasta que el producto es terminado y listo para ser despachado.

Los procesos en la mayoría de industrias de este tipo suelen ser muy variados, por lo mismo no se sigue un flujo continuo en la forma de trabajar, lo cual genera que las eficiencias en las líneas de producción tengan deficiencias, especialmente en los desperdicios y a su vez esto repercute en los índices generales de productividad.

Esta industria pertenece a una familia estacional de producción, debido a que la demanda de cuadernos de espiral doble anillo únicamente se realiza en ciertos meses del año, en los cuales los volúmenes demandados son altos y los tiempos de despacho cortos, lo que conlleva a extender horarios de turnos para lograr despachar a tiempo, aunque no todas las veces puede ser cumplida.

Derivando rechazo de productos por entregas fuera de tiempo, incremento en los costos de producción y pérdida de clientes.

Basado en la observación sistemática del proceso, se puede argumentar que existen deficiencias que son susceptibles de ser superadas, Se observa que la empresa tiene maquinaria obsoleta. Por lo tanto, el mantenimiento de maquinaria antigua provoca inestabilidad en el proceso, debido a fallas a corto plazo, las cuales atrasan el plan productivo, saturando las otras líneas de la cadena de producción y muchas veces afectan directamente la calidad del producto.

El conjunto de pertenecer a una producción estacional y contar con maquinaria antigua provocan que los índices de reproceso y producto desechado sean altos, lo que crea una inestabilidad para controlar el punto de equilibrio en costos de producción, de tal manera que las expectativas de ser competidores por medio del liderazgo en costos se ven limitadas.

Una vez descritas las características del problema y conocer las restricciones inherentes de las operaciones como lo es la estacionalidad de producción y la maquinaria antigua, conlleva a buscar una solución de ingeniería, que logre una estabilidad en el proceso de producción, y así aprovechar de mejor manera los recursos disponibles, logrando la competitiva deseada.

### **3.2. Delimitación del problema**

La investigación se realizará en una empresa dedicada a la manufactura de cuadernos del municipio de Chinautla del departamento de Guatemala, en un periodo de 6 meses, iniciando en marzo de 2016 hasta agosto de 2016

tiempo en el cual se aplicará la teoría de las limitaciones en el proceso productivo del cuaderno de doble anillo.

- Alcance de tiempo: la investigación será desarrollada a partir del mes de enero de 2016 hasta finalizar el mes de junio 2016.
- Alcance de espacio: se realizará en la planta de la empresa manufacturera de cuadernos del municipio de Chinautla del departamento de Guatemala.
- Alcance metodológico: se realizará una identificación por medio de observación directa de los procesos actuales de la cadena productiva, de esta manera será posible realizar la propuesta de aplicación de la Teoría de las Limitaciones.
- Exploración de problemas: se describe cómo afectan los cuellos de botella en la cadena productiva, los cuales generan atrasos en el plan de la producción, que se ve reflejado en despachos fuera de tiempo y productos fuera de especificación.
- Aplicabilidad de los resultados: son válidos para el área de producción y mantenimiento.

### **3.3. Formulación del problema**

Pregunta central:

- ¿Cómo mejorar el proceso de manufactura de cuadernos de espiral doble anillo?

#### Preguntas de Investigación:

- ¿Cuál es la situación de la empresa dedicada a la manufactura de cuadernos de espiral doble anillo al momento de realizar el proyecto?
- ¿Cuáles son las limitaciones que se detectan al analizar el proceso?
- ¿Cuál será la mayor limitación que se obtiene de acuerdo a los resultados obtenidos?
- ¿Cuáles serán los costos que se reducirán al aplicar la Teoría de las Limitaciones en una empresa manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo?

#### **3.4. Viabilidad**

Se cuenta con el apoyo de la alta gerencia de la empresa manufacturera de cuadernos, quienes facilitaran toda la información y los permisos que sea de utilidad para la solución de los problemas descritos, con base a una metodología plenamente identificada como lo es la Teoría de las Limitaciones.

Adicional, se dispone del recurso de tiempo y de capital monetario por parte del investigador para realizar el planteamiento de la solución al problema.

#### **3.5. Consecuencias de la investigación**

La resolución de la problemática identificada en este trabajo de investigación, genera resultados muy positivos en la industria guatemalteca, principalmente en la industria manufacturera de cuadernos, debido al

mejoramiento de la productividad en los procesos por medio de gestiones administrativas necesarias identificadas, las cuales requieren poca inversión y cambios nulos respecto a la maquinaria y equipo.

Las consecuencias de no realizar la investigación propuesta pueden desencadenar una serie de resultados negativos sobre la competitividad de las empresas manufactureras de cuadernos en Guatemala, debido a la progresiva baja rentabilidad a través del tiempo que puede generarse. Quedando rezagadas respecto a su competencia internacional, hasta el punto de desaparecer del mercado.



## 4. JUSTIFICACIÓN

Se toma como base la línea de investigación metodologías de producción de la maestría en Gestión Industrial, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Esta investigación se hace necesaria debido a la alta cantidad de producto defectuoso a la que está expuesta la industria manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo, por lo que se espera que al aplicar la Teoría de Limitaciones en la industria en mención, permita cumplir con una producción eficiente hasta un nivel Seis Sigma (3.4 defectos por millón producido).

La importancia de desarrollar la presente investigación es debido al alto índice de desperdicio y niveles de reproceso a los cuales se encuentra expuesta la fabricación de cuadernos de espiral doble anillo, lo cual genera un incremento en el costo de producción y un mal aprovechamiento de recursos y esto se ve reflejado en un precio de venta elevado, productos fuera de conformidad y despachos fuera de tiempo.

La necesidad de realizar la investigación surge ante las inminentes amenazas a las cuales se encuentra expuesta la industria guatemalteca manufacturera de cuadernos, la cual corre el riesgo de desaparecer como participante en el mercado guatemalteco, abrumado por la calidad y pronta capacidad de satisfacer la demanda con la que cuenta la competencia extranjera.

La motivación del investigador surge ante la pobre aplicación de la Teoría de las Limitaciones en industrias guatemaltecas, metodología que ha sido aplicada a través del tiempo en diferentes partes del mundo, la cual ha

mejorado radicalmente a empresas con serios problemas productivos, convirtiéndolas en empresas sumamente competitivas. Adicional a ello, se cuenta con el deseo de aplicar los conocimientos que se han adquirido en la maestría de Gestión Industrial, principalmente de los cursos de Ingeniería de la Productividad y Metodología de la Producción.

Los beneficios de esta investigación se reflejan en un incremento de utilidad, disminuyendo la cantidad en kilos de desperdicio de papel y alambre, reproceso del producto final y una disminución de quejas por parte del cliente. La industria manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo de Guatemala será la mayor beneficiada al terminar el estudio, ya que se podrá hacer un análisis a cada uno de los procesos y mejorarlos de manera que se logre una producción eficiente hasta un nivel Seis Sigma.

## 5. OBJETIVOS

### **General**

Aplicar la Teoría de las Limitaciones para el cumplimiento del Seis Sigma en el proceso de producción de cuadernos de espiral doble anillo.

### **Específicos**

1. Describir la situación en que se encuentra el proceso para la fabricación de cuadernos de espiral doble anillo en la empresa.
2. Analizar las limitaciones que han sido detectadas en el proceso.
3. Implementar la teoría de las limitaciones en el proceso de producción.
4. Evaluar la implementación del proceso de producción con la Teoría de las Limitaciones para el cumplimiento Seis Sigma en cuanto a costos de producción.



## 6. ALCANCE

Desde la perspectiva de investigación el estudio tendrá un alcance descriptivo, debido a que se dan a conocer las características observables de la unidad de análisis. Y se desarrolla con un enfoque mixto. Se utilizará la observación directa para la descripción de los procesos de manufactura y se considera el punto de vista holístico el cual involucra a todos los elementos que lo conforman para realizar el análisis

Bajo la perspectiva técnica, para la ejecución y obtención de resultados positivos, contribuirá la efectividad de la Teoría de las Limitaciones en la optimización de procesos; para lo cual deben ser determinadas todas las limitaciones del sistema y reducirlas al máximo.

El alcance técnico será obtenido a partir de la aplicación de herramientas de control estadístico, mejora continua y verificación, las cuales secundarán a la eficiente aplicación de la Teoría de las Limitaciones para el cumplimiento del Seis Sigma en el proceso.

Bajo la perspectiva de resultados, la eliminación de cuellos de botella permitirá lograr una producción estable, de tal manera que ninguna línea será saturada, reduciendo así las incidencias de calidad identificadas y la producción a tiempo de los productos. Sin embargo, utilizando como base el principio de validez interna, se ensayara la solución con una porción de las líneas del proceso, que conducirá a comprobar la solución con el resto de procesos involucrados.

Se llegará a reducir las limitantes en el sistema que impiden una producción continua y eficiente de unidades producidas por unidad de tiempo.

## **7. MARCO TEÓRICO**

### **7.1. Antecedentes generales**

A continuación, se describen los antecedentes generales y las definiciones utilizadas en este trabajo de graduación.

#### **7.1.1. Definición del cuaderno**

Se define como el conjunto de hojas de papel, impresas o en blanco, unidas con una espiral o dobladas, encajadas o cosidas, que forman un libro delgado y que sirve para anotar cosas.

#### **7.1.2. Antecedentes de la utilización de cuadernos**

El cuaderno se considera un libro de menor tamaño que tiene como finalidad, la toma de notas.

Los artistas hacen uso de cuadernos de mayor tamaño que generalmente contienen espacios en blanco que les permite dibujar. Los abogados son conocidos también por la utilización de cuadernos de mayores dimensiones, que suelen contener papel rayado de forma horizontal para realizar sus anotaciones. Por otra parte, los científicos e investigadores hacen uso de los cuadernos para documentar de manera continua, muchas veces el interior contiene una cuadrícula, la cual permite una facilidad en el trazado de datos. Piña (2013).

La sujeción del cuaderno es muy variada, la cual ha cambiado a través del tiempo, adaptándose a las necesidades de los consumidores. La última tendencia es la sujeción de cuadernos por medio de alambre, el cual es colocado en forma de anillo, logrando un mejor manejo por porte de las hojas; también se utiliza la sujeción por cosido de hojas, engrapado o pegado.

### **7.1.3. Historia del cuaderno**

El cuaderno surge en Australia el año de 1920, por J. A. Birchall, quien fue el primero en sujetar una serie de hojas de papel con una cartulina como cubierta de las mismas, de esta manera evitaba que las hojas se desprendieran y protegía los apuntes.

En América latina el cuaderno surge a mediados del siglo XIX, cuando se inicia la manufactura del papel, y en Chile se utiliza como materia prima la paja de trigo. Para esa época, el papel era un recurso muy escaso y de costo elevado. Sin embargo, cuando la producción se convierte masiva, el cuaderno pasa a ser el principal útil escolar en las aulas de clase.

Antes de que el cuaderno se convirtiera en el principal útil en las aulas de clase había que esperar hasta los grados más avanzados de escolaridad para iniciar el proceso de aprendizaje escritura.

### **7.1.4. Componentes del cuaderno**

El cuaderno se compone principalmente de un interior de papel bond, el cual puede ser sin impresión o ya sea con un tipo de impresión según sea la utilización del mismo (líneas horizontales, cuadros de 5mm u 8 mm, doble línea, etc.) adicional, debe contar con una portada, la cual generalmente es de cartón,

y se comercializa con un tipo de diseño que es atractivo para el consumidor, pero su principal propósito es resguardar de cualquier sustancia los escritos que se encuentran en su interior. Por otra parte, se debe contener una contraportada, la cual tiene el mismo objetivo que la portada; sin embargo, esta generalmente no contiene ningún tipo de diseño.

Por último, para que pueda ser considerado como cuaderno, debe contener un medio de sujeción, el cual puede ser por alambre plastificado en forma de anillo espiral, alambre engrapado, hilo cosido o bien pegamento.

#### **7.1.5. Uso y beneficios de la utilización de cuadernos en la sociedad**

El cuaderno es utilizado por toda persona, desde un niño que desarrolla su proceso de aprendizaje en pre escolar, hasta un anciano que realiza anotaciones. El uso del cuaderno es muy variado, ya que es aplicado por cualquier persona que desea realizar una anotación, por tanto el beneficio de la utilización del cuaderno es para toda la sociedad.

El cuaderno es una herramienta que facilita la escritura, permite resguardar apuntes importantes y desarrollar capacidades en las personas por medio de la escritura, por lo que el mejoramiento en los procesos y la calidad de los productos, permite dotar de esta herramienta a una sociedad, sin afectar los recursos naturales para su elaboración.

Un cuaderno puede ser encontrado en toda escuela, universidades, centros de investigación, plantas de producción, empresas de servicios, iglesias, hospitales y principalmente en cada hogar, en cualquier país del planeta.

#### **7.1.6. Situación guatemalteca de la industria manufacturera de cuadernos**

En Guatemala existen cuatro empresas que se dedican a la manufactura de cuadernos, tres de ellas ubicadas en el departamento de Guatemala y una en el municipio de El Progreso.

En el territorio guatemalteco es muy común encontrar diversas marcas extranjeras de cuaderno, siendo este un reflejo de la pérdida de participación de mercado de la industria nacional. Los productos extranjeros ofrecen principalmente una competencia respecto al costo de venta, sin embargo, también es notable la diversidad de estilos, tamaños y diseños que ofrecen, logrando de esta manera penetrar al mercado nacional de manera simple.

Un factor a tomar en cuenta, es el poco interés por realizar investigaciones de mejora en la industria en mención, Guatemala no cuenta con un normativo técnico como país, que regule la manufactura de cuadernos y la comercialización de los mismos, por lo que, permite a industrias extranjeras comercializar sus productos sin cumplir un estándar nacional. La inexistencia de este normativo técnico da la pauta para que cada empresa nacional produzca cuadernos de una forma no estandarizada, generando así, diversidad de productos que muchas veces no cumplen las expectativas de los clientes y adquieren dificultades para exportar a países que si regulan esta industria.

Cada empresa manufacturera de cuadernos en el territorio guatemalteco carece de tecnología y uniformidad de los procesos, debido al alto costo de la maquinaria y su retorno de inversión se duplica, al pertenecer toda la industria a una familia estacional, incrementando los índices de productos elaborados en el

segundo semestre de cada año, para satisfacer la demanda del ciclo escolar próximo.

## **7.2. Producción**

Domínguez (1995), define la función de la producción como la parte de la estructura de toda organización que se encarga de transformar las entradas iniciales (insumos, energía, materia prima, recursos humanos) en un conjunto de salidas que pueden ser bienes y servicios, a través de un proceso de transformación o conversión el cual agrega un valor tangible para el cliente final. Este concepto ha sido susceptible a cambios al paso del tiempo, de tal manera que la actividad productiva fue gestionada por muchos años como un sistema cerrado pero ha pasado a ser un sistema abierto el cual interactúa constantemente con funciones limítrofes de las empresas y sobre todo, con su entorno.

### **7.2.1. Función de la producción y operaciones**

Para Heizer & Render (2001), la administración de producción es la serie de actividades que llevan a la producción de los bienes y servicios a transformar los recursos en productos. Por su parte, Gaither & Frazier (2000) definen a la administración de la producción y las operaciones como una mezcla de prácticas que provienen de años atrás, las cuales han sido utilizadas al paso del tiempo que resultan de la búsqueda de nuevas maneras de administrar los sistemas de producción.

Según Schroeder (1992), existen diferentes maneras para la interpretación y el estudio de operaciones, sin embargo, tres tienden a dominar: producción

como un conjunto jerárquico de decisiones, producción como una función organizacional y la producción como un sistema.

La teoría general de sistemas es la encargada de sustentar la producción como un sistema, debido a que estudia las partes en función de un todo; con base a este sentido, un sistema de producción recibe entradas tales como mano de obra, materiales, energía, entre otros, y los convierte en un producto útil para la sociedad a través de la intervención del subsistema de conversión. Es importante recalcar que, sobre este último también actúa un subsistema de control, el cual, evalúa el desempeño para tomar los correctivos necesarios.

Según Riggs (1976), la producción supone un proceso transformador que añade valor y ello implica que el resultado del proceso debe ser algo útil, al menos en el sentido en que el cliente lo valore y acceda a pagar un precio mayor que el costo de la suma de las entradas.

### **7.2.2. La producción como una función organizacional**

Este enfoque de producción se centra en el conjunto de actividades administrativas que actúan sobre el subsistema de transformación. Según Krajewsky & Ritzman (2000), el proceso de la conversión se encuentra en un punto intermedio entre la administración de la producción y las operaciones, y de alguna manera se hace presente en toda la organización la actividad administrativa que rodea el subsistema de la conversión.

Para ser competitivos frente al reto global, no solo es necesaria una función de mercadotecnia, comercialización y finanzas eficaces, sino también una poderosa función de operaciones trabajando en equipo con las demás

funciones de la organización. La figura 1 expone el conjunto de actividades gerenciales que forman parte de la actuación en la función administrativa de la producción, la cual es aplicable a toda tipo de empresas.

Figura 1. **La administración de operaciones como función de la organización**



Fuente: elaboración propia.

### 7.2.3. La producción como un conjunto jerárquico de decisiones

Según Domínguez (1995), la producción como un conjunto jerárquico de decisiones aborda tres niveles de decisión:

#### **7.2.4. Decisiones estratégicas**

Se toman en cuenta las decisiones principalmente de largo plazo y alto impacto en la supervivencia empresarial en relación con los productos, los procesos, la tecnología, la capacidad, las instalaciones, la calidad, el recurso humano y el abastecimiento. En este nivel de decisión se responde a la estrategia competitiva de la empresa.

#### **7.2.5. Decisiones tácticas**

Abordan las actividades relacionadas con la planificación de la producción y el abastecimiento a mediano plazo, con el objetivo de cumplir los presupuestos de ventas. Este nivel se sustenta en la planeación agregada de los recursos necesarios para el logro de los objetivos trazados, se debe mantener el equilibrio entre los costos y los niveles de servicio deseados.

#### **7.2.6. Decisiones operativas**

Se enfocan principalmente a las actividades de corto plazo y de tipo cotidiano en relación con las entregas, la mano de obra, los inventarios y el control. En este nivel, se diseña en detalle el programa maestro de producción, el cual establece las cantidades a producir en el corto plazo en función de la capacidad disponible. Dicho plan es el insumo principal para la secuenciación de pedidos, la programación del día y las actividades de control de la producción.

### **7.2.7. Decisiones de la producción**

A través del tiempo, la mayor parte de las empresas manufactureras han concedido una reducida importancia a la fabricación como tal, siendo relegada a un segundo plano menos importante en comparativa con el resto de áreas funcionales que formulan estrategias competitivas para la empresa. Comúnmente se caracterizaba la producción como una función totalmente operativa y técnica, enfocada al logro exclusivo de mayores eficiencias y resultados, obteniendo como consecuencia una carencia respecto de cualquier estrategia. Sin embargo, en los años setenta surge un fenómeno el cual cambia la importancia sobre la fabricación, el cual impacta directamente sobre la actitud en relación con la función de producción.

Fue gracias de los trabajos de Skinner (1969) que surgen una diversidad de investigaciones, tanto empíricas como de literatura sobre el tema, sugiriendo explícitamente que la fabricación puede contribuir directamente al éxito empresarial, apoyando la puesta en práctica de la estrategia competitiva y destacándose que la gestión estratégica de la fabricación no debe reducirse a la simple "neutralización" de los potenciales efectos negativos que el proceso de producción pudiera ocasionar sobre el alcance de los objetivos empresariales y corporativos, sino que esta actividad puede y debe constituirse en un pilar fundamental de apoyo para la estrategia de negocio.

Por tanto, dado la incertidumbre del entorno que rodea, da como resultado una necesidad de prestar especial atención a la función de producción, posicionándola como la fuente principal generadora de ventajas competitivas para la empresa, partiendo de reconocer su carácter realmente estratégico y colocando en primer plano su potencial de contribución al éxito empresarial.

Para fortalecer su papel, es preciso diseñar e implementar estrategias de fabricación que resulten coherentes con la misión empresarial global.

En el contexto de nuevos enfoques en la gestión de la producción, los aportes realizados por Goldratt & Fox (1994) logra posicionar a la denominada manufactura sincronizada, la cual, enmarcada en lo que hoy se conoce como Teoría de las Limitaciones, la cual propuso un sistema de gestión basado en una serie de principios orientados a dirigir un sistema hacia un nivel de desempeño más elevado, a través de un esquema de fabricación denominado DBR. Este sistema se orientó a mantener un flujo constante en los procesos, de tal manera que los materiales fluyeran hasta un punto donde la acumulación de inventarios disminuyera al máximo, al tiempo que se simplificaba notablemente la labor de programación y se concentraba en la maximización de un conjunto de indicadores de operación y de gestión.

#### **7.2.8. La función de producción y la competitividad empresarial**

Las industrias se enfrentan cada vez más a presiones competitivas, las cuales a través del tiempo se vuelven más fuertes, generando así la necesidad de coordinar sus actividades y los principales procesos, por medio de una estrategia coherente que logre la integración de todas y cada una de las perspectivas de las áreas funcionales. Sin embargo, una de las características que es típica del análisis estratégico es que las funciones individuales dominan los resultados estratégicos de las empresas. Esto, en parte, tiene su origen en la historia, tal y como se ilustra en la tabla I; de cualquier manera, el resultado es que, muchas veces, el planteamiento de la estrategia empresarial no comprende las dimensiones de todas las funciones clave y la interrelación que existe entre estas Hill (1997).

Tabla I. **Cambios en el papel dominante de las funciones en el planteamiento de la estrategia de la empresa**

Periodo	Función Típica	Razones
1945 – 1965	Producción / Operaciones (POM)	Durante este período, en casi todos los sectores industriales la demanda mundial fue superior a la capacidad. Por lo tanto, las compañías podían vender todo lo que fabricaban y la función de producción/operaciones dominaba en el análisis estratégico.
1965-principio década de los ochenta	Mercadotecnia	Para mediados de la década de los sesenta, empezaba a restablecerse el desequilibrio entre la capacidad mundial disponible y la demanda mundial. El resultado fue que en la mayor parte de los mercados era cada vez más difícil vender los productos. De ahí el surgimiento del papel estratégico de la mercadotecnia, que ganó importancia a partir de ese momento.
Década de los ochenta hasta los años dos mil	Mercadotecnia y finanzas	La recesión que tuvo lugar a finales de la década de los setenta y principios de los ochenta dio como resultado que muchas compañías experimentaran dificultades financieras y presenciaran gran cantidad de fracasos corporativos. Al ganar terreno, estos eventos estimularon el desarrollo de la función financiera-contable y su papel en el planteamiento estratégico.

Fuente: T. Hill (1997)

La primera tendencia es que la fabricación tiene que enfrentarse a un entorno cada vez más global, Dornier (1998). Lo que resulta para algunas empresas en competir de manera directa con las empresas líderes del mercado internacional. Para otras, las implementaciones de un entorno global incluirán ajustes a normativas, reglamentos, requisitos y estándares globales, a la vez estrictas especificaciones de clientes, así como legislaciones obligatorias tanto por producto para cada región o país. La globalización de la fabricación plantea cuestiones específicas relacionadas con la gestión de redes de plantas internacionales, redes logísticas mundiales y la organización internacional de la producción.

Se observa una segunda tendencia la cual consiste en una demanda constante por mejorar el área de fabricación. La teoría de las Limitaciones, Seis Sigma, justo a tiempo, principios de simplificación, gestión de la calidad total, etc., son metodologías de producción básicas de fabricación en la década de los años dos mil, pero no aquello con lo que la empresa puede situarse por delante de sus competidores. Según Martínez (1992) la implicación de esta tendencia es que no existirá a corto plazo, unos principios de fabricación fijos, que generen ventajas competitivas, más bien, tienen la obligación de continuar un proceso de mejora continua.

Otra de las tendencias que surge en el entorno, es un incremento en capacitación y formación de personal y el contenido científico de la fabricación. Tradicionalmente la función productiva se ha caracterizado por su contenido empírico-practico, la cual admite muy pocas veces cambios que provienen del exterior. Por lo tanto, esta nueva tendencia implica que la empresa debe ahora enfatizar más que nunca en la formación del personal de fabricación, la contratación de personal calificado y el desarrollo interno de programas de experimentación continua que propicien la creatividad, la innovación y se reflejen en un aprendizaje incremental.

Por último, se contabiliza una cuarta tendencia, que radica en la necesidad de lograr valores elevados de interdependencia de la función de fabricación con su entorno, siendo estos los clientes, proveedores y los otros departamentos que pertenecen a la empresa. Se debe precisar en la simplificación del trabajo que permita eliminar filtros y barreras que impiden al área de producción estar en contacto directo con su entorno ya sea externo o interno.

### **7.3. Sistema**

Según Carnota (1987), un sistema se define como el conjunto de elementos, propiedades y relaciones que de cierta manera pertenecen a una realidad objetiva, y representan para el investigador el objeto de estudio o análisis. Por tanto, un sistema es un todo, y como tal es capaz de poseer propiedades o resultados que no son posibles hallar en sus componentes vistos de forma aislada. Los elementos, propiedades y resultados se producen en determinadas condiciones de espacio y tiempo.

#### **7.3.1. Características de los sistemas**

Uriegas (1987), describe cinco principales características de los sistemas:

- Están formados por numerosos elementos, que pueden ser objetos físicos como máquinas, hombres, materiales, a la vez también los no físicos como energía e información.
- Los elementos que conforman el sistema deben actuar de manera simultánea para lograr objetivos definidos.
- Todos los sistemas producen algo, ya sea trabajos materiales, objetos físicos o servicios diversos.
- Por lo general, los sistemas consumen recursos para cumplir su objetivo, y éstos pueden ser de muy diversas clases.
- Con frecuencia el término sistema se asocia a conjuntos complejos, sin embargo, la complejidad depende del punto de vista del analista. Una máquina es un elemento simple para quien la utiliza; pero es un sistema muy complejo para el que la diseña o fabrica.

### **7.3.2. Clasificación de los sistemas**

Existen innumerables criterios, a continuación se describen los utilizados principalmente en producción:

Según Maynard (1984) los sistemas pueden ser simples y complejos. Será simple cuando los elementos del grupo, pueden abarcarse con una imagen mental y se considera un sistema complejo cuando los elementos son complejos, el sistema también lo es.

Los sistemas también pueden ser clasificados por su relación con el medio ambiente. Se le llamará sistema abierto al que tiene una relación con el medio ambiente y se le llamará cerrado al que no tiene ninguna relación con el medio ambiente. Carnota (1987).

Fernández (1993), también considera y define a un sistema abierto como un todo organizado, formado por dos o más partes interrelacionadas, y delimitados por la frontera identificable de su ambiente o suprasistema con el que mantiene una permanente relación o interdependencia.

### **7.3.3. El enfoque en sistemas**

Maynard (1984) Plantea que es la teoría que busca un acentuado énfasis en el análisis de las interrelaciones entre los elementos del sistema. El cual establece que en lugar de dividir el sistema por sus componentes antes del análisis, los elementos son unidos y mantenidos así para su análisis y manejo. De esta manera el rendimiento total del sistema puede ser estimado y medido. Partes del método de estudio de los sistemas son: proyectos de sistemas, análisis de sistemas y dirección de sistemas.

Báez (1982) concluye que para lograr la estructuración adecuada de los fenómenos con un mínimo de recursos y un funcionamiento correcto de todos los elementos se debe adoptar un diseño con enfoque sistemático. Es al mismo tiempo una filosofía de análisis de la realidad objetiva un método para abordar la síntesis del fenómeno, esto es, su diseño, los eslabones que lo caracterizan.

#### **7.3.4. Sistema productivo**

Se define al sistema productivo como el conjunto de elementos materiales y conceptuales que realizan la transformación de un bien o servicio, con un valor tangible para el cliente, tratando de alcanzar la máxima eficiencia. Díaz (1993)

Las entradas están compuestas principalmente por personas, materia prima, energía, insumos, maquinaria e instalaciones, sin desdeñar la información tanto en forma de conocimiento tecnológico (*know-how*) y tecnología propiamente dicha como de conocimiento de gestión y de datos sobre la situación del entorno y del sistema productivo. Fernández (1993).

El sistema productivo como tal, pertenece a un sistema más general, como lo es la organización y precisa para su pleno desenvolvimiento de procesos y sistemas (tecnológicos, comerciales, contables, entre otros.) ligados más indirectamente con el proceso de transformación de entradas y salidas.

#### **7.3.5. Caracterización de los sistemas productivos**

Es importante analizar las características de los sistemas productivos ya que de esta manera se logra una comprensión del funcionamiento del mismo. Fernández (1993) ofrece un criterio abarcador para la caracterización basado

en la consideración de que todo sistema productivo es abierto. Define 14 características:

### **7.3.6. Límites o fronteras**

Separa al sistema de su medio externo, de esta manera es posible establecer el dominio de sus actividades. Las únicas variables que se emplean para describir su funcionamiento y que son susceptibles de cierto grado de control significativo son las endógenas.

Los límites de un sistema abierto son flexibles y variables en el tiempo, de acuerdo con sus actividades y funciones. Estos sistemas desarrollan toda una estrategia en relación con su apertura y su cierre, en dependencia de la coyuntura particular y las necesidades del momento.

### **7.3.7. Medio o entorno**

Todo aquello que se encuentra fuera del límite y se caracteriza por dos rasgos distintivos. El primero incluye todo lo que reside fuera del control del sistema. Y el segundo, el medio es todo lo que determina, al menos en parte, la forma de comportarse el sistema.

Según el análisis de Porter (1982) la capacidad de una empresa para explotar una ventaja competitiva en su mercado de referencia depende no solamente de la competencia de mercado, sino también de todo lo que componen las fuerzas rivales como los competidores potenciales, los productos sustitutos, los clientes y los proveedores.

### **7.3.8. Meta o misión y objetivos**

Todo sistema que satisface las expectativas del mismo como algunas expectativas del medio tiene como razón de ser la misión. Es un acuerdo implícito entre el sistema y su medio que garantiza la supervivencia del primero.

Los objetivos son las realizaciones internas específicas, establecidas para progresar en el cumplimiento de la meta. Aunque reales, estos deben ser de carácter operativo y solo si se cuantifican puede medirse la realización del sistema.

### **7.3.9. Recursos del sistema**

Son todos los factores de que dispone el sistema para realizar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos; se encuentran en el interior del sistema e incluyen aquellos elementos que este puede modificar y utilizar en beneficio propio. Los recursos o factores de producción son de tres tipos: creativos, elementales y directivos.

### **7.3.10. Transformación**

Proceso de producción, mecanismo de conversión de los inputs en outputs. Hay que entenderlo en sentido amplio que abarque cualquier tipo de cambio en los recursos.

### **7.3.11. Resultados**

Se identifica como resultado a todos los productos obtenidos, tomando en cuenta también a los no planificados, como la contaminación ambiental, o las

influencias socioculturales que el patrono ejerza sobre sus clientes y trabajadores.

#### **7.3.12. Información**

Es necesaria para conocer la eficacia de su actuación y detectar los cambios de todo tipo que, produciéndose en el medio afecta al sistema. Esta proviene del medio y factores de producción, factores creativos, factores directivos investigación y desarrollo, configuración de productos y procesos, planificación, organización, control, materiales, energía, capital, y pasa por determinados filtros que deciden su entrada al sistema según su utilidad.

#### **7.3.13. Retroalimentación**

Existen dos clases de retroalimentación: negativa y positiva. La primera ocurre cuando la información que se recibe indica que el funcionamiento del sistema no se adecua al objetivo previsto. La retroalimentación positiva envía información indicando en qué grado la acción emprendida nos está acercando a nuestra meta.

#### **7.3.14. Estabilidad u homeóstasis dinámica**

Es la tendencia natural del sistema a estabilizar sus procesos de transformación dentro de ciertos límites, con el fin de sobrevivir. A través del proceso de retroalimentación, el sistema recibe constantemente información que le permite ajustarse.

### **7.3.15. Entropía**

Es un principio que describe el movimiento de todos los sistemas hacia la desorganización y la muerte.

Se encuentra definida de forma negativa en el sentido de que a medida que aumenta en cantidad decrece la capacidad potencial del sistema.

### **7.3.16. Equifinalidad**

Este término se refiere, de un lado, al hecho de que los sistemas pueden alcanzar los mismos resultados finales con diferentes condiciones iniciales y a través de distintos caminos; y de otro, a que un estado inicial puede tener varios estados finales posibles a diferencia de los sistemas cerrados donde siempre hay una mejor manera de lograr una meta.

### **7.3.17. Jerarquía**

Un sistema jerárquico es un sistema compuesto de subsistemas relacionados entre sí, en el que cada uno dirige dentro de la estructura, del que le sigue a continuación, hasta llegar al nivel más bajo del subsistema elemental.

La jerarquía de los sistemas al igual que el número de los subsistemas depende de la complejidad intrínseca del sistema total. Debido que los sistemas complejos puedan descomponerse en sistemas más pequeños y por lo general menos complejos es una ventaja ante cualquier análisis.

### **7.3.18. Especialización**

Todos los sistemas están formados por unidades que realizan funciones especializadas. Además conforme los sistemas crecen, se vuelven más complejos y crean nuevas funciones especializadas para enfrentarse al crecimiento y mantener su estabilidad.

### **7.3.19. Totalidad**

El sistema es un todo no dividido y su rendimiento debe verse, más como el de un sistema integrado, que como el de un conjunto de componentes integrantes. Para ello, los componentes deben relacionarse de modo que un cambio en uno, provoque un cambio en los demás y en el sistema. En su funcionamiento el sistema o todo es mayor que la suma de las partes.

### **7.3.20. Tipos de sistemas de producción**

El tipo de sistema de producción adoptado por una empresa debe de responder a ciertas condiciones, tales como; la demanda del producto, recursos disponibles de mano de obra, materia prima, características del proceso y del producto.

Según Woithe (1986) los tipos de sistemas de producción pueden ser definidos como: unitaria, seriada y masiva.

### **7.3.21. Sistema de producción unitaria**

Este tipo de sistema es una organización funcional cuyos departamentos o centros de trabajo están organizados en tipos específicos de equipos u

operaciones de tal manera que permite elaborar un número muy limitado de piezas o productos solicitados, y difícilmente tiene una repitencia. Por ello, se debe contar con un equipo flexible y de propósito general. Corona (2002).

### **7.3.22. Sistema de producción seriada**

Una de las características de este sistema de producción, es que los productos son fabricados a intervalos de tiempo regulares de tal manera que la demanda pueda ser satisfecha sin interrumpir la programación. Para este sistema de producción, la programación debe ser respetada y un nuevo lote no debe iniciar hasta haber culminado la cantidad programada del lote anterior. Rodríguez (1987)

En este sistema, no es necesaria la participación de mano de obra muy especializada, debido a que generalmente realizan actividades repetitivas que no conllevan a ser partícipes de una capacidad técnica mayor.

### **7.3.23. Sistema de producción masiva**

Su principal característica es una nomenclatura reducida y un gran volumen de producción de artículos elaborados ininterrumpidamente por largos periodos de tiempo, por lo regular, las inversiones para este tipo de producción son altas, sin embargo, de los tres sistemas de producción es el que requiere de mano de obra con menores habilidades, debido a la repitencia de los procesos. Corona (2002)

## **7.4. Teoría de las limitaciones**

Según Viteri (2011) para que un país pueda competir a nivel global debe de aplicar ideas innovadoras en hechos concretos para que estos estén reflejados en beneficios tangibles, sean sostenibles a través del tiempo, pero sobre todo, que sean económicamente viables.

### **7.4.1. Origen de la teoría**

La Teoría de las Limitaciones también es conocida como Teoría de Restricciones (TOC Theory of Constraints), se trata de una filosofía administrativa popularizada por su creador el físico israelí Eliyahu a finales de la década de 1970, originalmente como un nuevo sistema de producción al que denominó Tecnología de producción Optimizada (OPT) la cual se aplicaba por medio de un software desarrollado por el mismo Dr. Goldratt, este sistema surge ante la necesidad de las empresas de incrementar su cartera de clientes ya que el proceso que se utilizaba era demasiado lento. Argumedo y Castiblanco (2008).

A través de los años la teoría del Dr. Goldratt fue evolucionando y adaptándose a las necesidades reales, y fue plasmando las ideas por medio de libros como: la meta, el síndrome del pajar, no fue la suerte, la cadena crítica, necesaria pero no suficiente. El instituto Abraham y Goldratt se encarga del estudio, evolución y difusión de las ideas de la teoría de las limitaciones. Goldratt (2002).

#### **7.4.2. Descripción**

La Teoría de las Limitaciones es un proceso de mejora continua integrada, que tiene como base un pensamiento sistemático, el cual ayuda a las empresas a incrementar sus utilidades con un enfoque considerado simple pero a la vez muy práctico, en el cual se identifican las limitaciones para lograr objetivos, y permite efectuar los cambios necesarios para eliminar estas limitaciones. Goldratt (1993).

#### **7.4.3. Aplicación de la metodología**

De acuerdo a Morales (2003), la Teoría de las Limitaciones propuesto por Goldratt, se basa en el siguiente ciclo compuesto por cinco pasos:

#### **7.4.4. Identificar la limitación del sistema**

En un sistema puede haber distintos tipos de limitaciones, las cuales colaboran a que el propósito principal de la empresa no pueda ser llevado a cabo de manera óptima. Por lo tanto, se debe determinar la capacidad de cada proceso en volumen de producción por unidad de tiempo, por ejemplo: unidades/hora, kilos procesados /hora, metros/minuto, actividades/unidad de tiempo etc., una vez obtenidas todas las capacidades, se debe escoger cual es la más crítica, las más importante o la más alta. Esa escogencia va a depender de los objetivos de cada empresa en particular.

#### **7.4.5. Decidir cómo explotar la limitación del sistema**

Una vez identificadas las limitaciones en los procesos, conlleva a buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la limitación. Un ejemplo de

una limitación en una máquina: Se le deberían asignar los operarios más hábiles, se debería hacer control de calidad antes de que la misma procese las piezas, se deberían evitar los paros por alimentos (realizar relevos), no se debe permitir que la maquina pare por falta de materia prima o insumos (control de la explosión de materiales), se la debería dotar de un programa óptimo con el cual, cada minuto se aproveche para cumplir los compromisos con los clientes y la productividad de la empresa.

#### **7.4.6. Subordinar todas las actividades del sistema**

Todo el sistema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor).

En el paso anterior se definió el ritmo que marcan las limitaciones del sistema, por lo que este paso consiste en obligar al resto de los recursos a funcionar al ritmo de las mismas. La empresa se interpreta como un sistema, por lo que regularmente se encuentra interdependencia entre los recursos que la componen, por tal motivo no tiene sentido exigir a cada recurso que actúe obteniendo el máximo rendimiento respecto de su capacidad, sino que se le debe exigir que actúe de manera que las limitaciones puedan ser explotadas. Ávila (2014).

#### **7.4.7. Superar la limitación del sistema**

Se ha identificado que la tendencia que tienen las empresas es realizar este paso sin haber completado los pasos dos y tres. Permitiendo que la capacidad del sistema se aumente, pero sin haber obtenido aun el máximo provecho, según como se había definido al inicio.

Dado que normalmente el paso cuatro implica acciones que exigen mucho esfuerzo, tiempo y dinero, se recomienda no llevarlo a cabo hasta estar seguros de que se hayan implementado con éxito los pasos anteriores. Esta forma de proceder ayudará, además, a generar mayores recursos propios para afrontar las inversiones necesarias.

Ejemplos de elevar las limitaciones del sistema son la compra de maquinaria similar a la limitación, la contratación de personal con habilidades adecuadas para operar en el sistema, incluir nuevos proveedores de materia prima si uno de ellos es actualmente limitación, localización industrial adecuada para satisfacer la demanda en crecimiento.

#### **7.4.8. Implementar y volver a analizar el sistema**

En el momento en que se ha elevado una limitación se debe cuestionar si ésta sigue siendo tal o si ahora existen otros recursos con menor capacidad. Se debe volver al inicio del ciclo, iniciando de nuevo el proceso. En los primeros tres pasos se han definido las reglas de funcionamiento de la empresa considerando las limitaciones que existen en ese momento. Si las limitaciones han cambiado se deberán modificar todas esas reglas.

La Teoría de las Limitaciones reconoce que la producción de un sistema consiste en múltiples pasos, donde el resultado de cada uno de esos pasos depende del resultado de pasos previos. El resultado o la producción del sistema, estará limitada por el o los pasos menos productivos. Goldratt (2009).

Espinoza y Jiménez (2007) concluyen que una limitación conocida también como cuello de botella, se define como cualquier elemento que está limitando al sistema en el cumplimiento de la meta para la que fue creado, es

decir, para el caso de empresas con fines de lucro, generar ganancias sustentables.

#### **7.4.9. Tipos de limitaciones**

Limitaciones físicas: son equipos instalaciones o recursos humanos, etc., que evitan que el sistema cumpla con su meta de negocio. Existen dos modos de explotarlas:

- Agregar capacidad (contratar personal, alquilar o comprar equipo).
- Aprovechar al máximo la capacidad del sistema (gestión eficiente).

Limitaciones de políticas: son todas las reglas que evitan que la empresa alcance su meta (por ejemplo: no hacer horas extras, trabajar en otros turnos, no vender a crédito, no contar con una estructura organizacional objetiva, etc.)

#### **7.4.10. Ejemplo de limitaciones**

Según Ávila (2014) las limitaciones pueden ser:

Limitación de mercado: se define que la demanda máxima de un producto está limitada por el mercado; la satisfacción de esta demanda dependerá de la capacidad para cubrir los factores de éxito establecidos como el precio, fecha de entrega, créditos. Etc.

Limitaciones de materiales: Se limita por la disponibilidad de materiales en cantidad y calidad adecuada. La falta de material en el corto plazo es resultado de mala programación, control de inventarios, asignación o calidad.

Limitación de capacidad: es el resultado de tener un equipo con una capacidad que no satisface la demanda requerida o que la satisface muy por encima de lo demandado.

Restricción Logística: restricción inherente en el sistema de planeación y control de producción. Las decisiones y parámetros establecidos en éste sistema pueden afectar desfavorablemente el flujo de producción.

Restricción administrativa: estrategias y políticas definidas por la empresa que limitan la generación de ingresos y fomentan la optimización local.

Restricción de comportamiento: actitudes y comportamientos desfavorables del personal y la tendencia a trabajar lo fácil, no respetar los tiempos establecidos, la existencia de pactos colectivos y sindicatos de trabajo.

A nivel general, la Teoría de las Limitaciones se desarrolla en procesos de pensamiento así como en aplicaciones a distintas áreas entre las cuales se distinguen la producción, finanzas, administración de proyectos, marketing, ventas, sistemas de distribución, recursos humanos, entre otros. Herrera (2003).

La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal. Para definir el sistema de medición se requiere definir el sistema de indicadores de la meta. En TOC, la meta de una empresa es ganar dinero ahora y siempre. Escalona (2009).

Limitación no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos. Las limitaciones es lo que le impide a la línea de

producción alcanzar su más alto desempeño en relación a su meta, son en general criterios de decisión erróneos. García (2008).

La única manera de mejorar es identificar y eliminar restricciones de forma sistemática. La Teoría de Limitaciones propone el sistema DBR.

#### **7.4.11. Sistema DBR (Drum, Buffer, Rope)**

Según Ortiz (2008) La TOC asume que para controlar la producción y de esta manera poder sincronizar las operaciones que involucran la manufactura es necesario identificar y controlar las limitaciones que hay en la empresa (materiales, capacidad, personal, entre otras), las cuales afectan el cumplimiento de objetivos de cualquier organización. Para lograr la sincronización, la TOC propone su sistema logístico DBR; éste se basa en la definición de los parámetros tambor, amortiguador y cuerda.

El tambor se define como aquella máquina del sistema de producción que tiene la capacidad de producción más lenta, conocido también como cuello de botella o recurso con capacidad restringida (CCR, de las siglas en inglés de Constraint Capacity Resource).

El amortiguador se define como el inventario representativo del tiempo de respuesta de las operaciones anteriores al cuello de botella, que asegura que éste siempre tenga material para trabajar. Goldratt y Fox (1992).

La cuerda se define como el sistema o plan que se encarga de comunicar al cuello de botella con los recursos restantes, programando su carga de trabajo a la velocidad de trabajo de este cuello de botella.

El método de programación DBR (Drum-Buffer-Rope) puede llevar a beneficios substanciales en la cadena de suministros asegurando que la planta esté funcionando a la máxima velocidad con el mínimo de inventarios y alcanzando a satisfacer demandas inesperadamente altas.

#### **7.4.12. Debilidades del método de programación DBR**

La metodología descrita en el apartado anterior resulta de utilidad en un gran número de situaciones; sin embargo, no es aplicable a sistemas complejos.

En algunas empresas el cuello de botella depende del mix de producción que se fabrique. En cada una de las programaciones la limitación es sólo una, pero, lamentablemente, no siempre es la misma. Por tanto, aunque la detección podría resultar sencilla, no lo es tanto la posibilidad de elevar su capacidad, ya que supondría elevar la capacidad de toda la empresa.

Para evitar este problema, la filosofía *Just In Time* propone formar líneas de fabricación por familias de productos y nivelar la producción. De esta forma, el cuello de botella por línea suele ser único e independiente de la secuencia de producción. Lamentablemente, no siempre es posible agrupar los productos en familias.

El caso de cuellos de botella móviles tampoco se resuelve en la Teoría de las Limitaciones. En algunas empresas muchos productos no tienen rutas fijas debido a que existen máquinas alternativas.

Las ideas propuestas por Goldratt parecen tan lógicas que todas las empresas deberían aprovecharlas para mejorar. Si bien es cierto que la cultura

de la búsqueda de los cuellos de botella está muy extendida entre los responsables de la producción, las ideas del libro La Meta no se han aceptado como a Goldratt le gustaría.

En una conferencia ofrecida en 1999 en La Coruña, Goldratt ofreció las conclusiones que había sacado con el paso del tiempo sobre los problemas de difusión de su teoría.

Según Goldratt (2002), algunas empresas implementaron con éxito la TOC en algún departamento pero no se difundió al resto. Incluso, en algunas de ellas, y en sólo 3 años, las mejoras logradas gracias a esta teoría desaparecieron.

## **7.5. Seis Sigma**

Metodología de mejora de procesos, centrada en la reducción de la variabilidad de los mismos, consiguiendo reducir, eliminar los defectos o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

### **7.5.1. Origen**

Fue a inicios de los años 80 cuando surge esta metodología como una estrategia de negocios y de mejoramiento de la calidad, su creador Bill Smith, ingeniero de la división de comunicaciones de Motorola, es quien utiliza el concepto Seis Sigma por primera vez, resultante al descubrir la correlación entre la vida útil de un producto y el número de reparaciones a las cuales se ha sometido un producto con defectos en su manufactura. Herrera & Fontalvo (2002).

### **7.5.2. Concepto**

El Seis Sigma es una estrategia enfocada en la mejora continua que tiene como fin identificar las causas de los errores, defectos y retrasos en los diferentes procesos de negocio, enfocándose en los aspectos que son críticos para el cliente. Gutierrez & de la Vara (2004).

La estrategia del Seis Sigma se basa en métodos estadísticos rigurosos que emplean herramientas de calidad y análisis matemáticos, ya sea para diseñar productos y procesos o para mejorar los ya existentes. Esta estrategia establece que se optimicen las salidas del proceso o para mejorar los ya existentes. Esta estrategia establece que se optimicen las salidas del proceso mediante un enfoque en las entradas y procesos involucrados. Matemáticamente esto se describe mediante la siguiente ecuación:

$$Y = f(x)$$

Esto se expresa como Y en una función de x; donde Y es una variable dependiente de una salida del proceso, un efecto o síntoma que hay que monitorear y x son variables independientes de entradas o del proceso que representan las causas o problemas que hay que controlar o que de hecho son controlables. Polesky (2006).

### **7.5.3. Métrica del Seis Sigma**

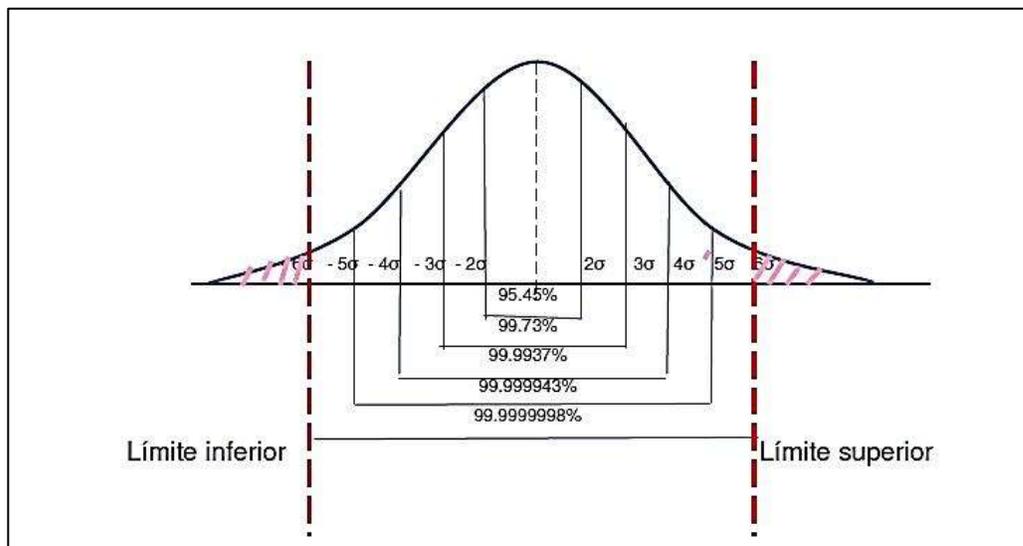
En estadística el valor de Seis Sigma corresponde a 3.4 defectos por millón. Esto se refiere a que de acuerdo con los límites de especificación de cliente. La variación de un proceso resulta en seis desviaciones estándar del

proceso entre la media del proceso y los límites de especificación del cliente. Por tanto, Seis sigma se utiliza como una medida estadística del nivel de desempeño de un proceso o producto. Escalante (2003).

En general, los procesos estándar tienden a comportarse dentro del rango de tres (3) Sigma, lo que equivale a un número de defectos de casi 67.000 por millón de oportunidades (DPMO), si ocurre un desplazamiento de 1,5 Sigma; esto significa un nivel de calidad de apenas 93,32 %, en contraposición con un nivel de 99,9997 % para un proceso de Seis Sigma. Comparativamente, un proceso de Tres Sigma es 19.645 veces más malo (produce más defectos) que uno de Seis Sigma. Gutierrez (2004).

La figura 2 ilustra el porcentaje de los valores que quedan dentro de los límites a una distancia  $n\sigma$ .

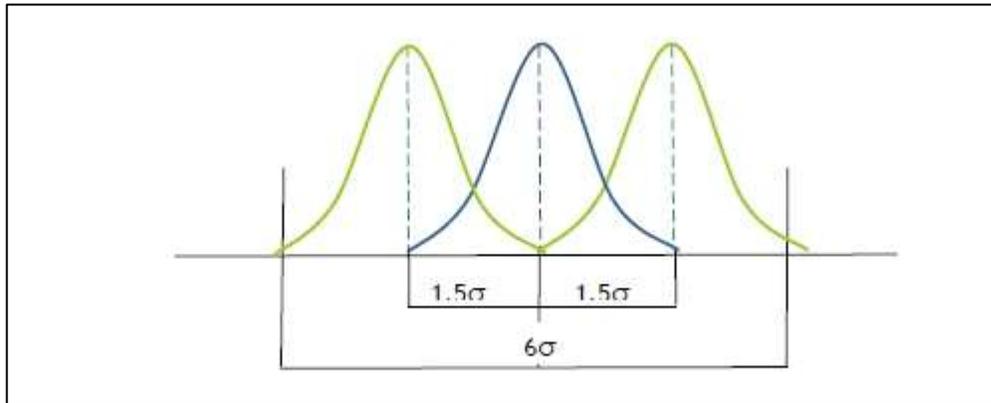
Figura 2. **Área bajo la curva normal**



Fuente: Ávila (2009) p. 23

La figura 3 muestra la variación normal en la media de un proceso:

Figura 3. **Área bajo la curva normal**



Fuente: Ávila (2009) p. 24

#### **7.5.4. Metodología Seis Sigma**

Una vez seleccionado el proyecto para desarrollar e implementar la metodología Seis Sigma, se debe identificar que el mismo, pueda alcanzar una mejora de la calidad significativa, y a su vez, debe monitorearse el impacto económico una vez aplicada la metodología. Harry & Schroeder (2000).

A continuación se describe la metodología para desarrollar el proyecto de aplicación del Seis Sigma:

##### **7.5.4.1. DMAMC**

Este es el método principalmente utilizado para la implementación del Seis Sigma. El nombre de este método representa las siglas de: definir, medir, analizar, mejora y controlar. Werkema (2004)

#### **7.5.4.1.1. Definir**

Esta es la primera etapa, y es donde se establecen los objetivos, las métricas con las cuales se medirá la evolución del estudio, se identifican las limitantes para el proceso de cambio, y se obtienen los efectos con base a las causas de todas las variables involucradas. Polesky (2006)

Pasos:

- Definir los requerimientos
- Desarrollar metas y beneficios
- Definir los recursos
- Evaluar el apoyo organizacional
- Desarrollar el plan del proyecto
- Desarrollar mapeo del proceso a nivel alto

#### **7.5.4.1.2. Medir**

Es la segunda etapa de la metodología DMAMC. Junta la información primordial para el proceso y con base a esta información se fijan las metas de mejora. La fase de medición permite tener una percepción clara de la situación al momento de realizar la investigación, previo a identificar las mejoras. Esta fase se fundamenta en datos válidos, por lo que se eliminan suposiciones y estimaciones del funcionamiento de los procesos.

#### **7.5.4.1.3. Análisis**

Es la tercera etapa de la metodología DMAMC. En este punto se examina todos los datos recolectados en la etapa de medición, el cual tiene como

principal objetivo priorizar las fuentes de variación detectadas, esta etapa se enfoca en separar las pocas variables vitales, que generalmente son las principales responsables de la variación detectada. Rotondaro (2002)

#### **7.5.4.1.4. Mejora**

En esta fase, el investigador confirma que la solución propuesta, alcanzara o superara las metas de mejora de la calidad del proyecto. En este punto se debe de llevar a cabo un plan piloto, en una sección pequeña de la empresa, de tal manera de ejecutar el proyecto a menor escala y realizar un ensayo de comportamiento, de esta manera se asegura que se ha solucionado y eliminado la fuente de la variación previamente detectada, y que la solución funcionara al momento de aplicarla de manera general. Polesky (2006)

Pasos:

- Generar más de una solución para la fuente raíz
- Elegir la solución con base a una matriz de prioridad
- Definir las tolerancias del sistema
- Evaluar los modos de falla de la solución
- Validar mejoras potenciales en el plan piloto
- Corregir y reevaluar solución propuesta

#### **7.5.4.1.5. Control**

Es la última fase de la metodología DMAMC. En este punto se implementa la solución propuesta, se asegura que la solución sea sostenible, y se comparten las lecciones aprendidas de todo proyecto de mejora. Se asegura que las mejoras al proceso, una vez implementada será sostenible a través del

tiempo y que el proceso no puede ser revertido a su situación anterior. Gutiérrez & de la Vara (2004).

Pasos:

- Estandarizar el proceso
- Documentar el plan de control
- Monitorear el proceso
- Cerrar y documentar el proceso

#### **7.5.5. Medición de Seis Sigma**

Según Sergio (2010) la respuesta lo dará la experiencia y el conocimiento del proceso específico que se está estudiando.

Algunas reglas generales para seleccionar las variables de medida que se deben de medir:

- Variables importantes para el negocio (características del producto, contenido de mano de obra y materiales incluyendo chatarra y tiempo de ciclo).
- Aquello que es rentable mejorar y aquellas variables que se desean modificar con los programas de mejora.
- Aquellas variables que tienen que garantizar que los programas en marcha den resultados.

### **7.5.6. Utilización del Seis Sigma**

El Seis Sigma es utilizado por empresas comprometidas con la satisfacción del cliente en la entrega oportuna de productos y servicios, libres de defectos y a costos razonables. Algunos ejemplos: Motorola, Allied Signal, G.E., Polaroid, Sony, Lockheed, NASA, Black & Decker, Bombardier, Dupont, Toshiba, etc. Barbara Wheat, Chuck Mills, Mike Carnell (2004).

El creador de la Seis Sigma Motorola entre 1987 y 1994 redujo su nivel de defectos por un factor de 200. Redujo sus costos de manufactura en 1,4 billones de dólares. Incrementó la productividad de sus empleados en un 126,0 % y cuadruplicó el valor de las ganancias de sus accionistas. Alderete (2003).

Los resultados para Motorola hoy en día son los siguientes: Incremento de la productividad de un 12,3 % anual; reducción de los costos de mala calidad sobre un 84,0 %; eliminación del 99,7 % de los defectos en sus procesos; ahorros en costos de manufactura sobre los once billones de dólares y un crecimiento anual del 17,0 % compuesto sobre ganancias, ingresos y valor de sus acciones. Pérez (2012).



## 8. PROPUESTA DE ÍNDICE

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

ÍNDICE DE TABLAS

LISTA DE SÍMBOLOS

GLOSARIO

RESUMEN

OBJETIVOS

RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

INTRODUCCIÓN

### CAPÍTULO I

#### 1.1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1.1. Definición de cuaderno

1.1.2. Antecedentes de la utilización de cuadernos

1.1.3. Historia del cuaderno

1.1.4. Componentes del cuaderno

1.1.5. Uso y beneficios de la utilización de cuadernos en la sociedad

1.1.6. Manufactura de cuadernos en la actualidad

1.1.7. Situación guatemalteca de la industria manufacturera de cuaderno.

### CAPÍTULO II

2.1. La función de producción / operaciones

2.1.1. La producción como un sistema

2.1.2. La producción como una función organizacional

- 2.1.3. La producción como un conjunto jerárquico de decisiones
  - 2.1.3.1. Decisiones estratégicas
  - 2.1.3.2. Decisiones tácticas
  - 2.1.3.3. Decisiones operativas
- 2.2. Dirección de la producción
  - 2.2.1. La función de producción y la competitividad empresarial
- 2.3. Sistema
  - 2.3.1. Características de los sistemas
  - 2.3.2. Clasificación de los sistemas
  - 2.3.3. El enfoque en sistemas
  - 2.3.4. Sistema productivo
  - 2.3.5. Caracterización de los sistemas productivos
    - 2.3.5.1. Límites o fronteras
    - 2.3.5.2. Medio o entorno
    - 2.3.5.3. Meta o misión y objetivos
    - 2.3.5.4. Recursos de sistema
    - 2.3.5.5. Transformación
    - 2.3.5.6. Resultados
    - 2.3.5.7. Información
    - 2.3.5.8. Retroalimentación
    - 2.3.5.9. Estabilidad u homeostasis dinámica
    - 2.3.5.10. Entropía
    - 2.3.5.11. Equifinalidad
    - 2.3.5.12. Jerarquía
    - 2.3.5.13. Especialización
    - 2.3.5.14. Totalidad
  - 2.3.6. Tipos de sistemas de producción

- 2.3.6.1. Sistema de producción unitaria
- 2.3.6.2. Sistema de producción seriada
- 2.3.6.3. Sistema de producción masiva
- 2.4. Teoría de las limitaciones
  - 2.4.1. Origen de la teoría
  - 2.4.2. Descripción
  - 2.4.3. Aplicación de la metodología
    - 2.4.3.1. Identificar la limitación del sistema
    - 2.4.3.2. Decidir cómo explotar la limitación del sistema
    - 2.4.3.3. Subordinar todas las actividades del sistema
    - 2.4.3.4. Superar la limitación del sistema
    - 2.4.3.5. Implementar y volver a analizar
  - 2.4.4. Tipos de limitaciones
    - 2.4.4.1. Ejemplos de limitaciones
  - 2.4.5. Sistema DBR
  - 2.4.6. Debilidades del sistema DBR
- 2.5. Seis Sigma
  - 2.5.1. Origen
  - 2.5.2. Concepto
  - 2.5.3. Estrategia
  - 2.5.4. Métrica del sistema Seis Sigma
  - 2.5.5. Metodología Seis Sigma
    - 2.5.5.1. DMAMC
      - 2.5.5.1.1. Definir
      - 2.5.5.1.2. Medir
      - 2.5.5.1.3. Analizar
      - 2.5.5.1.4. Mejora

2.5.5.1.5. Control

2.5.6. Medición del Seis Sigma

2.5.7. Utilización del Seis Sigma

### CAPÍTULO III

3.1. SISTEMA DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA MANUFACTURERA DE CUADERNOS DE ESPIRAL DOBLE ANILLO

3.1.1. Situación actual de una empresa manufacturera de cuadernos de espiral.

3.1.2. Análisis de los procesos para la elaboración de cuadernos de espiral.

3.1.3. Análisis de los indicadores productivos utilizados actualmente en una empresa manufacturera de cuadernos de espiral.

3.1.4. Identificación de las variables que intervienen en el proceso de manufactura de cuadernos de espiral.

### CAPÍTULO IV

4.1. Propuesta de aplicación de la teoría de las limitaciones

### CAPÍTULO V

5.1. Resultados

### CAPÍTULO VI

6.1. Seguimiento de la investigación

CONCLUSIONES  
RECOMENDACIONES  
BIBLIOGRAFÍA  
ANEXOS



## **9. METODOLOGÍA**

A continuación se describe las técnicas, métodos y procedimientos que serán utilizados para la investigación y de esta manera cumplir con los objetivos planteados para esta investigación.

### **9.1. Tipo de estudio**

El estudio iniciará con una investigación descriptiva. La realización de este estudio descriptivo va dirigida a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos y sociales, los cuales generan una limitación en el proceso de producción de cuadernos de espiral doble anillo. Se enfoca en describir porque se presenta la limitación del proceso productivo y en qué condiciones se manifiesta, de esta manera se podrá realizar la aplicación de la teoría de las limitaciones para cumplir con un nivel de producción Seis Sigma en todo el sistema de producción analizado.

### **9.2. Diseño de la investigación**

De acuerdo a los objetivos propuestos, se ha determinado que el tipo de investigación a utilizar está basado en un enfoque cuantitativo – cualitativo con un diseño de investigación no experimental, transversal, correlacional, dado que las causas y los efectos están dados y manifestados en tiempo real, lo cual es lo que se busca, el contexto actual y de esta manera poder medir para mejorar, dado que, lo que no se mide no se puede mejorar y lo que no se mejora muere, por lo que el investigador observará las limitantes del sistema y de esta manera aplicar la Teoría de las Limitaciones y así comparar los índices productivos

previo a la aplicación y reportar si ha existido una mejora sustancial en el sistema.

### **9.3. Variables e indicadores**

Las variables a utilizar en esta investigación son de tipo cualitativo y los indicadores que se aplicarán en el trabajo de investigación son de tipo cuantitativo, para realizar la medición correspondiente de los resultados que se obtengan, y así determinar la relación entre las variables estudiadas.

Para cumplir el objetivo general del estudio, aplicar la teoría de las limitaciones para minimizar la cantidad de productos defectuosos a un nivel Seis Sigma en el proceso de manufactura de cuadernos de espiral doble anillo en Guatemala. Es necesario enfocarse en dos variables que resultan principales y se describen a continuación.

La primera variable es denominada como mano de obra directa, la cual se define como el esfuerzo físico y mental que se pone al servicio de la fabricación de un bien y son quienes conforman las tripulaciones de máquina y su indicador será el cumplimiento de meta de producción, el cual va expresado en cantidad de unidades producidas en un turno de trabajo.

La segunda variable son las maquinarias, las cuales se entienden como la cantidad de bienes activos que interactúan en el proceso de producción de cuadernos doble anillo, su forma de medición serán las bitácoras, en las cuales se expresan los tiempos en horas y tipos de paro según se presenta en cada una de las máquinas.

Para el cumplimiento del primer objetivo específico: Describir la situación en que se encuentra el proceso de fabricación de cuadernos de espiral doble anillo, será necesario la utilización de herramientas que logren generar datos que puedan ser correlacionados entre sí, es por las variables serán es el estudio de tiempos, la ergonomía de movimientos y los cuellos de botella que surgen luego de la identificación del proceso.

El cumplimiento del segundo objetivo específico: Identificar los principales problemas en cada uno de los procesos de manufactura de cuadernos de espiral doble anillo aplicando la Teoría de las Limitaciones. Dependerá de las variables que se describen en el siguiente párrafo:

La primera variable son los procesos, para fines del estudio de investigación un proceso se define como actividades necesarias que se relacionan entre sí para procesar cuadernos de espiral doble anillo y el indicador a utilizar será el diagrama de procesos de operación, el cual dará la información a detalle de todos los pasos necesarios para llevar a cabo la fabricación de cuadernos de espiral doble anillo, en donde se podrá observar que procesos no agregan valor y puedan ser eliminados y de esta manera definir nuevos procesos optimizados.

La segunda variable hace referencia a la materia prima que se utiliza en los procesos de transformación para la elaboración de cuadernos doble anillo, su indicador serán las certificaciones ISO con las que cuenta cada material, así como las hojas de calidad donde establece límites máximos y mínimos permitidos para su utilización, y así verificar las limitaciones que se presentan en los materiales y cómo estos afectan los procesos.

La tercer variable son los operadores, quienes son los encargado de operar una máquina transformadora de materia prima y producir los cuadernos de doble anillo espiral para ser utilizados en el mercado. El indicador de esta variable serán las evaluaciones de desempeño, las cuales se realizan periódicamente cada seis meses y hace mención a factores cualitativos en la persona, y de esta manera se podrá saber si el desempeño del mismo ha incrementado o disminuido a través del tiempo y así determinar de qué manera influye en un proceso.

La cuarta variable son las condiciones climatológicas, y su indicador será la humedad en el ambiente y la temperatura, de esta manera se podrá tener información si esta variable afecta directamente un proceso o no.

El tercer objetivo específico propone identificar la mayor limitante que surge en los resultados para tomar las decisiones correctas y para lograrlo se debe hacer énfasis en las siguientes variables:

Cientes: Será la persona receptora del bien producido, y su satisfacción será medida por medio de la cantidad de reclamos recibidos, se compara con el histórico y se definirá si han incrementado o reducido.

La segunda variable a tomar en cuenta serán las incidencias de calidad, las cuales estarán registradas en los reportes diarios de los inspectores de calidad y trasmitidos a un histograma para conocer la variabilidad a través del tiempo, y de esta manera reducirlos al máximo posible.

El último objetivo específico tiene como propósito analizar los costos de producción por medio de la reducción de los cuellos de botella identificados en

el proceso de manufactura de cuadernos de espiral doble anillo. Por lo que utilizará los siguientes variables para cumplirlo:

Desperdicio: material que no puede ser recuperado, debido a una falla ya sea por persona o máquina en el proceso de producción, su indicador será el peso en kilo por orden de producción, el cual estará expresado en porcentaje respecto a kilos procesados efectivos.

Otra variable es el tiempo muerto de máquina, cuando la misma está a la espera del ingreso de material a la línea para continuar con la transformación del producto, se desperdicia la utilización del bien al máximo, el indicador será el tiempo en que la máquina no produjo unidades, esta se expresa en horas y se indica en el reporte de producción del turno.

La tercera variable es el tiempo de ocio de la mano de obra directa, cuando la maquinaria no cuenta con material procedente de otra línea, el tiempo en horas, de los trabajadores deja de ser productivo, y se generan pagos de salarios sin ser aprovechados. El indicador será el tiempo en que la máquina no produjo unidades, esta se expresa en horas y se indica en el reporte de producción del turno.

Tabla II. Resumen de variables

Pregunta de investigación	Objetivo General	Variables	Sub Variables	Indicadores
¿Cómo mejorar el proceso de manufactura de cuadernos de espiral doble anillo?	Aplicar la teoría de las limitaciones para el cumplimiento del Seis Sigma en el proceso de producción de cuadernos de espiral doble anillo	Mano de obra directa	Capacitaciones	Cumplimiento de metas diarias de producción
		Maquinaria	Antigüedad de la maquinaria	Bitacora de reparaciones
Pregunta de investigación	Objetivos específicos	Variables	Sub variables	Indicadores
¿Cuál es la situación de la empresa dedicada a la manufactura de cuadernos de espiral doble anillo?	Describir la situación en que se encuentra el proceso para la fabricación de cuadernos de espiral doble anillo en la empresa	Estudio de tiempos	Operaciones	Cronometración
		Ergonomía de movimientos		Estudio ergonómico
		Cuellos de botella		Reducción de tiempos muertos
¿Cuál serán las mejoras en el proceso productivo en la empresa al trabajar con la Teoría de las limitaciones?	Analizar las limitaciones que han sido detectadas en el proceso	Proceso	Operaciones	Diagrama de procesos
		Materia Prima	Calidad de la MP	Certificaciones ISO, Hojas de calidad
		Operaciones	Personal entrenado y capacitado	Evaluaciones de desempeño
		Condiciones climatológicas		Humedad en el ambiente y temperatura
¿Cuál será la mayor limitación que se obtiene de acuerdo a los resultados obtenidos?	Implementar la teoría de las limitaciones en el proceso de producción	Clientes	Logística	Reclamos
		Vendedores	Distribución	Disminución en venta
		MOD	Servicio al cliente	Sin derechos incentivos
		Maquinaria		Eficiente baja
¿Cuáles serán los costos que se reducirán al aplicar la teoría de restricciones en una empresa manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo?	Evaluar la implementación de la teoría de las limitaciones para el cumplimiento de la Seis Sigma en cuanto a costos de producción	Merma	Pérdidas económicas	Peso en kg
		Desperdicio		
		Tiempos de ocio		
		Tiempos muertos		Producción por unidad en turno de trabajo

Fuente: elaboración propia.

#### **9.4. Población y muestra**

La población serán los catorce procesos de producción que conllevan elaborar cuadernos de espiral doble anillo en la empresa manufacturera de cuadernos de espiral doble anillo.

Debido al tipo de investigación que se realizará, la muestra a utilizar será la población como tal, ya que se busca identificar limitaciones en todo el sistema productivo y elevar la capacidad de la misma por medio de la Teoría de las Limitaciones.

#### **9.5. Análisis y obtención de información**

Para implementar la Teoría de las Limitaciones en un proceso productivo, es necesaria la obtención de información de cada una de las estaciones de trabajo que conforman el proceso de producción de cuadernos de espiral doble anillo, identificando en un reporte diario de producción el nombre de la máquina, nombre del operador de la línea, velocidad de máquina, código del producto, hora de inicio, hora final, meta por hora de producción, producción real por hora, tipo de paro, tiempo de paro, consumo en kilos de papel, merma de papel, kilos de papel, mano de obra directa que conforma la línea, eficiencia del turno.

Al terminar el proceso de recolección de datos, se elaborará y se tabularán en una hoja electrónica en el programa Microsoft Excel con el propósito principal de analizar más a fondo las variables que se recogen en este reporte, se podrá elaborar gráficos de control, histogramas, diagramas de Pareto, calcular la desviación estándar y de esta manera identificar los procesos que se convierten en los cuellos de botella y críticos del sistema.

A demás, se hará uso de la bitácora de cada máquina, para conocer las incidencias que suceden en cada línea de producción, la cual da información de tiempos de paro, áreas afectadas, partes específicas de falla, en donde se puede analizar cómo estas incidencias afectan el proceso y puedan considerarse como limitantes.

## **9.6. Fase de metodología a aplicar**

De acuerdo a los objetivos propuestos, el procedimiento de la investigación se divide en seis fases para satisfacer los objetivos planteados:

### **9.6.1. Fase 1**

- Fase 1: Revisión documental
  - Se llenará un informe diario por estación de producción, registrando las novedades presentadas en el momento de la observación directa.
  - Se realizará una visita a la institución para observar cada una de las estaciones que conforman el proceso de producción, llenando un check list de los criterios más importantes.
  - Se dedicará un tiempo de 5 horas al día por un tiempo de veinte días calendario, distribuidas de manera aleatoria a observar y recolectar datos en las distintas líneas que conforman el proceso de producción, por medio del reporte diario de producción en cada una de las líneas.
  - Se entrevistara a los operadores de cada máquina para saber cuáles son las limitantes del sistema desde su punto de vista.

- Se recolectará información sobre los operadores y tripulaciones de máquina.
- Se documentará cada paro de máquina para documentar el tiempo y el motivo del mismo.

### **9.6.2. Fase 2**

- Fase 2: Análisis de datos
  - Una vez recolectados los datos, estos serán tabulados en una hoja de Excel, de esta manera los datos estarán más ordenados y se podrán observar las tendencias de una manera más clara por medio de gráficas. Y así se identificará las máquinas que tienen una eficiencia menor, las cuales pueden ser consideradas como cuellos de botella. También se comparará el rendimiento de los turnos de trabajo operador por operador, para conocer cómo influyen las destrezas de una persona en la obtención de los resultados esperados.
  - Una vez analizado los datos, es posible identificar el elemento del sistema conocido como cuello de botella, el cual es el recurso con capacidad más pequeña.
  - Para localizarlo se puede analizar entre el cociente de la carga y la capacidad de los recursos, dicho de otra forma, será aquella máquina la cual mantiene un volumen más alto pendiente de procesar que el resto o bien su ritmo de producción es menor respecto a las otras líneas y esto se puede ver reflejado en las unidades producidas y eficiencia de máquina, según los reportes de producción recolectados previamente.

### 9.6.3. Fase 3

- Fase 3: Implementación de la Teoría de las Limitaciones para el cumplimiento del Seis Sigma en el proceso de producción.

Si el cuello de botella es la limitante de todo el sistema, se debe tomar la decisión de no producir más de lo que el cuello de botella puede absorber. Para controlar este fenómeno en el sistema, se debe de programar el cuello de botella en el primer lugar del proceso de producción y de esta manera garantiza que ninguna máquina que es parte del proceso se detendrá o trabajará a un ritmo menor por falta de materiales de ingreso y la calidad del producto será más estable debido al flujo constante de todas las líneas. Sin embargo, esto no siempre es posible de realizar en los procesos industriales, las limitaciones obligan a respetar esta secuencia de operaciones fija. Pero si es posible que el cuello de botella sea quien marque el ritmo al cual debe de suministrarse los materiales, es acá donde ya identificado el cuello de botella se convierta en el tambor del sistema.

Para superar las limitaciones definidas en el sistema se debe que aumentar la capacidad productiva del cuello de botella y es en este momento donde se deben tomar decisiones administrativas y operacionales para aumentar la capacidad:

- Capacitar y certificar al personal y de esta manera aumentar su eficiencia.
- Contratación de personal que cumpla con otro tipo de requerimientos.
- Aumentar el número de turnos y reducir horas en jornada de trabajo.
- Incrementar el control de calidad en las líneas previas al ingreso al cuello de botella.

- El tamaño de órdenes de producción debe ser reajustado.
- Se puede comprar un artículo en vez de procesarlo por el cuello de botella.
- Ajustar una máquina similar dentro de la empresa y liberar trabajo del cuello de botella, o bien comprar una nueva máquina.

Como consecuencia de lo anterior, bajará el factor de utilización de las otras máquinas, el aprovechamiento del recurso no será al máximo como toda empresa desea, es el momento en donde se debe de aplicar la planificación tipo Pull-Push, en este modelo de planificación cuando el material llega a la línea las maquinas deberán procesarlo a la brevedad posible antes de llegar al cuello de botella (Pull). Una vez que se procesa en él las máquinas hasta el final del proceso deberán trabajar lo antes posible, ya que así antes se entregarán al cliente (PUSH).

#### **9.6.4. Fase 4**

- Fase 4. Evaluar la implementación del proceso de producción con la Teoría de las Limitaciones para el cumplimiento Seis Sigma en cuanto a costos de producción.
- Se hará uso del análisis retrospectivo de los resultados de eficiencia de cada una de las líneas que conforman el sistema de producción de cuadernos de espiral doble anillo, con el cual, se podrá realizar una comparativa directa, con el historial de la eficiencia registrada en cada reporte de producción, previo a la implementación de la Teoría de las Limitaciones, de esta manera será posible evaluar en función de costos, si la aplicación del mismo conlleva a un beneficio económico en los procesos.

### **9.6.5. Fase 5**

- Fase 5: Resultados

Los resultados podrán ser observados al momento de realizar una correlación de variables analizadas, que al momento de ser tabuladas en Excel, generará una gráfica de dispersión, demostrando cuales son los cambios resultantes una vez aplicada la Teoría de las Limitaciones.

### **9.6.6. Fase 6**

- Fase 6: Consecuencias de la investigación

Se demostrará de una manera clara las consecuencias que surgen al lograr la implementación del sistema de gestión de producción propuesto, de tal manera que conlleven a un impacto sumamente positivo en la industria guatemalteca, fomentando al desarrollo de programas de mejora continua en el sector productivo del país.

## **10. TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

### **10.1. Análisis de la información**

Para la primera fase: se utilizará el diagrama de barras que registrará la producción por día hábil de trabajo en cada una de las estaciones, de esta manera se podrá realizar un análisis con base a la media aritmética y así definir la capacidad de operación por puesto de trabajo; además, el investigador dedicará un período de tiempo cada día para observar directamente todo lo que sucede en las estaciones que conforman el proceso de producción.

Para la segunda fase: en el análisis de la información se creará un histograma y una gráfica de dispersión con base al reporte diario de producción por estación de trabajo, para ello, el investigador utilizará el programa Excel, en el cual se podrá comparar uno a uno los rendimientos de cada estación y así se podrá determinar cuál es la limitación del sistema a través del tiempo.

Para la tercera fase: se analizará una matriz entre el cociente de la carga y la capacidad de los recursos, con base a los datos obtenidos de la fase anterior y de esta manera estará identificada la limitación del sistema.

Para la cuarta fase: una vez se hayan realizado ajustes en las metodologías de trabajo, se realizarán observaciones directas en cada estación de trabajo, así como un cuadro comparativo de los rendimientos con la nueva propuesta de trabajo versus los rendimientos pasados, con base al reporte diario de producción.

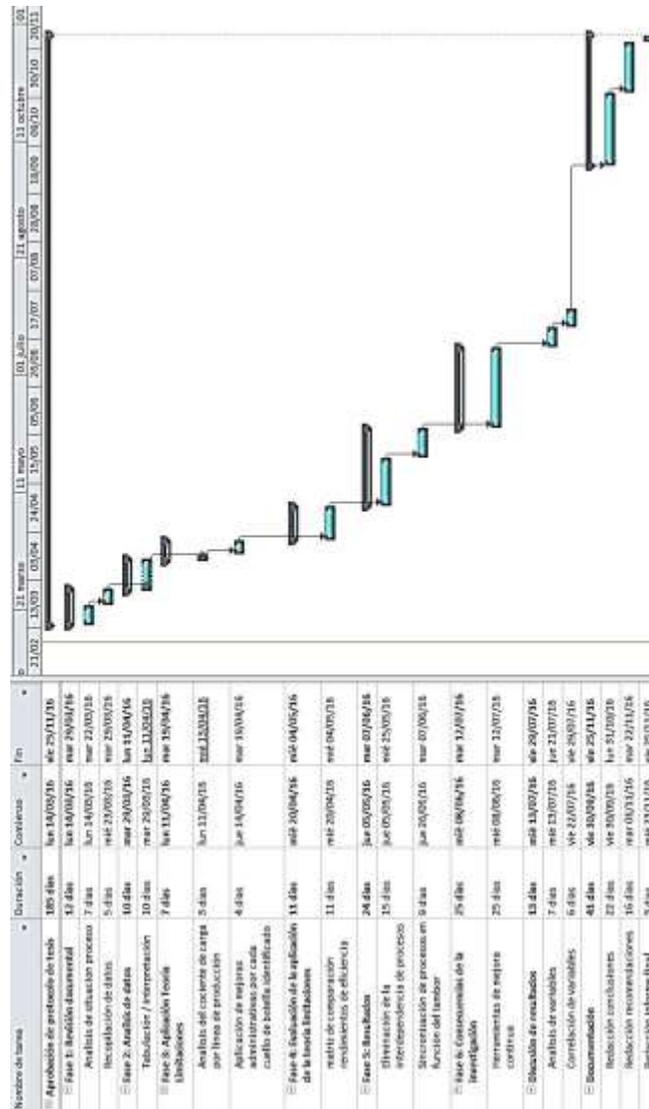
Para la quinta fase: se busca superar las limitaciones en definitiva, por lo que es necesario presentar resultados obtenidos y las modificaciones planteadas al proceso con la alta gerencia, en este punto se mostrará un cuadro comparativo sobre los rendimientos, de tal manera que se apoye la iniciativa de capacitar y certificar personal. También se efectuarán reuniones con el gerente de planta y el jefe de producción para realizar una discusión de resultados y las posibles soluciones, con el fin de obtener el apoyo para realizar los cambios necesarios a media y largo plazo.

Para la última fase se desarrolla un balance con base a las consecuencias obtenidas por haber implementado la herramienta de metodología de producción, la cual será presentada a la alta gerencia y de esta manera lograr una alianza para el desarrollo de investigaciones en la industria en mención, a través del tiempo.

# 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

A continuación se presentan las actividades con el tiempo de duración de estas.

Figura 4. Cronograma de actividades



Fuente: elaboración propia.



## 12. FACTIBILIDAD DEL ESTUDIO

El estudio propuesto es completamente factible a realizarse, dado que la industria guatemalteca de manufactura de cuadernos doble anillo tiene como propósito mejorar su productividad por medio de la reducción de cuellos de botella que a la vez encaminan el proceso a un nivel de producción Seis Sigma.

La aplicación de la Teoría de las Limitaciones inicia desde la parte administrativa, por lo que su inversión económica es baja, y las empresas no necesitan realizar gastos o mejoras tecnológicas inmediatas para lograr resultados en un corto y mediano plazo, lo cual estimula a la aplicación de la misma.

La proyección de los gastos para la ejecución del proyecto planteado se detalla en los siguientes cuadros de resumen

Tabla III. **Recurso humano**

<b>Recurso humano</b>
Investigador (estudiante)
Asesor y revisor de la investigación
Colaboradores administrativos
Colaboradores operativos

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Recurso materiales**

<b>Recursos materiales</b>
Computadora
Impresora
Scanner
Cámara de video
Cronometro
Reportes diarios de producción
Materiales y útiles de oficina
Libros de Eli Goldratt
Tesis de universidades estadounidenses

Fuente: elaboración propia.

Tabla V. **Presupuesto**

<b>Actividad</b>	<b>Monto Quetzales</b>
Recursos materiales	Q. 6,000
Asesoría	Q. 2,500
Transporte	Q. 3,000
Otros ( papel, impresiones, material varios)	Q. 400
Total	Q. 11,900

Fuente: elaboración propia.

El investigador será quien realice el financiamiento de los gastos previamente descritos para llevar a cabo la investigación.

### 13. BIBLIOGRAFÍA

1. Acero, E. (2003). Administración de operaciones aplicando la teoría de restricciones en una Pyme. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Lima.
2. Adamczak, M. (2011). Integrating the theory of constraints as an enterprise management innovative model in engineering industry. *Contemporary Management Quarterly*, 147 - 157.
3. Argumedo, D. y Castiblanco, Y. (2008). Diseño e implementación de una lúdica para analizar procesos de toma de decisiones basados en contabilidad del tróput, mediante escenarios simulados de un sistema productivo en el Laboratorio de Ingeniería Aplicada de la Universidad de Córdoba. Trabajo de grado, Universidad de Córdoba, Montería. Colombia
4. Alderete, V. (2003). Six Sigma: 0 de como las pinzas y martillos se tornan tecnología de punta. Recuperado el 1 de septiembre de 2015, de <http://200.16.86.50/digital/33/revistas/cse/sixsigma-six.pdf>
5. Ávila, V. (2014). Academia. Recuperado el 1 de septiembre de 2015, de [http://www.academia.edu/4776479/Capitulo\\_3.\\_Teor%C3%ADa\\_de\\_restricciones](http://www.academia.edu/4776479/Capitulo_3._Teor%C3%ADa_de_restricciones)
6. Báez, J. & Quesada, L. (1982). Análisis y Diseño de Sistemas. Ediciones ENSPES La Habana.

7. Carnota, O & Villanueva P. (1987). Proyección de Sistemas Automatizados de Dirección. Editorial Pueblo y Educación. Habana, Cuba.
8. Corona, E. (2002). Analisis, administración y control de inventarios en empresas de manufactura. Universidad Autonoma de Nuevo Leon. Ciudad de Nuevo León
9. Díaz, A. (1993). Producción: Gestión y Control. Editorial Ariel Economía. Barcelona, España:
10. Domínguez Machuca, J. A.; García, S.; Domínguez Machuca, M. A.; Ruiz, A. y Álvarez Gil, M.J. (1995). Dirección de operaciones: aspectos estratégicos. McGraw-Hill de España, Madrid.
11. Dornier, P. P. (1998). Global Operations and Logistics. John Wiley, New York.
12. Escalona, Iván. (2009). Teoría de Restricciones. Recuperado el 22 de agosto de 2015, de [http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria\\_industrial/tocteoriadelasrestricciones/](http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/tocteoriadelasrestricciones/)
13. Espinoza, C. y Jiménez, F. (2007). Costos industriales. (1a. ed.).[En línea]. Editorial Tecnológica de Costa Rica. Recuperado el 22 de agosto de 2015, de <http://books.google.com.ec/books?id=jRdhIWgPe60C&pg=PA470&dq=>

14. Fernández, E. (1993). Dirección de la Producción II. Métodos Operativos. Editorial Civitas. España
15. Gaither, N. & Frazier, G. (2000). Administración de la producción y operaciones. 8a ed. ThompsonEditores. México, D. F
16. García, N. (2006). El uso de teoría de restricciones en un proceso de producción de costura de pantalones. Universidad de San Carlos de Guatemala. Ciudad de Guatemala.
17. Goldratt, E. (2002). Cómo Extraer Información del Océano de Datos. El Síndrome del Pajar. México: Ediciones Castillo. pp. 283.
18. Goldratt, E. (2009). La carrera: en busca de las ventajas competitivas. Buenos Aires: Granica. pp. 200.
19. Goldratt, E. y Cox, J. (1993). La meta. Un proceso de mejora continua. México: Ediciones North RiverPress. pp. 337.
20. Goldratt, E. & Fox, R., (1992). "La carrera", México: Ediciones Castillo
21. Goldratt, E. M. & Fox, R. (1994). La Carrera. 2a ed. Ediciones Castillo, México D. F.
22. Gutiérrez, H., Vara, R., (2004). Control estadístico de calidad y Seis Sigma. México: McGraw Hill Interamericana

23. Gutiérrez, L. (2004), La metodología Seis Sigma aplicada a las áreas de tecnologías de información. (Tesis de Maestría) Universidad Iberoamericana. México.
24. Harry, I & Schroeder, R. (2000). Six sigma: the breakthrough management strategy revolutionising the world's top corporations. Currency Publishers. 1<sup>^</sup> ed.. New York.
25. Heizer, J. & Render, B. (2001). Dirección de la producción. Decisiones estratégicas. 6a ed. Prentice-Hall, Madrid.
26. Herrera, I. (2003). Gestión moderna de producción aplicando la Teoría de Restricciones. Colombia: Artes Gráficas Tizan.
27. Hill, T. (1997). La esencia de la administración de operaciones. Prentice-Hall, México.
28. Krajewsky, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). Operations Management. Strategy and Analysis. Addison Wesley Publishing Co.
29. Marín Marín, W., & Gutierrez Gutierrez, E. V. (2013). Desarrollo e implementación de un modelo de teoría de restricciones para sincronizar las operaciones en la cadena de suministro. *EIA*, ISSN 1794 - 1237, 66 - 77.
30. Martínez, A. (1992). "La estrategia de fabricación y la competitividad de la empresa". *Alta Dirección*, No. 162, pp. 151-160.

31. Maynard, H. (1984). Manual de Ingeniería y Organización Industrial (parte-IV). Mexico.
32. Morales, J. (2003). La teoría de las limitaciones y la contabilidad del throughput: ¿Un paradigma de finales del siglo XX?. Recuperado el 09 de septiembre de 2015, de <http://www.intercostos.org/documentos/Trabajo057.pdf>
33. Ortiz, F. (2008). Comparación del sistema de costos estándar y la teoría de restricciones para el control del flujo de materiales mediante un modelo de simulación. Revista de la Ingeniería Industrial, pág. 3.
34. Pérez, A. (2012). Método Seis Sigma: aplicado a una empresa de telecomunicaciones. (Tesis de maestría) Universidad Nacional de Cuyo. Argentina
35. Polesky. (2006). Curso de preparación para Green Belt en la metodología Seis Sigma. México: Universidad de las Américas.
36. Porter, M.E. (1982) Choix Stratégique et Concurrence, París, Económica
37. Riggs, J. L. (1976). Sistemas de producción. Planeación, análisis y control. Limusa, México.
38. Rodríguez, C. (1987). Organización y Planificación de la Producción (parte-I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana, Cuba.

39. Rotondaro, R. (2002). Seis Sigma: estrategia gerencial para a melhoria de processos. produtos e serviços. Atlas - Sao Paulo-Brasil.
40. Schroeder, R. G. (1992). Administración de operaciones. Toma de decisiones en la función de operaciones. 3a ed. McGraw-Hill, México.
41. Sergio. (6 de diciembre de 2010). Medir [Mensaje en un blog]. Recuperado de <http://alumnositsslpc.blogspot.com/>
42. Skinner, W. (1969). "Manufacturing - Missing Link in Corporate Strategy". Harvard Business Review, mayo-junio, pp. 136-145.
43. Uriegas, C. (1987). Análisis Económico de Sistemas de Ingeniería. Editorial Limusa-S.A-de-C.V. México.
44. Viteri, J. Jacome, M. Beltrán, E. (2011). Competitividad e Innovación. Revista Economía y Negocios № 3. 50-55 pp.
45. Werkema, C. (2004). Criando a Cultura Seis Sigma. Werkema Ed.
46. Wheat, B. Mills, C. y Carnell, M. (2004), Seis Sigma: Una parábola sobre el camino hacia la excelencia y una "empresa esbelta", México: Editorial Norma
47. Woithe, G. & Hernández, G. (1986). Fundamentos de la Proyección de Fábricas de Producción de Maquinarias (parte- I). Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la habana.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Adverso de reporte diario de producción

**REPORTE DIARIO DE PRODUCCION**

**Maquina:** \_\_\_\_\_ **ORDEN** \_\_\_\_\_ **Fecha** \_\_\_\_\_  
**Operador:** \_\_\_\_\_  
**Código Trabajador:** \_\_\_\_\_ **Velocidad** \_\_\_\_\_ **Turno:**

DIURNO	NOCTURNO
--------	----------

  
**Producto:** \_\_\_\_\_ **Código producto:** \_\_\_\_\_ **Unidad** \_\_\_\_\_  
**Empaque:** \_\_\_\_\_

Hora inicio	Hora final	Meta / hora	Produccion / hora	% cump. / hora	Tipo de paro	Tiempo paro (min.)	Motivo
06:00	07:00						
07:00	08:00						
08:00	09:00						
09:00	10:00						
10:00	11:00						
11:00	12:00						
12:00	1:00						
1:00	2:00						
2:00	3:00						
3:00	4:00						
4:00	5:00						
5:00	6:00						
6:00	7:00						

**CONSOLIDADO**

--	--	--	--	--	--	--	--

$$\% \text{ cumplimiento} = \frac{\text{Producción / hora}}{\text{Meta / hora}} \times 100$$

Fuente: elaboración propia.

## Anexo 2. Reverso de reporte diario de producción

### Descripción de Materia Prima

Código: \_\_\_\_\_ Papel: \_\_\_\_\_ Ancho: \_\_\_\_\_ Gramaje: \_\_\_\_\_

#### Consumo

No. Bobina / No. Tarima	Peso kg / Cantidad Resmas	No. Bobina / No. Tarima	Peso kg / Cantidad Resmas	No. Bobina / No. Tarima	Peso kg / Cantidad Resmas	No. Bobina / No. Tarima	Peso kg / Cantidad Resmas	No. Bobina / No. Tarima	Peso kg / Cantidad Resmas

**TOTAL**

#### Desperdicio

Tipo de desperdicio	Cantidad kg
Bond blanco	
Impreso / Interior	
Carátula	
Pliego Impreso Offset	
Kraft	
Manila	
Merma	

#### Tripulación

Código	Nombre

Firma operador: \_\_\_\_\_

Observaciones: \_\_\_\_\_

Fuente: elaboración propia.

### Anexo 3. Bitácora de paros no programados

BITACORA			
Máquina: _____	Fecha: ____ / ____ / ____		
Supervisor : _____	Operador : _____		
Hora que reporta operador: _____	Código de producto: _____		
	Orden de producción: _____		
Tipo de problema:			
<input type="checkbox"/> Mecánico	<input type="checkbox"/> Eléctrico		
	<input type="checkbox"/> Operativo		
<b>Sintomas que presenta en la máquina</b>			
<b>Departamento de mantenimiento:</b>			
Hora de recepción de solicitud: _____	Fecha de recepción de solicitud: ____ / ____ / ____		
Mecanico asignado: _____	Hora que se reporta en máquina: _____		
Area de máquina afectada: _____			
Parte específica del problema: _____			
Detalle de problema real: _____			
Posible causa del problema: _____			
Detalle de solución: _____			
Equipo utilizado: _____			
Repuestos utilizados: _____			
Fecha de finalización: ____ / ____ / ____	Hora de finalización: _____		
Firma mecánico: _____	Firma supervisor: _____		

Fuente: elaboración propia.

