



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Estudios de Postgrado  
Maestría en Gestión Industrial

**OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO,  
BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA  
EN ESCUINTLA, GUATEMALA**

**Lic. Abel Estuardo Estrada Cabrera**

Asesorado por el M.A. Ing. Karen Viviana Gomar Sierra

Guatemala, noviembre de 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO,  
BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA  
EN ESCUINTLA, GUATEMALA**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**LIC. ABEL ESTUARDO ESTRADA CABRERA**

ASESORADO POR EL M.A. INGA. KAREN VIVIANA GOMAR SIERRA

A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**MAESTRO EN ARTES EN GESTIÓN INDUSTRIAL**

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2020



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**JURADO EVALUADOR QUE PRACTICO EL EXAMEN DE DEFENSA**

DECANA	Mtra. Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADOR	Mtro. Ing. Carlos Humberto Aroche Sandoval
EXAMINADOR	Mtro. Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna
SECRETARIO	Mtro. Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

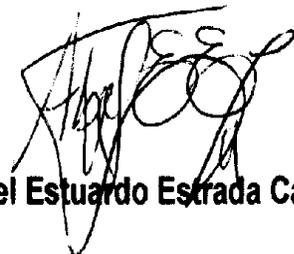


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

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:

**OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO,  
BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA  
EN ESCUINTLA, GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería, con fecha 28 de noviembre de 2018.



**Lic. Abel Estuardo Estrada Cabrera**



DTG. 421.2020.

La Decana 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 Estudios de Postgrado, al Trabajo de Graduación titulado: **OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO, BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA**, presentado por el Licenciado: **Abel Estuardo Estrada Cabrera**, estudiante de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

Guatemala, noviembre de 2020.

AACE/asga





**Guatemala, Noviembre de 2020**

EEPTI-1494-2020

En mi calidad de Director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen y verificar la aprobación del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística al Trabajo de Graduación titulado: **"OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO, BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA"** presentado por el **Ingeniero Abel Estuardo Estrada Cabrera** quien se identifica con Carné **200740518** correspondiente al programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** ; apruebo y autorizo el mismo.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"

**Mtro. Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí**  
Director



**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**





**Guatemala, Noviembre de 2020**

**EEPI-1493-2020**

Como Coordinador de la **Maestría en Artes en Gestión Industrial** doy el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO, BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA"** presentado por el **Licenciado Abel Estuardo Estrada Cabrera** quien se identifica con Carné **200740518**.

Atentamente,

**"Id y Enseñad a Todos"**



**Mtro. Ing. Carlos Humberto Arce Sandoval**  
**Coordinador de Maestría**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Universidad de San Carlos de Guatemala**



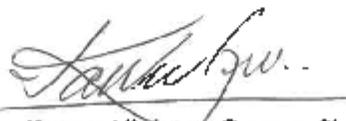
Guatemala, Noviembre de 2020

EEPI-1495-2020

En mi calidad como Asesora del Licenciado **Abel Estuardo Estrada Cabrera** quien se identifica con Carné **200740518** procedo a dar el aval correspondiente para la aprobación del Trabajo de Graduación titulado: **"OPTIMIZACIÓN DE LA LÍNEA DE ELABORACIÓN DE PALETAS DE CAMELO DURO, BASADA EN LA TEORÍA DE RESTRICCIONES EN UNA EMPRESA CONFITERA, UBICADA EN ESCUINTLA, GUATEMALA"** quien se encuentra en el programa de **Maestría en Artes en Gestión Industrial** en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Atentamente,

*"Id y Enseñad a Todos"*



**M.A. Ing. Karen Viviana Gomar Sierra**  
**Asesora**

*Msc. Ing. Karen Gomar*  
Ingeniera Ag. Industrial  
Colegiada No. 1896



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	La piedra angular que sostiene mi vida y mi familia.
<b>Mis padres</b>	Francisco Estrada e Isabel Cabrera, su amor, carácter y perseverancia me han conducido a cosechar éxitos.
<b>Mi esposa</b>	Hilda Priscilla Soloman de Estrada, compañera que Dios me otorgó para que cuidara de mí y de mis hijas.
<b>Mis hijas</b>	María Isabel y María Monserrat Estrada Soloman, mis dos princesas que, sin ellas, mi vida no tuviera sentido, ni valor alguno.
<b>Mis hermanos</b>	Guerreros de la vida, que me comparten la dicha de ser mis amigos.



## AGRADECIMIENTOS A:

<b>Dios</b>	Mi fuente de energía, mi faro que, aunque a veces siento desmayar, siempre está para consolar mis penas y tristezas.
<b>Mi esposa</b>	Hilda Priscilla Soloman de Estrada, mi gran amor quien, con paciencia me ha soportado mis malos ratos y corajes.
<b>Universidad de San Carlos de Guatemala</b>	Por ser mi <i>alma mater</i> y sentirme orgulloso de pertenecer a la mejor academia.
<b>Escuela de Estudios de Postgrado</b>	Por forjarme para ser competitivo.
<b>M.A. Inga. Karen Gomar</b>	Por asesorarme y confiar en mi trabajo y ser una gran amiga y compañera.
<b>Amigos y compañeros de maestría</b>	Por compartir los momentos de tristeza, angustia y desesperación, pero, además, estar en las alegrías de cada sábado, en la difícil faena de maestría.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN.....	XIII
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	XV
FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO.....	XXIII
INTRODUCCIÓN .....	XXVII
1. MARCO TEÓRICO.....	1
1.1. Confitería .....	1
1.1.1. Confites.....	2
1.1.1.1. Jarabe o sirope .....	3
1.1.1.2. Sacarosa.....	4
1.1.1.3. Jarabe de glucosa.....	4
1.1.1.4. Azúcar invertido .....	5
1.1.1.5. Acidulantes .....	6
1.1.1.6. Colorantes.....	7
1.1.1.7. Agentes aromáticos .....	8
1.2. Optimización de operaciones y procesos .....	9
1.2.1. Métodos de ingeniería.....	10
1.2.2. Procedimientos y métodos de operaciones.....	10
1.2.3. Dirección de operaciones.....	11
1.2.4. Planificación y control de la producción .....	11
1.2.5. Procesos de fabricación .....	13

1.3.	Pensamiento sistémico.....	13
1.4.	Situaciones complejas.....	15
1.4.1.	Organizaciones que enfrentan problemas complejos .....	16
1.4.2.	Soluciones complejas para problemas complejos .....	16
1.5.	Administración de los procesos.....	17
1.5.1.	Excelencia y calidad .....	18
1.5.2.	Valor .....	20
1.5.3.	Calidad de producto.....	20
1.6.	Teoría del caos.....	20
1.7.	Teoría de restricciones.....	21
1.7.1.	Administración de las restricciones.....	23
1.7.2.	Medidas operativas.....	27
1.7.3.	Bases de la teoría de restricciones.....	31
1.8.	Proceso de elaboración de paletas de caramelo sólido .....	34
1.8.1.	Jarabe de azúcar .....	34
1.8.2.	Jarabe de glucosa de maíz.....	35
1.8.3.	Unidades dosificadas.....	35
1.8.4.	Proceso cocimiento .....	35
1.8.5.	Temperado .....	37
1.8.6.	Troquelado.....	38
1.8.7.	Envoltura.....	39
1.8.8.	Envasado.....	39
2.	DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	41
2.1.	Fase 1. Revisión documental .....	41
2.2.	Fase 2. Diagnóstico de la línea .....	41
2.3.	Fase 3. Herramientas estadísticas para el análisis del proceso .....	42
2.4.	Fase 4. Beneficios de utilizar teoría de restricciones.....	42
3.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS .....	43
3.1.	Diagnóstico de la línea .....	43

3.2.	Herramientas estadísticas para el análisis del proceso .....	50
3.3.	Beneficios de utilizar teoría de restricciones .....	51
4.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	55
4.1.	Diagnóstico de la línea.....	55
4.2.	Herramientas estadísticas para el análisis del proceso .....	56
4.3.	Beneficios de utilizar teoría de restricciones .....	56
	CONCLUSIONES .....	59
	RECOMENDACIONES .....	61
	REFERENCIAS .....	63
	ANEXOS .....	67



# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1. Esquema de roles dentro de la organización .....	12
2. Diagrama de causa y efecto .....	15
3. Definiciones de la idea de calidad.....	18
4. Estaciones de trabajo sin balance .....	24
5. Producción por estaciones desbalanceadas.....	25
6. Ciclo teoría de las restricciones .....	26
7. Objetivos de la administración según la TOC .....	28
8. Cocinadora de caramelo .....	36
9. Operario mezclando caramelo .....	37
10. Esquema de producción línea paletas .....	43
11. Kilos procesados según fabricante .....	45
12. Capacidad real de proceso .....	46
13. Encuesta operativa .....	47
14. Resultados encuesta ITEM 1-3.....	48
15. Resultados encuesta ITEM 4.....	48
16. Resultados encuesta ITEM 5.....	49
17. Pareto encuesta operativa .....	49
18. Diagrama de causa y efecto .....	50
19. Pareto restricciones línea paletas.....	51
20. Capacitación .....	52
21. Gestión visual de la merma.....	53
22. Gestión visual productividad .....	53

## TABLAS

I.	Operativización de variables.....	XXV
II.	Materias primas básicas .....	3
III.	Aditivos para caramelo .....	5
IV.	Clasificación de los sabores.....	8
V.	Velocidad según fabricante .....	44
VI.	Indicadores de línea de producción .....	52

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>ED</b>	Dextrosa equivalente
<b>°BRIX</b>	Grados Brix (sólidos disueltos en una solución)
<b>°C</b>	Grados Celsius
<b>%</b>	Porcentaje
<b>P.H.</b>	Potencial de Hidrógeno
<b>BAR</b>	Unidad de presión



## GLOSARIO

<b>Acidulante</b>	Se utiliza en muchos procesos como conservante, modificador de la viscosidad o de la acidez de los alimentos.
<b>Análisis</b>	Grado o medida en que la modificación de una variable afecta un resultado.
<b>Calidad</b>	Propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor capacidad o grado de producción por unidad de trabajo.
<b>Caramelo</b>	Azúcar fundido y endurecido.
<b>Colorante</b>	Sustancia que, añadida a ciertos alimentos, sirve para darles color o teñirlos.
<b>Confitería</b>	Arte de elaborar dulces y confituras.
<b>Desviación</b>	Tendencia o cambio de la trayectoria que lleva algo o alguien.
<b>Dextrosa</b>	Glucosa, especialmente la que contiene la fruta.
<b>Eficacia</b>	Capacidad de lograr el efecto que se desea o se espera.

<b>Eficiencia</b>	Capacidad de disponer de alguien o algo para conseguir un efecto determinado.
<b>Egp</b>	Acrónimo de eficiencia global de planta, es utilizado para medir la eficacia y eficiencia de un proceso tomando en cuenta la calidad del producto.
<b>Gemba</b>	Palabra japonesa que significa, “en el lugar del trabajo”.
<b>Gelatina</b>	Sustancia sólida, transparente e incolora, casi inodora e insípida, que se obtiene cociendo en agua huesos, tendones y ligamentos de animales; se emplea en cocina, farmacia y en la fabricación de películas y pegamento.
<b>Glucosa</b>	Disacárido que se encuentra en su estado natural en las frutas, además resulta de la inversión de la sacarosa.
<b>Índice de tiempo operacional</b>	Es el indicador que mide cuánto tiempo permanece una máquina sin operación contra el tiempo programado.
<b>Índice de producto aprobado</b>	Es el indicador que refleja cuanto producto es rechazado contra el producto que se programa.
<b>Índice de desempeño operacional</b>	Es el indicador que mide la velocidad real de las máquinas comparadas con la programada.

<b>Optimizar</b>	Buscar la mejor manera de realizar una actividad.
<b>Peps</b>	Sistema de inventario que busca mantener un orden dependiendo el producto.
<b>Phva</b>	Círculo de calidad que incluye, planear, hacer, verificar y actuar.
<b>Proceso</b>	Conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial.
<b>Rca</b>	Análisis de causa raíz, es una metodología para determinar el origen de un problema.
<b>Sacarosa</b>	Sustancia cristalina perteneciente al grupo químico de los hidratos de carbono, de sabor dulce y de color blanco en estado puro, soluble en el agua, que se obtiene de la caña dulce, de la remolacha y de otros vegetales.
<b>SAP</b>	Sistema informático que procesa información dentro de una industria.
<b>Sistémico</b>	Perteneciente o relativo a la totalidad de un sistema; general, por oposición a local.
<b>Toc</b>	Teoría de restricciones por sus siglas en inglés.
<b>Troquel</b>	Instrumento o máquina con bordes cortantes para recortar con precisión, planchas, cueros entre otros.

**Ueps**

Sistema de inventario que busca mantener un orden dependiendo el producto.

## RESUMEN

La investigación se desarrolló en las actividades operacionales de una industria de confitería, segmentada en tipos diferentes de dulces.

El objetivo de este trabajo radica en optimizar el funcionamiento de la línea de paletas de caramelo duro, midiendo los tiempos de paro por cada restricción encontrada, de la cadena de operaciones de la línea de producción.

Se mejoró la eficiencia de toda la cadena de operación gestionando las restricciones de la línea según la planeación mensual. La eficiencia y eficacia del proceso mejoro, además se disminuyó el recorte de producto y cumpliendo la producción mensual programada.

Se determinó que la cocina tiene una capacidad de 20 operaciones por hora, con un rango de peso de 54 a 56 kg, cada operación, haciendo un total de 6480 kg hasta 6720 kg.

Con respecto a la mano de obra existente en el proceso, se determinó que en la fase de temperado y amasado, el personal no lograría darle la conformidad al caramelo con respecto a la temperatura, si la cocina trabajara al máximo de su capacidad, por el desgaste físico que conlleva realizar esta tarea.

En la siguiente fase del proceso, también se determinó que las máquinas troqueladoras no logran procesar la cantidad de producto que provee la cocina, por la velocidad con que se pueden trabajar actualmente, sin generar desperdicio o merma.



## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cumplimiento deficiente de la producción, en la línea de producción de paletas de caramelo duro, es el producto de las restricciones no tratadas en la línea de producción.

- Contexto general

El cumplimiento de las metas trazadas en cualquier industria es uno de los objetivos pretendidos por la organización de estas, pero, el tratamiento de sus restricciones pocas veces se da, la teoría de restricciones proporciona una directriz de cómo tratar estas.

Haciendo que las organizaciones observen de forma sistémica, todos sus problemas y así poder determinar la velocidad de sus procesos de una forma simple y clara, convirtiendo sus procesos de un círculo vicioso a uno virtuoso, mejorando su eficacia y eficiencia.

- Descripción del problema

En todo el mundo existen plantas de confitería. Así mismo, en Guatemala existen varias plantas de procesamiento de caramelos.

Además de ser confiteras, comparten problemas de eficiencia, es decir, de incumplimiento de producción, con lo cual se incrementa el costo por caramelo.

La empresa analizada es una de las más fuerte de la región. Se encuentra en el km. 54.5 ruta nacional 14 autopista Palín-Escuintla. En esa empresa es necesario evaluar cuáles son las restricciones de su sistema.

La fábrica cuenta con cuatro líneas de producción de bombones, dos líneas de dulces duros, tres líneas de paletas y dos líneas de dulces blandos.

La planta de dulcería posee un sistema de control de la producción anual. Mensualmente, se establece una comparación entre lo presupuestado, planeado, producido y el histórico anual del periodo anterior.

La línea de paletas incluye una máquina cocinadora que trabaja con vapor y proporciona una masa de caramelo, tres máquinas moldeadoras de caramelo con formas diferentes, como corazón, dos corazones, mango, círculo, tarro de cerveza; además, dentro de este proceso es colocado el palillo y la envoltura de las paletas.

De acuerdo con el proceso, el producto es transportado por túneles de enfriamiento y almacenado temporalmente en bandejas plásticas. Posteriormente, pasa al área de envase y se lleva a la bodega de producto terminado, por medio de una banda plástica accionada eléctricamente.

En el año 2018, hubo restricciones en el proceso, por lo cual el plan de producción mensual no se cumple y están agotados en las diferentes referencias que se troquelan.

Además de la merma en la producción, otro indicador es el desperdicio de la línea, que es inversamente proporcional a la producción.

En esta investigación se estudia la línea de paletas de caramelo duro. El cumplimiento en esta línea se ha visto afectado por varias restricciones a las cuales no se les ha dado seguimiento adecuado.

La línea de paletas tiene un decrecimiento en el cumplimiento de producción y un aumento del desperdicio de material comestible, así como material de empaque.

Esto se debe a las restricciones de tipo operativo, de funcionalidad de los materiales, del sistema de aditivos y de maquinaria.

- Delimitación del problema

El trabajo de investigación se llevó a cabo en la línea de producción de paletas de caramelo duro, de una empresa confitera ubicada en la ciudad de Escuintla, de la república de Guatemala, durante el periodo de enero a abril del 2019.

- Determinación del problema

La línea de paletas de caramelo duro incumple con el plan de producción programado mensualmente debido a múltiples restricciones durante el periodo establecido. Esto ha generado incumplimiento en ventas y aumento de desperdicio de caramelo y de material de empaque.

- Causa

Las restricciones que se tienen en la línea no están definidas o identificadas, por lo cual, provoca paros de emergencias que no son tratados eficientemente.

- Consecuencia

Cumplimiento deficiente en el plan de producción de la línea.



## FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

- Formulación de preguntas orientadoras

- Pregunta central

¿Cómo la teoría de restricciones aumentará la rentabilidad de la línea de paletas de caramelo duro?

- Preguntas auxiliares

- ¿Qué restricción de la cadena de valor tiene mayor incidencia en la productividad de la línea de paletas de caramelo duro
- ¿Qué factores inciden en la medición de la eficiencia y eficacia utilizando la teoría de restricciones en la fabricación de paletas de caramelo duro?
- ¿Qué beneficios tiene la aplicación de la teoría de restricciones en el producto terminado de paletas de caramelo duro?



# OBJETIVOS

## General

Propuesta de optimización de la línea de elaboración de paletas de caramelo duro, basada en la teoría de restricciones.

## Específicos

- Diagnosticar restricciones, que estén provocando la baja productividad de la línea.
- Determinar las herramientas de análisis estadísticos que pueden utilizarse para medir el impacto en la eficacia y eficiencia de la línea, después de la utilización del sistema de teoría de las restricciones.
- Determinar los beneficios de utilizar la teoría de restricciones en la línea de producción de paletas de caramelo duro.



## RESUMEN DE MARCO METODOLÓGICO

- Tipo de estudio

Se selecciona un tipo de estudio mixto porque se cuenta con la información necesaria en el manual de procedimientos donde se describe su alcance. Además, se cuenta con el reporte diario de los inventarios de producto terminado, producciones y el historial de paros y tiempos grabados en el ERP SAP. Transversal porque el estudio de investigación está delimitado en tiempo, existe una fecha de inicio y fin del proyecto.

La investigación incluyó la recolección de datos, el análisis de estos y la discusión de resultados. El trabajo de campo se realizó mediante fases para determinar las oportunidades y mejoras durante todo el proceso de la cadena de valor.

- Fase 1: responde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes del problema y marco teórico relacionado al mismo.
- Fase 2: se define la capacidad instalada de la línea de producción de acuerdo con su diseño para contar con la línea base o referencia, de acuerdo con la revisión y análisis de manuales de diseño, de operación y planos de los componentes de línea de producción.
- Fase 3: se define la herramienta estadística y visual, con la implementación de la teoría de las restricciones.

Se obtienen los resultados del sistema de teoría de las restricciones. Inicialmente se realiza un análisis estadístico de las variables relacionadas a la investigación, posteriormente, se utilizarán herramientas administrativas para llegar a las causas raíz de las desviaciones (lluvia de ideas, análisis de causa y efecto, “el último por qué”).

- Fase 4: se verifican los beneficios obtenidos al utilizar la herramienta de la teoría de restricciones en la línea de elaboración de paletas de caramelo duro.
- Alcance

Metodológico descriptivo, porque se tiene disponibilidad de los registros generados por el sistema de producción y el sistema de ingeniería de planta, en cuanto a las restricciones que se tienen en la línea de producción.

Esto permite conocer los tiempos perdidos en la producción de paletas de caramelo duro. Esta información de entrada es importante para la elaboración de este informe.

Desde la perspectiva del estudio de investigación y el aporte de la línea de investigación, se le proporciona al área de producción de paletas de caramelo duro, propuestas validas de mejorar en la producción, eliminando tiempos no previstos en el plan de producción.

- Enfoque del estudio

Mixto porque existen resultados cuantitativos y cualitativos.

Cuantitativo porque se utiliza la medición de las variables dependientes o indicadores para el análisis del control de la producción y análisis de las restricciones.

Cualitativo porque se utiliza la revisión documental de los equipos y del proceso como tal, además de los registros de paros en las líneas por las diversas restricciones que se tienen, esto para llevar un control del proceso productivo.

- Diseño

No experimental porque no se llevarán a cabo análisis de laboratorio.

- Operativización de variables

Tabla I. **Operativización de variables**

<b>Nombre de la variable</b>	<b>Indicador</b>
Indice de tiempo operacional ITO	$(\text{Tiempo programado de maquina} / \text{Tiempo real de trabajo de maquina}) * 100$
Indice de disponibilidad operacional IDO	$(\text{Velocidad estandar de maquina} / \text{Velocidad real de maquina}) * 100$
Indice de producto aprobado IPA	$(\text{Producto producido} / \text{Producto aprobado}) * 100$
Eficiencia global de producción EGP	$ITO * IDO * IPA$

Fuente: elaboración propia.

- Técnicas de análisis de la información

La técnica de análisis de información se basó en la recolección de datos directamente de la línea de producción de paletas de caramelo duro, por medio de los reportes de producción, tomados del ERP SAP.

Se utilizó el porcentaje, valor total, frecuencias y frecuencia acumulada del programa Excel. Con estos datos se realizaron las gráficas de Pareto y las gráficas, para la gestión visual del informe.

## INTRODUCCIÓN

Este informe se basa en la sistematización debido a la reorganización del proceso, además forma parte de una mejora en los sistemas de mejoramiento continuo porque resuelve problemas dentro de la empresa.

El análisis de las restricciones del sistema de producción de paletas de caramelo duro, de la productora de confitería sujeta al estudio de este trabajo se trató de una mejora. El trabajo se titula Optimización de la línea de elaboración de paletas de caramelo duro, basada en la teoría de restricciones en una planta productora de confitería. Durante el desarrollo de la investigación se establecieron, revisaron y gestionaron las restricciones, para mejorar el proceso de producción de paletas de caramelo duro. Con ello se redujeron los tiempos por reparación de maquinaria, tiempos muertos por operación, además de la reducción de la merma por las pruebas realizadas por reparaciones.

La determinación del problema incluye las restricciones del sistema de elaboración de paletas de caramelo duro en el área de dulcería, las cuales propiciaban un proceso deficiente. Se identificaron los desperdicios de tiempo, producto, material de empaque entre otros problemas que obstaculizaban la entrega de producto terminado al almacén. De acuerdo con el análisis, la importancia de la solución es aumentar la productividad de la línea de paletas de caramelo duro. Con ello se cumple con la planeación de producto y con la entrega de un producto de calidad al cliente.

El esquema de solución inicia con un análisis de la línea de producción, en el cual se determinó la diferencia entre las velocidades iniciales del fabricante y las que se experimentaban en la actualidad, además, se verificó la velocidad

más lenta de los equipos, que es la determinante en todo el proceso. Se debe recordar que la velocidad o eficiencia de todo proceso es igual a la velocidad o eficiencia más lenta o bajo del mismo.

Después de analizar los equipos se verificaron las restricciones de los equipos durante su operación diaria. Se tomaron como referencia los reportes de turno grabados en ERP SAP, además de recorridos gamba por la línea en estudio.

El informe final se estructuró en capítulos. En el capítulo 1 se incluye el marco teórico, el cual presenta tres divisiones: la información general de la industria confitera que es el eje de producción de la industria donde se llevó a cabo el estudio de la investigación, la línea de investigación en la cual se basa el estudio y la herramienta utilizada para llevar a cabo la propuesta de solución del problema.

El capítulo 2 comprende el desarrollo de la investigación. Presenta los datos de acuerdo con los 3 objetivos específicos: diagnosticar restricciones que estén provocando la baja productividad de la línea, determinar las herramientas de análisis que puedan utilizarse para medir el impacto en la eficacia y eficiencia de la línea, después de la utilización del sistema de teoría de restricciones, evaluar los beneficios de utilizar la teoría de las restricciones en la línea de producción de paletas de caramelo duro. Estos objetivos se utilizaron para la presentación de resultados en el capítulo 3. Se identificaron restricciones que provocaban la baja productividad de la línea para lo cual se aplicaron herramientas de análisis, como el último por qué, diagrama de Pareto, diagrama de Ishikawa, las medidas de tendencia central, además de las evaluaciones económicas y de aprendizaje que dejó el estudio de investigación.

En el capítulo 4 se discuten los resultados descritos.

# 1. MARCO TEÓRICO

Todo lo que se relaciona con la investigación es importante. Además, con ello, se comprende la relación entre las áreas en el proceso. Esta información se relaciona con el proceso de elaboración de confitería, teoría de restricciones, pensamiento sistémico, y como mejorar continuamente los procesos.

## 1.1. Confitería

La industria confitera divide los dulces en tres clases: los elaborados con chocolate, la bollería y pastelería y los dulces que tienen una base fundamental de azúcar, según (Edwards, 2002).

Además, Edwards (2002) agrega que la fabricación de las golosinas no es una industria basada en la ciencia, sino han sido creados por hábiles confiteros artesanos que trabajaban de modo empírico y el conocimiento científico de los productos de confitería se ha adquirido de modo retroactivo.

Ramírez y Orozco (2014) comenta que la industria confitera surgió y se ha desarrollado, alrededor de un ingrediente principal: la sacarosa, sus propiedades y las características que provee han sido aprovechadas a través del tiempo para generar una variedad grande de productos.

La confitería puede definirse como el arte de elaborar dulces y, por simple que parezca, esa definición abarca tal cantidad de aspectos que, reunidos

reflejan todo lo que significa. El termino arte tiene una acepción inmensa. En un sentido amplio involucra cualquier actividad que pueda ser realizada, sen palabras de (Ramírez y Orozco 2014)

Según Ramírez y Orozco (2014) la tecnología confitera, entonces, aborda el estudio de todo el proceso de fabricación de los dulces considerando íntegramente las operaciones involucradas en él, hasta el momento mismo en que el producto esta para su consumo.

Ahora bien, los caramelos han sido conocidos desde tiempos ancestrales. Aproximadamente 2000 a.C. los registros egipcios muestran el proceso de confección para hacer comidas dulces. En 1470, un fabricante de caramelos en Venecia aprendió a refinar azúcar importada desde el Medio Oriente, (Manual Tverdy Candy Making, 2005)

### **1.1.1. Confites**

Son productos basados en la sacarosa y glucosa. Además, por su forma o tipo de elaboración pueden ser: caramelos duros, caramelos suaves, caramelo aireado, las pastillas de goma y todos los productos de chocolate entre otros. Además, se conoce como caramelo duro a los productos obtenidos de una mezcla de agua, sacarosa y glucosa de alta concentración, que han sido moldeados y enfriados en un estado vidrioso.

Estos productos son elaborados con temperaturas altas de cocción, además de la adición de ácidos, colorantes, saborizantes, actualmente se han limitado a materias primas no naturales. (Ramírez y Orozco, 2014).

Según Ramírez y Orozco (2014) se debe tener control sobre la humedad residual en el cocimiento del producto, con un parámetro de no mayor a 3.0 %. Si es mayor a este porcentaje se altera la vida de anaquel de estos, además, existe una variedad de formas de fabricación de estos productos de confitería. Varían según el equipo utilizado para su proceso de cocción (vacío continuo, intermitente, a olla abierta). El tipo de troquelado puede variar también entre ellos, el depositado y aireado, entre otros.

Estas variables de control son importantes de observar y cuidar, si no se controlan, el producto puede sufrir alteraciones físicas en el mercado, por lo cual el consumidor final puede rechazarlo.

#### **1.1.1.1. Jarabe o sirope**

Está constituido por agua, azúcar, jarabe de glucosa de maíz, el cual debe de tener una consistencia uniforme para el proceso de cocción.

**Tabla II. Materias primas básicas**

1.	Agua
2.	Azúcar (Sacarosa)
3.	Jarabe de glucosa de maíz

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la planta de producción dulcería.

La materia prima de todo producto interviene directamente en la elaboración de este, aunque esta sea un producto terminado o un subproducto de otro.

### **1.1.1.2. Sacarosa**

En América, existen fábricas que procesan la caña de azúcar. Este producto es uno de los dos componentes base de la confitería. Guatemala es líder en Centroamérica en producción de este edulcorante y posee una gran área de cultivo de este tipo de caña.

La sacarosa es un azúcar poco habitual, por ser un disacárido no reductor; sus monosacáridos constituyentes son la dextrosa (o glucosa) y la fructuosa, siendo ambos azúcares reductores. (Edwards, 2002).

### **1.1.1.3. Jarabe de glucosa**

Junto con el azúcar forman la base para la confitería o dulcería, como también se le conoce, este producto, dependiendo de su especificación es de alta viscosidad, es incoloro y translucido, se debe cuidar la temperatura de conservación, porque la alteración de esta puede propiciar un color amarillento.

Con esta materia prima, se obtiene una sensación de suavidad en la confitería, mientras más glucosa se le agregue a la formulación más suave en el paladar será el producto final, en otro tipo de alimentos, se utiliza para potenciar los sabores y mantener el sabor dulce de los mismos.

Dependiendo del tipo de glucosa que se necesite, al maíz se le puede realizar la hidrólisis de forma parcial o total para obtener distintos productos. (Corporativo químico global, 2019).

El jarabe de glucosa ha sustituido, en su mayoría, al azúcar invertido como ingrediente en confitería. De hecho, algunos productos en confitería contienen más sólidos provenientes de jarabes de glucosa que de la sacarosa. (Edwards, 2002).

#### 1.1.1.4. Azúcar invertido

Según Ramírez y Orozco (2014), una de las propiedades específicas de la sacarosa que debe tomarse en consideración es su capacidad de inversión, dando como resultado una mezcla de partes iguales de glucosa y fructuosa. Esto se logra calentando suavemente una mezcla de agua y azúcar, en presencia de un ácido.

- Aditivos

Es todo aquello que sirve para dar color y sabor al producto.

Tabla III. **Aditivos para caramelo**

Aditivos	
1.	Acidulante
2.	Colorante
3.	Esencia

Fuente: elaboración propia, con datos obtenidos de la planta de producción dulcería.

### 1.1.1.5. Acidulantes

Son sustancias que ayudan a acentuar los sabores de los productos. Dependiendo del sabor que tenga el alimento así será el acidulante escogido, si se tiene un sabor a limón, naranja, fresa, el acidulante que puede dar mayor connotación será el ácido cítrico.

Los acidulantes tienen muchos beneficios para los productos, entre ellos están:

- Oscurecimiento químico
- Reducen la turbidez
- Clarifican jarabes
- Estabilizan colores

Según Ramírez y Orozco (2014) lo negativo del uso de ácidos es el incremento de la humedad en los caramelos con lo cual su consistencia se torna pegajosa y, en los críticos, produce el “llorado del caramelo”. Por eso, es muy importante que los acidulantes que se utilicen como aditivos se agreguen al término del cocimiento de las masas y nunca al principio.

- Ácido cítrico

Se utiliza en la confitería para darle el toque ácido a los sabores propios o característicos, además, se utiliza principalmente por su costo, que es menor al de otros ácidos.

- Ácido málico

Es un tipo de ácido más suave que el ácido cítrico, y se utiliza para darle una sensación diferente al producto.

#### **1.1.1.6. Colorantes**

Son un tipo de aditivos alimentarios que proporcionan color a los alimentos, mejorando sus propiedades sensoriales. (Aromateca, 2019).

La norma oficial mexicana (NOM-038) define los colorantes como aditivos para alimentos.

- Colorantes orgánicos o naturales

Según Edwards (2002), la creencia de que los productos naturales son más seguros y sanos que los obtenidos por el hombre, es una idea que carece de fundamento intelectual. Estos pueden provenir de plantas y animales, como la clorofila, carotenos, riboflavina, entre otros. Podrían ser peligrosos porque pueden contener aflatoxinas.

- Colorantes minerales

Según Ramírez y Orozco (2014) entre los colorantes minerales pueden estar el azul violeta, dióxido de titanio, negro carbón, plata, oro.

- Colorantes sintéticos

Ramírez y Orozco (2014) explica que la tartrazina, azul brillante, indigotina y eritrosina son los colorantes más utilizados en la confitería, por sus propiedades, proporcionan un color persistente, uniforme, mejor intensidad, con alta pureza a un bajo costo además que se pueden obtener en grandes cantidades, y entre otras cualidades son hidrosolubles (solubles en agua) y liposolubles (solubles en la grasa).

#### 1.1.1.7. Agentes aromáticos

Los aditivos aromáticos son aquellas sustancias que otorgan olor y sabor a los productos a los que se incorporan, su clasificación puede ser, según su procedencia, olor, sabor entre otros. (Aromateca, 2019).

- Agentes aromáticos artificiales obtenidos por síntesis

Los aromas artificiales creados por síntesis son los más usados en los productos alimenticios en la actualidad porque contienen un alto poder aromatizante. Con dosis pequeñas se puede conseguir el efecto deseado (Aromateca, 2019)

Tablas IV. **Clasificación de los sabores**

Dulce	Ácido
Amargo	Salado
Picante	Astringente

Fuente: elaboración propia.

## **1.2. Optimización de operaciones y procesos**

La línea de investigación es la optimización de operaciones y procesos. Se logra tomando como bases las mejores prácticas que han dado resultados positivos en las industrias manufactureras y de servicios, en todo el mundo.

Según Niebel (2009), lo que mejora la productividad en la industria es la elaboración de métodos, realización de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) así como diseñar la forma de trabajo.

La optimización de operaciones y procesos, como práctica habitual, significa que la competitividad de una industria es el resultado de un esfuerzo conjunto de todo un sistema.

La sinergia de los sistemas de gestión y una administración de los recursos eficientes, además de equipos tecnológicamente a la vanguardia, dan como resultado la consecución de las metas propuestas.

Las organizaciones ponen en práctica acciones para obtener beneficios para la empresa. Para ello, reestructuran la organización y mejoran la productividad facilitando el trabajo en las áreas.

Krajewski, Ritzman y Malhotra (2008) indican que la productividad es una medición importante en el desempeño de las economías, industrias, empresas y procesos.

“La optimización restringida consiste en elegir una mezcla óptima, dadas las restricciones a las que se enfrenta una empresa”. (Hansen y Mowen, 2007, p. 943)

Por lo anterior, las organizaciones con ánimo de lucro o sin él, son más productivas cuando definen objetivos medibles, alcanzables y afines a la organización e involucran al capital humano que juega un papel importante en la consecución de estos.

La optimización de operaciones es un modelo que combina varios procesos y métodos de administración entre los cuales están siguientes. (Plus integral consultores, 2019).

### **1.2.1. Métodos de ingeniería**

Según la página web de Plus integral consultores (2019) la investigación de operaciones facilita la toma de decisiones porque analiza la escasez de recursos para conseguir los objetivos con una la mínima inversión posible.

Niebel (2009) indica que debido principalmente a la ingeniería de métodos la mejora continua es siempre inminente.

### **1.2.2. Procedimientos y métodos de operaciones**

Se utilizan para producir un bien o servicio, existen en toda la cadena de valor y aportan para conseguir el objetivo principal de satisfacer la necesidad de un cliente o consumidor sin que importe que sea un proceso principal o un proceso de apoyo. Entre ellos están los métodos de administración de inventarios, como PEPS, UEPS y continuo. Se debe elegir el más apto para el control, según el tipo de producto que se produzca.

En la producción del bien o servicio se puede aplicar el método de paros y tiempos para verificar los tiempos ideales y reales en cada parte del proceso.

La administración de operaciones tiene bajo su responsabilidad áreas importantes de decisiones, como el proceso de producción, la relación entre la capacidad instalada y la capacidad utilizada, la materia prima, el producto terminado, la mano de obra directa e indirecta y la calidad en todos los ejes de la cadena de valor. (Schroeder, 2011).

### **1.2.3. Dirección de operaciones**

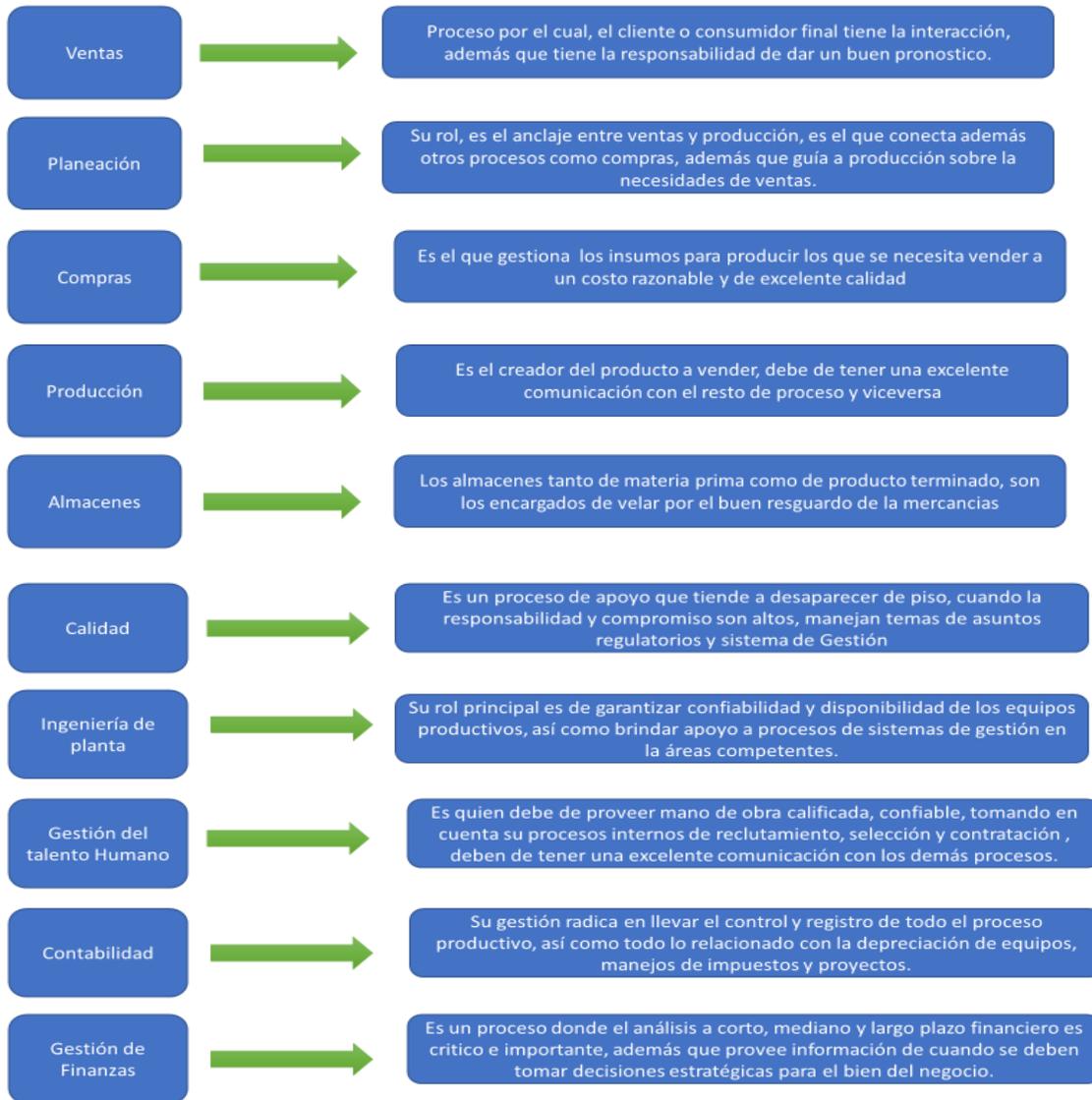
Según Carro y González (s.f.), la dirección de operaciones se encarga de la producción de los bienes o servicios que busca el consumidor. Es la función que permite a las organizaciones alcanzar sus metas, mediante la eficaz y eficiente adquisición y utilización de los recursos.

La dirección de operaciones de una compañía o corporación toma las decisiones importantes dentro de la compañía, como lo demuestran las normas de gestión, clasificadas como: alta dirección, grupo directivo, gerencia de operaciones, y dirección de operaciones.

### **1.2.4. Planificación y control de la producción**

La planificación y gestión (control) de la planta de producción es importante, compleja y crítica porque convergen procesos directos e indirectos, como ventas, planeación, compras, almacenes, producción, calidad, ingeniería de planta, gestión del recurso humano, contabilidad y gestión de finanzas.

Figura 1. Esquema de roles dentro de la organización



Fuente: elaboración propia.

### **1.2.5. Procesos de fabricación**

Son todos los procesos donde se ejecuta una acción para tener un producto terminado listo para la venta. Estos productos deben ser de calidad adecuada que el cliente requiera y que además dependiendo de su naturaleza el producto no le haga daño al cliente o consumidor.

Todo proceso de fabricación debe tomar en cuenta el proceso paralelo denominado control de la calidad o aseguramiento de la calidad. Si la madurez del proceso no es adecuada debe llevarlo a cabo personal ajeno a la producción. Esto se debe a que, tanto la compañía como el consumidor corren peligro, si se anteponen intereses a la calidad del bien o producto.

Además de los procesos de calidad, existe otro proceso denominado mantenimiento o ingeniería de planta, entre otros nombres, que coadyuva a la producción o fabricación de los bienes. Vela por la disponibilidad y confiabilidad de los equipos, su función es fundamental para el proceso de fabricación.

En los procesos de fabricación, logística, calidad y mantenimiento son primordiales los valores de trabajo en equipo, liderazgo, la sinergia, la disciplina y el apoyo mutuo para que la cantidad y calidad de los productos planificados sean las requeridas.

### **1.3. Pensamiento sistémico**

Amaru (2009) se refiere a que, reconocer la complejidad y lidiar con ella es la base del pensamiento sistémico. Es una de las herramientas intelectuales más importantes del administrador.

La vida, en su óptima expresión, es un proceso dinámico y cambiante, en el que nada está congelado. (Roger, 1992).

Un proceso según Krajewski et al. (2008) puede involucrar el consumo de recursos de una organización para obtener un producto, ningún servicio puede prestarse y ningún producto puede producirse sin un proceso.

Según Amaru (2009) esta forma de pensar debe tomarse en cuenta porque el pensamiento sistémico se refiere a todos los procesos en total, sin discriminación alguna e indica que la fuerza de todo ese sistema es igual a la fuerza del proceso más débil.

“El pensamiento sistémico es un marco conceptual, un cúmulo de conocimientos y herramientas que se han creado (...) para que los bases totales resulten más claros” (Senge, 2005, p.16)

“El pensamiento sistémico es la quinta disciplina, es la disciplina que contiene a las demás disciplinas relacionándolas en un cuerpo coherente de teórica y práctica (...) el pensamiento sistémico hace creer que el todo puede superar la suma de las partes” (Senge, 2005, p.21).

Además, Senge (2005) añade, que el pensamiento sistémico permite comprender el proceso más sutil de la organización inteligente, la percepción diferente que se tiene de sí mismo y del mundo. En el centro de una organización inteligente hay un cambio de perspectiva.

“El pensamiento sistémico, con su perspectiva de interpretaciones y soluciones para problemas complejos, complementa e integra los conocimientos especializados de la administración”. (Amaru, 2009, p.158).

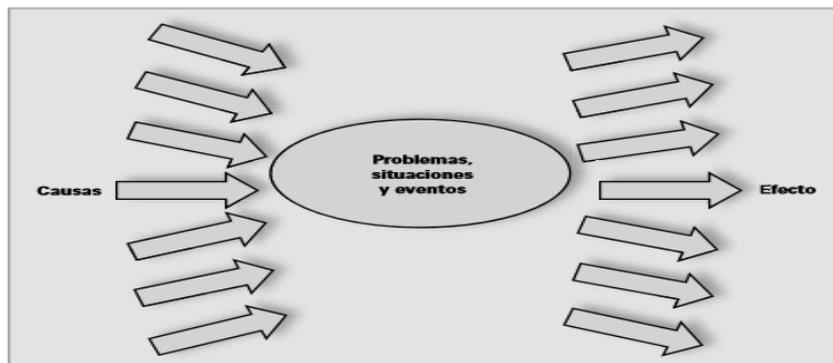
La visión sistémica nos ayuda a ver el todo, apreciar sus interacciones, la energía presente y descubrir sus características distintivas, aquellas que son propias del conjunto y que no existen en las partes. (Carrasco, 2009).

A la vez, ubica el sistema en su entorno, acepta la complejidad que nos excede, la irreversibilidad del tiempo, la autoorganización, la inteligencia de los sistemas y nuestra responsabilidad con el bien común. (Carrasco, 2009).

#### 1.4. Situaciones complejas

“La mayoría de los problemas y situaciones es resultado de muchas causas. Cuanto más numerosas sean éstas, mayor será la complejidad. Hay problemas menos complejos, pero no los hay de todo simple”. (Amaru, 2009, p.157)

Figura 2. Diagrama de causa y efecto



Fuente: Amaru, (2009). *Fundamentos de administración*.

#### **1.4.1. Organizaciones que enfrentan problemas complejos**

Todas las organizaciones enfrentan problemas complejos que se deben mitigar para evitar accidentes, retrasos, problemas económicos y hasta la muerte o quiebra. Entre las organizaciones están los aeropuertos, sistemas de trenes, industrias farmacéuticas, hospitales y eventos deportivos, donde los retrasos significan ganar o perder una carrera. (Amaru, 2009).

Según Senge (2005) las restricciones de los sistemas se pueden minimizar o desaparecer teniendo como base el pensamiento sistémico. Cuando se trabaja sobre los síntomas, no sobre las causas aparentes se generan más beneficios a corto plazo y los prejuicios serán a largo plazo. Esto crea más necesidades y nuevas intervenciones sobre los síntomas.

#### **1.4.2. Soluciones complejas para problemas complejos**

El Pensamiento sistémico se centra en la dinámica de sistemas y es altamente conceptual, dando más entendimiento a los asuntos empresariales observando más a los sistemas en términos de tipos particulares. (Senge, 2008).

Según Amaru (2009):

La herramienta que trabaja con la complejidad de los procesos es el enfoque sistémico, permite observar la interacción de componentes que forman totalidades o conjuntos complejos entender y comprender la multiplicidad e interdependencia de las causas y variables de los problemas complejos visualizar y crear soluciones para problemas complejos.

El pensamiento sistémico, con su perspectiva de interpretaciones y soluciones para problemas complejos, complementa e integra los conocimientos especializados de la administración.

Cuando un gerente atiende aspectos relacionados con la eficiencia y la eficacia, sin tomar en cuenta las consecuencias de la contaminación, el comportamiento humano y muchas otras, simultáneamente y que no presta atención al desempeño de la organización, estará creando muchos más problemas que los que lograr resolver.

El punto de partida del enfoque sistémico es la idea del sistema, un conjunto de partes que interactúan y funcionan como un todo unificado es un sistema. (p.158)

## **1.5. Administración de los procesos**

Según Evans y Lindsay (2008) los procesos para la creación de valor son los más importantes para manejar el negocio y mantener y lograr la mejora continua.

Según la Norma ISO 9001 (2015) “La comprensión y gestión de los procesos interrelacionados como un sistema contribuye a la eficacia y eficiencia de la organización en el logro de sus resultados previstos, además el enfoque a procesos implica la definición y gestión sistemática de los procesos y sus interacciones” (p. VIII).

El ideal de cualquier sistema es otro sistema de administración y gestión; teniendo como objetivo primordial garantizar la consecución de los objetivos del sistema de control, se inspira en la retroalimentación, produciendo la información

necesaria para que el sistema sea capaz de regular su propio funcionamiento. (Amaru, 2009).

La calidad en los procesos es un papel importante en todos los tipos y tamaños de organizaciones y que afectan en muchos aspectos la vida de las personas. (Amaru, 2009).

Figura 3. **Definiciones de la idea de calidad**

<b>Excelencia</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lo mejor que se puede hacer. El patrón más elevado de desempeño en cualquier campo de actuación.</li> </ul>
<b>Valor</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad como lujo. Mayor número de atributos. Utilización de materiales o servicios poco comunes, que son más costosos.</li> <li>• El valor es relativo y depende de la percepción del cliente, de su poder adquisitivo y de su disposición para gastar.</li> </ul>
<b>Especificaciones</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad planeada. Proyecto del producto o servicio. Definición de cómo debe ser el producto o servicio.</li> </ul>
<b>Conformidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grado de identidad entre el producto o servicio y sus especificaciones.</li> </ul>
<b>Regularidad</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uniformidad. Productos o servicios idénticos.</li> </ul>
<b>Adecuación al uso</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calidad de proyecto y ausencia de deficiencias.</li> </ul>

Fuente: Amaru, (2009). *Fundamentos de administración*.

### 1.5.1. **Excelencia y calidad**

Garvín (citado en Camisón, Cruz y Gonzales, 2006) habla de un enfoque trascendente para definir la calidad como excelencia, además Steenkamp (citado en Camisón, Cruz y Gonzales, 2006) se refiere a una perspectiva metafísica que concibe la calidad como la innata excelencia.

La calidad de los productos y servicios de una organización está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas pertinentes. (ISO, 9000, 2015).

Para satisfacer de manera óptima las necesidades, requerimientos y expectativas del cliente, las organizaciones eficientes crean y utilizan sistemas de calidad. (Summers, 2006).

Con frecuencia, la calidad toma aún una posición secundaria ante las presiones económicas, que tienen su causa raíz en la competencia, el libre mercado, la calidad de la mano de obra, los temas gubernamentales. (Evans y Lindsay, 2008).

En resumen, la excelencia o calidad en los procesos se ve reflejada de muchas formas, pero la principal, que muchas empresas desean o anhelan es la económica. Para que esto suceda debe ser un proceso sistémico, que pueda verse todo como un todo, sin dar prioridad solo a un proceso. Si esto sucede, se obtendrán resultados a corto plazo, pero se provocará el caos a mediano y largo plazo.

Sin importar el proceso que se trabaje, si no se invierte en recursos en algunos procesos porque se piense que son de soporte generará consecuencias nefastas posteriormente.

### **1.5.2. Valor**

“La noción de calidad se empezó a relacionar con el valor a mediados del siglo XVIII, cuando las industrias comenzaron a producir masivamente bienes a un bajo costo”. (Amaru, 2009, p.400).

La perspectiva con que se define la calidad se basa en el valor, la relación de la utilidad o satisfacción del cliente, La idea de producto a bajo costo para las masas contrasta con la idea de producto de lujo o de alto desempeño (Evans y Lindsay, 2008).

La calidad para muchos es sinónimo de lujo, con la competencia creciente se debe producir con calidad o simplemente no se avanza (Evans y Lindsay, 2008).

### **1.5.3. Calidad de producto**

Es el cumplimiento de lo ofrecido al cliente, sea esto, un bien o un servicio, esto es fácil de comprender cuando se dan a conocer las características del producto. Por ejemplo, durabilidad, resistencia, sabor, color, olor, peso, tamaño, entre otras cosas

## **1.6. Teoría del caos**

Como parte de la visión sistémica, puede ser aplicada a muchos ámbitos diferentes, como la prevención del riesgo, la psicología, la empresa, la familia, la sociedad, o a cualquier sistema social humano (Carrasco, 2009).

Sin embargo, la complejidad es inherente a los sistemas, el pensamiento debería ser, en el próximo minuto todo puede cambiar. (Carrasco, 2009).

### **1.7. Teoría de restricciones**

“La Teoría de las Restricciones es una filosofía administrativa integral que utiliza los métodos usados por las ciencias exactas para comprender y gestionar los sistemas con base humana” (Estrategia Focalizada, 2019 p.4).

La meta de la teoría de las restricciones es ganar dinero el día de hoy y en el futuro por medio de la administración de la restricción. (Hansen y Mowen, 2007)

“Además reconoce que el desempeño de cualquier organización está limitado por sus restricciones. En términos operativos cada sistema tiene por lo menos una restricción que limita su producción final” (Hansen y Mowen, 2007 p.947)

La teoría de restricciones describe los métodos que maximizan el ingreso operativo cuando se enfrentan cuellos de botella y algunas operaciones de cuello de botella para lograr la eficiencia de los procesos donde estas son las limitantes. Horngren (Datar y Foster, 2007).

Es un método sistemático de administración cuyo énfasis lo aplica en la identificación y control de las restricciones que impiden el crecimiento de la empresa hacia su meta de maximizar los procesos y elevar y mantener su productividad (Krajewski, Ritzman y Malhotra, 2008).

La teoría de las restricciones se propone proteger las ventas o las producciones del día, además, se esfuerza por incrementar y fortalecer las futuras ventas y producciones del futuro mediante el aumento de la calidad. (Hansen y Mowen, 2007).

“Todas las limitaciones se denominan restricciones. Las restricciones externas son factores limitantes impuestos sobre la empresa por fuentes externas, como la demanda del mercado (...) las restricciones internas son factores limitantes que se encuentran dentro de la empresa, tales como la disponibilidad de máquinas o del tiempo de mano de obra” (Hansen y Mowen, 2007 p.947).

“Las empresas tienen restricciones múltiples: Limitaciones de materiales, entradas de mano de obra, horas máquina y así de forma sucesiva” (Hansen y Mowen, 2007 p.944).

Según Hansen y Mowen (2007) la teoría de las restricciones desarrolla un enfoque específico para administrar las restricciones a efecto de dar apoyo al objetivo de una mejora continua. (...) cada sistema se compara con una cadena. Cada cadena tiene un vínculo más débil que puede limitar el desempeño de la cadena como un todo. Además, Hansen y Mowen comentan sobre el vínculo más débil siendo la restricción del sistema y es la clave para el mejoramiento del desempeño organizacional en general. ¿Por qué? El ignorar el vínculo más débil y cualquier otro vínculo cuesta dinero y no mejorará el desempeño del sistema (p.947).

Las causas pueden ser variadas, no siempre es la máquina o como se cree con frecuencia, que se arregla comprando algo que haga falta.

### **1.7.1.Administración de las restricciones**

“La TOC comprende un conjunto de conocimientos, principios, herramientas y aplicaciones que simplifican la gestión de los sistemas, utilizando la lógica pura o sentido común e Identificar las restricciones del sistema y administrarlas adecuadamente produce resultados a ritmo rápido y fomenta la armonía a través de todo el sistema” (Estrategia focalizada, 2019, p.5)

“Concentrándose en tres medidas operativas del desempeño de los sistemas: el throughput, el inventario y los gastos de operación” (Hansen y Mowen, 2007, p.947).

El throughput es la tasa a la cual una organización genera dinero por medio de las ventas. Operativamente, el throughput es la tasa a la cual el dinero de contribución llega a la organización. (Hansen y Mowen, 2007).

“El inventario es todo el dinero que desembolsa la organización al convertir los materiales en el throughput”. (Hansen y Mowen, 2007 p.948).

“Los gastos de operación se definen como todo el dinero que gasta la organización para convertir los inventarios en throughput y, por lo tanto, representan todo el dinero que desembolsa una organización” (Hansen y Mowen, 2007 p.948).

Los cuellos de botella se refieren a la restricción que limita el flujo de líquido o en el caso de un sistema de producción que limita la producción, un cuello de botella tiene la menor capacidad efectiva (real) de entre todas las operaciones del sistema.

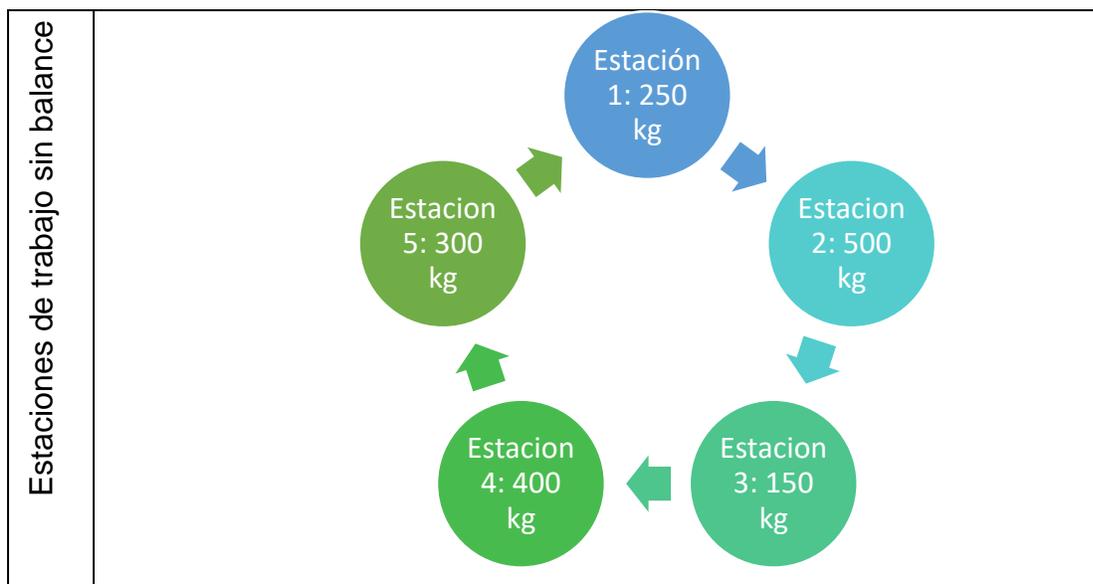
El tiempo de cuello de botella es el tiempo de procesamiento de la estación de trabajo más lenta, dentro de un sistema de producción, es la restricción limitante (Heinzer y Render, 2015).

Las restricciones llevan a las empresas u organizaciones a pérdidas importantes de dinero o activos, al no tener conciencia, que no es de tener el equipo más tecnológico, más veloz.

Con la visión sistémica, que permite ver todo el panorama completo, no es necesario correr mucho en algunas fases, para estar completamente parado en la siguiente.

Se toma como ejemplo una línea de producción de generación de caramelo, que consta de cinco fases o estaciones. Luego se revisan las velocidades de consumo o cantidad de producto que puede procesar

Figura 4. **Estaciones de trabajo sin balance**



Fuente: elaboración propia.

Con la información anterior se identifica la estación más lenta de trabajo, a menos de que se necesiten más datos, más información, información más clara y exacta.

La información anterior no permite determinar con claridad cuál es la estación más lenta, porque no se tiene la información necesaria para realizar el análisis correcto.

Por lo anterior pueden cometerse errores en la compra de maquinaria o en la contratación de empleados o el pago horas extras innecesarias. Además, se debe considerar el factor tiempo como una dimensional más para verificar cuántas unidades por minuto, hora, turno, día, entre otras dimensionales.

Figura 5. **Producción por estaciones desbalanceadas**



Fuente: elaboración propia.

Tomando en cuenta el cuadro anterior, se observa con claridad cuál es el punto que marcará la velocidad de la línea para realizar varios análisis dependiendo de los escenarios que se quieran verificar.

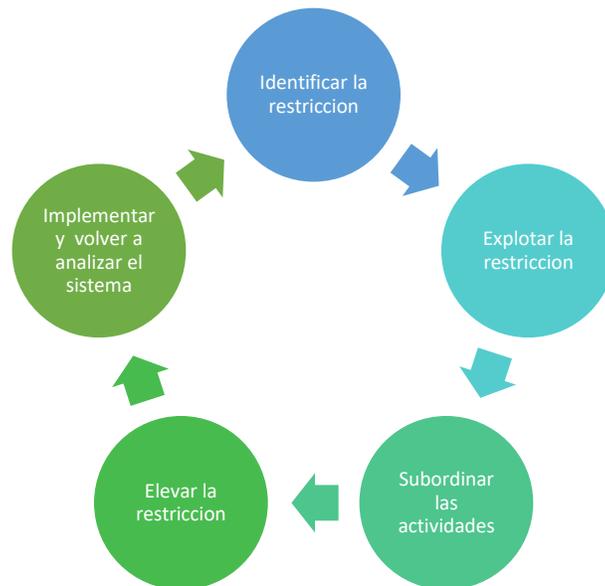
- Escenario 1: el proceso (a) marcará el paso de la producción a una velocidad de 250 kg/minuto velocidad máxima que se puede trabajar. Esto significa que

el siguiente proceso tendrá tiempo muerto, ya tiene 50kg más de capacidad por cada minuto que pasa, comparado con el proceso (a).

En este caso, se puede decidir trabajar a la misma velocidad para no parar constantemente y encender el proceso. Se debe considerar el costo de cada arranque y parada.

- Escenario 2: siguiendo el caso anterior, se decidió trabajar a la velocidad de 250 kg/minuto. Es notorio que el siguiente proceso cuenta con 275 kg/minuto para trabajar. Ahora, se tiene otro cuello de botella generado por el proceso (b) aunque este tenga capacidad de sacar 300 kg/minuto, de igual forma que el proceso anterior se tiene un proceso con pérdida de capacidad.

Figura 6. **Ciclo teoría de las restricciones**



Fuente: Hansen y Mowen, (2007). *Administración de costos*.

El sistema de la teoría de las restricciones tiene como meta hacer ganar dinero a las empresas que lo implementan, en algunos casos va amarrado a programas como justo a tiempo, lean six sigma, entre otros (Estrategia Focalizada, 2019).

La teoría de las restricciones desarrolla un enfoque específico para gestionar las restricciones y así dar apoyo al objetivo de mejorar continuamente los procesos.

Cada empresa, es decir, cada sistema se compara con una cadena, cada cadena tiene un vínculo más débil que puede limitar el desempeño de la cadena como un todo. El vínculo más débil es la restricción del sistema y es la clave para el mejoramiento del desempeño organizacional en general.

Ignorar el vínculo más débil y cualquier otro vinculo cuesta dinero y no mejorará el desempeño del sistema. Al reforzar el vínculo más débil, el desempeño del sistema puede mejorar, sin embargo, en algún punto, el reforzamiento de vínculo más débil cambia el foco de atención a un vínculo diferente que ahora se ha vuelto el más débil.

Este siguiente vinculo más débil es ahora la restricción clave del sistema y debe reforzarse de tal modo que se pueda mejorar el desempeño global del sistema, por lo tanto, la teoría de las restricciones se puede concebir como un enfoque de sistemas para la mejora continua.

### **1.7.2. Medidas operativas**

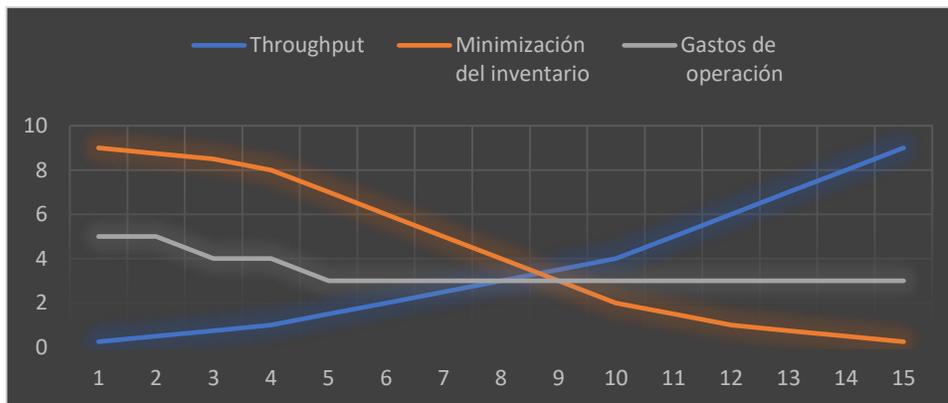
Son las que se gestionan, aplican y tienen su empoderamiento en la mano de obra de la corporación. Se pueden aplicar al buen manejo del inventario tanto

de materiales o materia prima, así como el producto semiterminado, todas las operaciones de producción que se llevan a cabo con el objetivo de minimizar el impacto en cada restricción.

Influyen en los inventarios de materia prima, de producto en proceso y producto terminado pero almacenado. Además, influyen en el costo de los procesos.

La siguiente gráfica, demuestra cómo debería ser la operación con base en el manejo de la teoría de restricciones.

Figura 7. **Objetivos de la administración según la TOC**



Fuente: elaboración propia.

Los costos variables reconocidos por unidad suelen ser los materiales y la energía. La mano de obra directa se visualiza como un gasto fijo por unidad y, en general, no se incluye en la definición con este entendimiento, el *throughput* corresponde al margen de contribución. También es importante hacer notar que es una medida global y no una medida local.

Por último, el *throughput* en este caso, es una tasa, es la contribución que se gana por unidad de tiempo (por día, por mes, entre otros); el inventario es todo el dinero que desembolsa la organización al convertir los materiales en el *throughput*.

En términos operativos, el inventario es el capital monetario que se ve reflejado en todo lo necesario para producir un bien o servicio y que posteriormente se debe vender y, por lo tanto, se amplía la definición tradicional para abarcar los activos tales como instalaciones, equipos (que se venden al final de su vida útil), enseres y computadoras

El *throughput* es el dinero que llega a la organización, el inventario mide el dinero comprometido dentro del sistema y los gastos de la operación representan el dinero que sale de la organización, por medio de pago de salario, electricidad y todo aquello que se necesite para la producción, todo esto se puede y se debe manejar con mucha eficiencia y eficacia dentro del sistema productivo

La teoría de restricciones, y otros sistemas de mejora continua, tienen como visión una administración del inventario más prominente que el punto de vista tradicional, la teoría de las restricciones reconoce que la disminución del inventario reduce los costos de mantener el inventario. Cuanto menos inventario menos se necesita para cuidarlo y moverlo.

En esencia, la existencia de inventarios bajos permite que los defectos se detecten más rápido y que la causa del problema se evalúe. El mejoramiento de los productos también es un elemento competitivo clave.

Los productos nuevos o mejorados deben llegar al mercado con rapidez, antes de que la competencia pueda proporcionar características similares. Esta meta se ve facilitada por inventarios bajos.

La existencia de inventarios bajos permite que los nuevos cambios a los productos se introduzcan con más rapidez porque la empresa tiene un menor número de productos viejos, en el almacén o en proceso, que necesitarían ser tratados como obsoletos o vendidos antes de que se introduzca el nuevo producto.

Mejoramiento en el desempeño de las entregas, la capacidad para entregar bienes a tiempo y producir bienes con tiempos de entrega más cortos que lo que dicta el mercado son importantes herramientas competitivas.

La entrega de los productos y servicios a tiempo está estrechamente enlazada con la capacidad de pronosticar el tiempo, que se requiere para producir y entregar bienes. Esto no significa que se deben tener inventarios más altos que sus competidores.

Entonces el tiempo de entrega de producción de la empresa es más alto que el horizonte de pronósticos de la industria. La existencia de altos inventarios puede oscurecer el tiempo real que se requiere para producir y surtir un pedido.

La existencia de niveles altos con relación a los competidores se convierte en una desventaja competitiva. Por este motivo, la TOC requiere la disminución de los inventarios por medio de la reducción de los tiempos de entrega.

### 1.7.3. Bases de la teoría de restricciones

Según Estrategia focalizada (2019) los pilares en los que está fundamentada la Teoría de restricciones (TOC) y que guían el comportamiento y la forma de enfrentar la realidad empresarial es con simplicidad Inherente, cada conflicto puede ser removido, la gente es buena, nunca se dice, ya lo sé.

Según Hansen y Mowen (2007) La teoría de las restricciones utiliza cinco pasos para lograr su meta de mejoramiento del desempeño organización, primero, identificar las restricciones de una organización, segundo, explotar las restricciones forzosas, tercero, subordinar todo lo demás a las decisiones tomadas en el paso 2, cuarto, exaltar las restricciones forzosas de la organización, quinto, Repetir el proceso cuando surja una nueva restricción para limitar el proceso. (p. 949)

- Paso 1: identificar las restricciones de una organización

Las restricciones internas y externas se deben identificar, la mezcla óptima del producto se identifica como aquella que maximiza el *throughput* con sujeción a las restricciones de la organización.

La mezcla óptima revela la cantidad que se busca de cada recurso restringido e investiga cuáles de las restricciones de la organización son forzosas. (Hansen y Mowen, 2007).

“Identificar una restricción significa que ya tenemos alguna apreciación de la magnitud de su impacto sobre el desempeño general. De otra manera, también tendríamos algunas trivialidades en la lista de restricciones”. (Estrategia focalizada, 2019 p.13).

- Paso 2: explotar las restricciones forzosas

“Este paso, es la parte central de la filosofía de la teoría de las restricciones con respecto a la administración de las restricciones a corto plazo y está relacionado de manera directa con la meta de la teoría de las restricciones, de reducir los inventarios y mejorar el desempeño” (Hansen y Mowen, 2007 p.949).

“Una vez identificada una restricción o un cuello de botella y sin necesidad de invertir dinero en modificar su capacidad, salvo que la sustitución del recurso restricción sea muy económica, podemos explotarlo haciendo mejoras como por ejemplo asegurar su uso el 100% del tiempo disponible” (Estrategia focalizada, 2019 p.13).

“Si las no restricciones no suministran lo que las restricciones necesitan consumir, la decisión anterior se quedará en el papel, letra muerta que jamás será llevada a la práctica”. (Estrategia focalizada, 2019 p.14).

- Paso 3: subordinar todo lo demás a las decisiones tomadas en el paso 2

La restricción del toque de tambor fija en esencia la capacidad de la totalidad de la planta, todos los departamentos restantes deben subordinarse a las necesidades de la restricción del toque de tambor. (Hansen y Mowen, 2007).

“Desde esta perspectiva, de poco sirve al rendimiento global del sistema que el resto de los recursos obvien la restricción y se pongan a alcanzar un alto rendimiento local. Probablemente aumente el inventario y los gastos de

operación, pero no es probable que aumenten los beneficios” (Estrategia focalizada, 2019, p.14).

- Paso 4: exaltar o elevar las restricciones forzosas de la organización

“Una vez que se han aplicado acciones para hacer el mejor uso posible de las restricciones existentes, el siguiente paso consiste en adoptar un programa de mejora continua mediante la reducción de las limitaciones que tienen las restricciones forzosas sobre el desempeño de la organización” (Hansen y Mowen, 2007 p.951).

“Elevar significa, Levantar la limitación, siendo este el cuarto paso, no el segundo. Tantas veces hemos sido testigos de situaciones en las que todo mundo se quejaba de una enorme restricción, pero, al realizar el segundo paso, de la explotación, de no desperdiciar lo que, si se tenía, resulto que había de sobra, una vez sincronizado el funcionamiento del sistema conviene empezar a superar las condiciones impuestas por la restricción” (Estrategia focalizada, 2019 p.14).

- Paso 5: repetir el proceso

La restricción del recurso de trabajos de perforación se elevará al punto en que la restricción ya no será forzosa. (Hansen y Mowen, 2007).

“Si, en un paso previo, se ha roto la restricción, volver al paso 1 y no dejar que la inercia se convierta en la Restricción del Sistema”. (Estrategia focalizada, 2019 p.14).

Los cinco pasos anteriores, si se aplican con disciplina pueden ser una herramienta poderosa, que, junto con otras de mejora continua, lograrán elevar el desempeño de la empresa.

## **1.8. Proceso de elaboración de paletas de caramelo sólido**

Es el proceso de dulcería o confitería por medio del cual se elaboran paletas de caramelo sólido: sin relleno, con figura alguna (tarros, mango, corazón, dos corazones) o solo forma circular, cuadrada entre otras.

Los procesos para realizar los caramelos duros con relleno o sin él es el mismo. Mediante este proceso se producen bombones con relleno de chicle o cualquier otro relleno, como paletas de caramelo duro sin relleno.

La producción de una paleta involucra un macroproceso que incluye varios procesos que se detallan a continuación.

### **1.8.1. Jarabe de azúcar**

Para producir caramelos, el azúcar en cristal sufre un cambio físico, para ello, se diluye en agua, a determinada temperatura, agitación y tiempo. De esta manera se le lleva al estado líquido para seguir el proceso el cual se realiza en una marmita o tanque acondicionado con un enchaquetado para el paso de vapor. De esta manera, el agua se calienta a 72 °C, para llevar la solución a la densidad de 70 grados brix.

Cuando el operador tiene la densidad deseada, traslada el jarabe preparado hacia un tanque de almacenamiento para su utilización posterior.

### **1.8.2. Jarabe de glucosa de maíz**

Esta materia prima se importa de México o de Estados Unidos de América. A la compañía llega en pipas de donde después se descarga y se almacena para su uso posterior.

### **1.8.3. Unidades dosificadas**

Es la mezcla de colorantes y esencias en un recipiente más acidulante, que se le agrega al caramelo virgen.

El estado de los colorantes debe ser líquido, por lo cual se necesita agua a 70°C para obtener una mezcla homogénea y que no se generen grumos.

En la línea de producción de alimentos, para dar el sabor ácido característico de determinadas notas frutales, es necesario saber qué tipo de ácido se debe utilizar. Por su costo, muchas empresas utilizan el ácido cítrico, pero, si se necesita un toque de tamarindo el ácido ideal es el tartárico.

### **1.8.4. Proceso cocimiento**

En este proceso, se debe preparar una mezcla homogénea de jarabe de azúcar y jarabe de glucosa de maíz, esta se debe cocinar a una temperatura de 131 °C a 133 °C. y a un vacío de 0,9 bar para obtener una masa de caramelo suficientemente maleable para troquelarla sin deformidad.

Figura 8. **Cocinadora de caramelo**



Fuente: planta de producción dulcería.

En este proceso, se debe realizar análisis de laboratorio para verificar su porcentaje de humedad y análisis reductores, la cantidad de jarabe de glucosa y jarabe de azúcar.

El mezclado del caramelo cocinado es el proceso donde se le agregara el sabor, color y acidulante, haciéndolo agradable a la vista y posteriormente al paladar al degustarlo.

**Figura 9. Operario mezclando caramelo**



Fuente: planta de producción dulcería.

### **1.8.5. Temperado**

Es el proceso de enfriamiento gradual del caramelo, es sumamente delicado y crítico porque de este proceso depende la buena calidad del producto. Puede influir en el troquelado y en el temperado puede afectar directamente la productividad de la línea.

Este proceso se lleva a cabo en dos fases: la primera se realiza al salir la masa de caramelo de la cocina, pasa a la mesa fría, donde un operario manualmente le da vuelta al caramelo, varias veces hasta lograr bajarle la temperatura.

La segunda fase se realiza cuando el caramelo sale de la mesa fría hacia un equipo mecanizado llamado amasadora. Este proceso es semiautomático ya que el operario debe verificar que el caramelo dé las vueltas correctamente dentro de la máquina, de no ser así, el detiene el equipo y mueve el caramelo de tal forma que pueda seguir bajando la temperatura.

La diferencia de un proceso a otro es el tipo de fuerza que se hace; por ejemplo, en la mesa fría, la fuerza es ejercida por un operario que interviene directamente en el movimiento de la masa, mientras que la amasadora, una máquina por medio de palas neumáticas, le da vueltas al caramelo.

Otra diferencia que se debe mencionar es que, al realizar el proceso en la mesa fría, el caramelo está, aproximadamente, a 100 °C donde se va bajando paulatinamente, al llegar a la amasadora, el caramelo llega aproximadamente a 85 °C.

En esta fase, se puede medir la temperatura del caramelo, pero esto no garantiza que la operación sea positiva, ya que depende mucho la forma en que se tempere.

#### **1.8.6. Troquelado**

Este proceso se parte en tres, el caramelo viene de la amasadora hacia una mesa caliente la cual debe usarse, solo en caso extremos, donde el caramelo deba de estar unos minutos. Lo ideal es pasar el caramelo directo a los bastones, las mesas son por si existiese algún problema en el proceso.

El proceso debe seguir a los bastones, donde el caramelo está girando de un lado a hacia otro medio, ya que el sistema de la bastonadora es giratorio, esto ayuda a que el caramelo que tiene forma cónica adquiera un diámetro menor.

Las funciones principales de esta parte del proceso son: colocar el palillo de donde se sostiene el caramelo, darle la forma que tenga el molde al caramelo, además de darle el peso estipulado en gramos.

#### **1.8.7. Envoltura**

La envoltura en la confitería es crítica, ya que la temperatura del medio ambiente debe estar en una temperatura máximo de 30°C y una humedad no mayor al 60 % de humedad relativa.

Si no se cuida este factor, la envoltura no será colocada como se debe y mermará su calidad, ya el producto en anaquel se deteriora de forma acelerada por no estar protegido.

La tecnología en la envoltura ha evolucionado. Las máquinas son más veloces, los sistemas de tracción han evolucionado mecánica y eléctricamente. Esto permite una mejor eficiencia y eficacia en la operación.

En la elaboración de paletas, la envoltura va inmediatamente después de troquelado, son fases separadas, pero realizadas en la misma máquina, por lo que no se corre peligro de deterioro por humedad, pero si por temperatura si los túneles no son capaces de enfriar el producto.

#### **1.8.8. Envasado**

En estos productos el envasado es diferente ya que los cuidados que se deben tener son más exigentes que cualquier otro producto de confitería. Los

cuidados son diferentes, aunque el problema es el mismo, producto quebrado en las bolsas por lo que se hace complicado el envasado de este.

Las velocidades son totalmente diferentes si se comparan con las de los otros productos, ya que la reducción de la velocidad varía de un 20 % a 30 % dependiendo de los atributos de calidad que se vean afectados.

- Proceso de almacenaje

El producto al salir del área de envasado, protegido por un empaque primario, empaque secundario y terciario, una banda transportadora lo lleva hasta la bodega para entarimarlo y guardarlo en los *racks*.

El producto queda almacenado hasta que se realiza el *picking* y se baja de los *racks* para llevarlo al punto de venta o trasladado hasta otro centro de distribución.

## **2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación se llevó a cabo según los objetivos especificados, como se muestra a continuación para la línea de elaboración de paletas de caramelo duro.

### **2.1. Fase 1. Revisión documental**

Se buscó información en las fuentes apropiadas y autorizadas, así como de la planta de producción, asociadas al tema de teoría de restricciones y optimización de procesos, la cual se encuentra en el marco teórico

### **2.2. Fase 2. Diagnóstico de la línea**

El diagnóstico de la línea se llevó a cabo, validando in situ la línea con diagrama de proceso, con los operarios de la línea para validar su conocimiento acerca de la falta de cumplimiento de la línea y sobre las restricciones que tienen para cumplir con este. Además, se verificó la información en la documentación de los equipos, la información registrada por los operarios y los técnicos de mantenimiento. Se utilizaron las herramientas de mejora continua, como “lluvia de ideas” y el “diagrama de causa y efecto”.

### **2.3. Fase 3. Herramientas estadísticas para el análisis del proceso**

Para medir el proceso, se aplicó el porcentaje, que verifica cuánto produjo la línea en comparación con lo programado. Pero para los análisis del “por qué,” no se cumple actualmente y no se tiene especificado el procedimiento.

Por ello, para este estudio se utilizó el diagrama de causa y efecto, diagrama de Pareto, histograma y gráfico de control.

El diagrama de Pareto y diagrama de causa y efecto se detallan en el capítulo 3. El histograma y gráfico de control no se realizaron porque se carecía de datos suficientes.

### **2.4. Fase 4. Beneficios de utilizar teoría de restricciones**

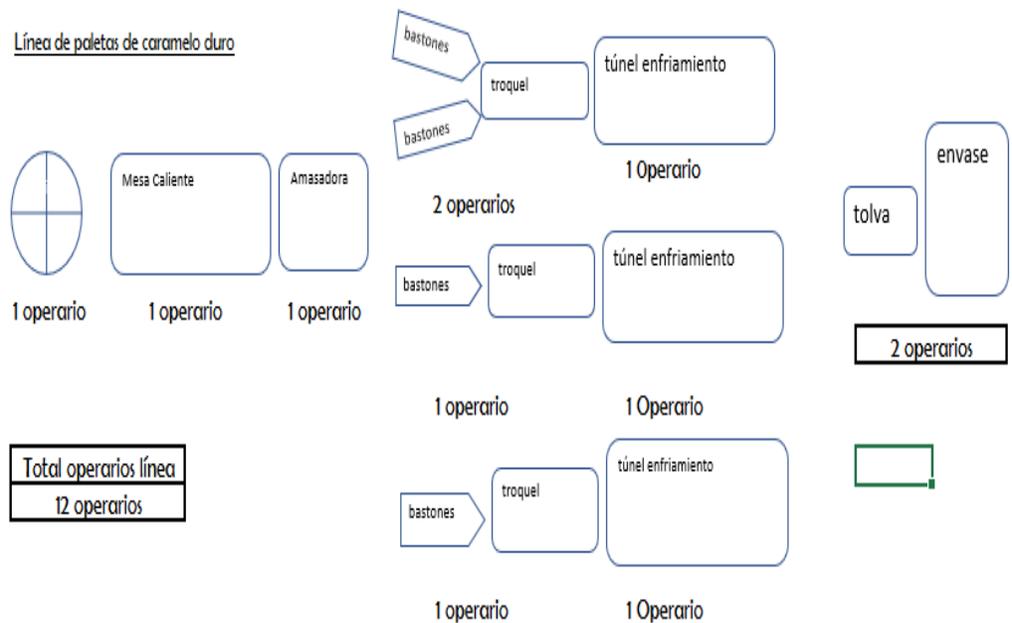
Consiste en especificar qué beneficios se le otorga a la línea al tener identificadas sus restricciones, por fases del proceso de producción, la cantidad de producción que puede verse limitada, al tener restricciones activas y no tratarlas a tiempo.

### 3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

#### 3.1. Diagnóstico de la línea

Para determinar las restricciones del sistema, es necesario conocer el funcionamiento de la línea, por todas las fases que intervienen en la producción, como lo demuestra el siguiente diagrama.

Figura 10. Esquema de producción línea paletas



Fuente: proceso de producción dulcería.

- Capacidad maquinaria según fabricante

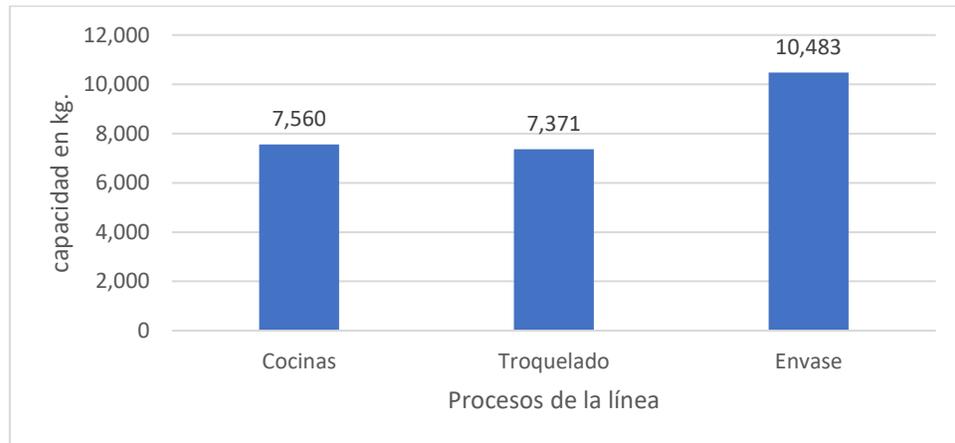
Se verificó en los documentos, la velocidad de los equipos según el fabricante, por lo cual, con el peso del producto también declarado se realizó el cálculo teórico de cuantos kilos de producto se puede procesar.

Tabla V. **Velocidad según fabricante**

Equipos	Batch peso. kg	Batch Hora	Kg hora	Kg 7 hrs
Cocina	54	20	1,080	7,560
Equipos	Peso Paleta	Velocidad Troquel min.	Kg. Troquelados Hora	Kg. Troquelados 7 Horas
Troquel 1	0.013	450	351	2,457
Troquel 2	0.013	450	351	2,457
Troquel 3	0.013	450	351	2,457
Capacidad total troqueles				7,371
Equipos	Capacidad bolsas minuto	Kg x min.	Kg x hora	Kg x 7 hrs
Envase	80	25	1,497.60	10,483

Fuente: Executive (2002) *Manual de operación*.

Figura 11. Kilos procesados según fabricante



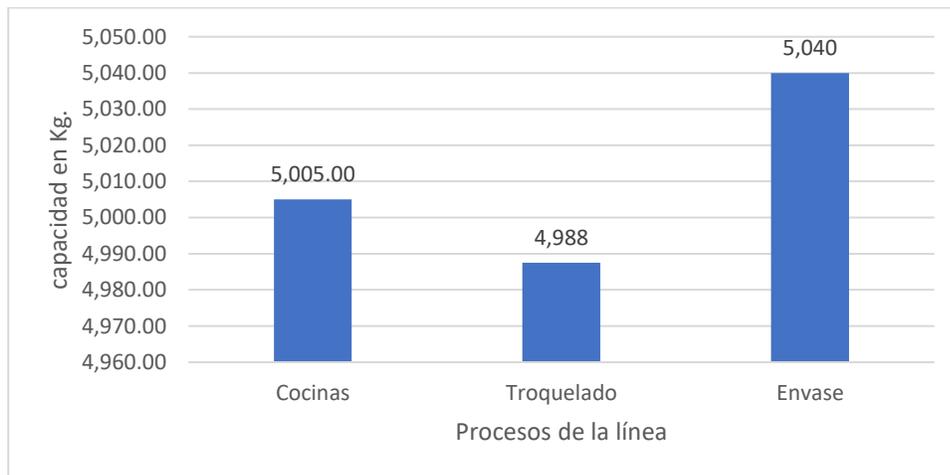
Fuente: Executive (2002) *Manual de operación*.

- Capacidad real de la maquinaria

La velocidad o capacidad real de la máquina es la que opera normalmente durante el proceso de producción.

Se monitorea la producción para verificar la velocidad de los equipos en operación y poder tener una velocidad y kilos reales procesados, para poder realizar el control cruzado entre lo teórico y lo real.

Figura 12. **Capacidad real de proceso**



Fuente: planta de producción dulcería.

- Información operativa

Se pasó una encuesta al personal operativo para conocer su percepción de las restricciones que observan en la línea.

En todo proceso, se debe de contar con la información de primera mano, como la es la que proporciona el personal operativo, por lo cual, la encuesta realizada, otorga información valiosa para poder realizar una planeación de la producción y de los procesos de mantenimiento.

### Figura 13. Encuesta operativa

Por favor, responda el siguiente cuestionario, su información es muy valiosa

1. Conoce que su línea es medida por su capacidad de producir batch de caramelos.

 SI NO

2. Conoce usted, cuántos batch se debe de cocinar para cumplir con la producción.

 SI NO

3. Conoce la velocidad que debe operar su máquina.

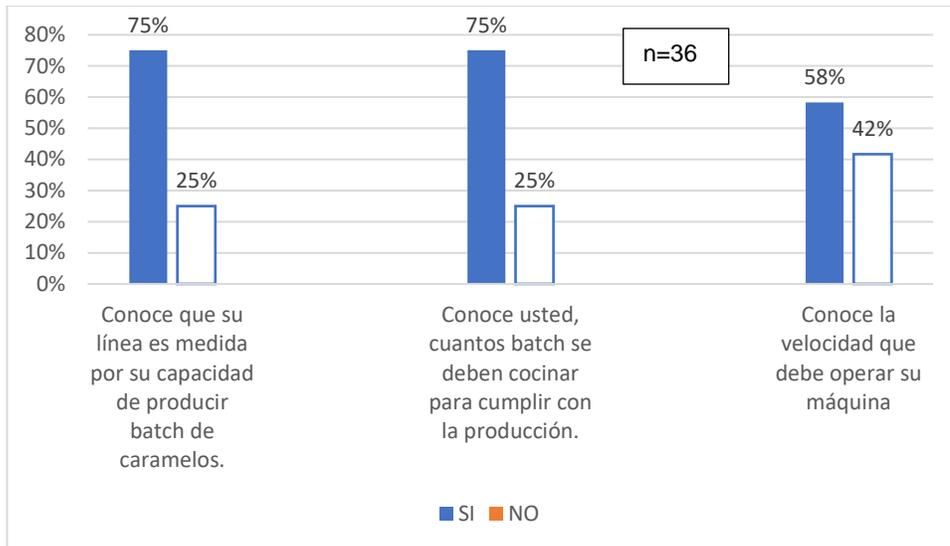
 SI NO

4. Qué proceso de la línea tiene una frecuencia alta en restricciones

5. Qué restricciones cree usted se debe eliminar, para que la línea trabaje de forma estable

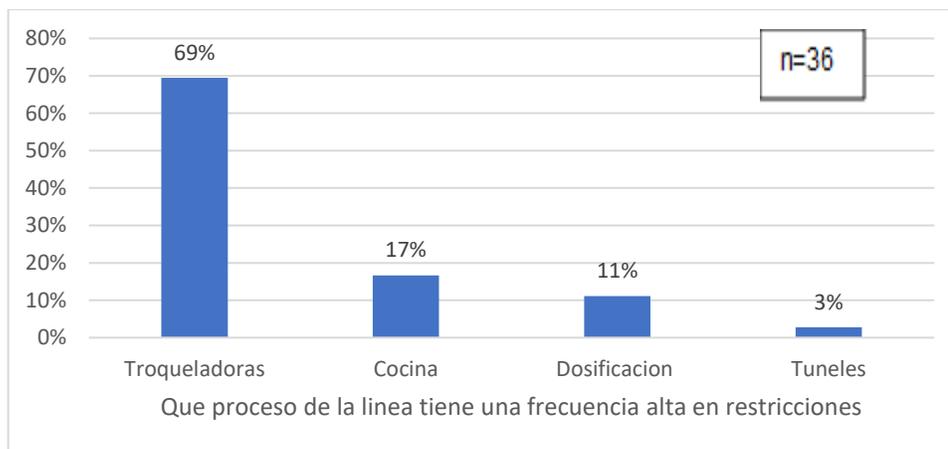
Fuente: línea de paletas dulcería.

**Figura 14. Resultados encuesta ITEM 1-3**



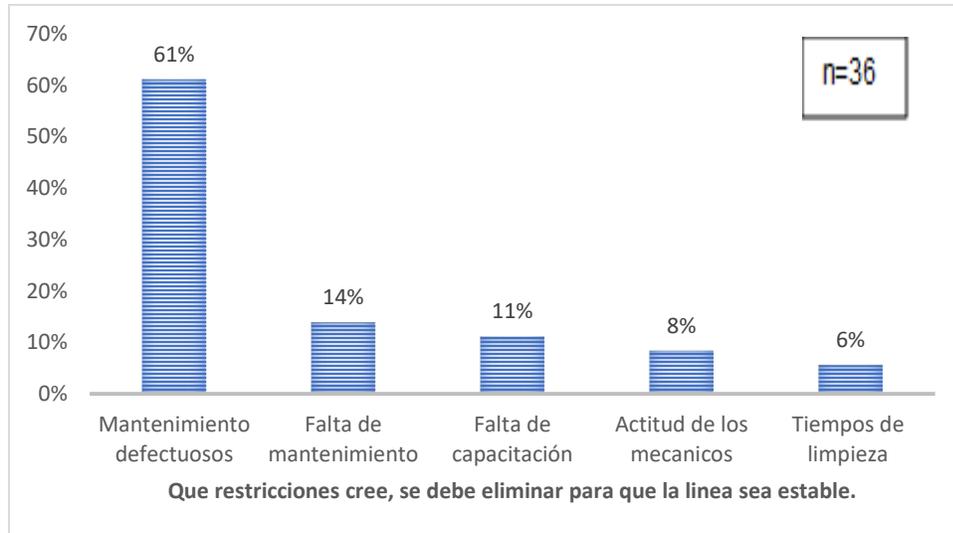
Fuente: línea de producción dulcería.

**Figura 15. Resultados encuesta ITEM 4**



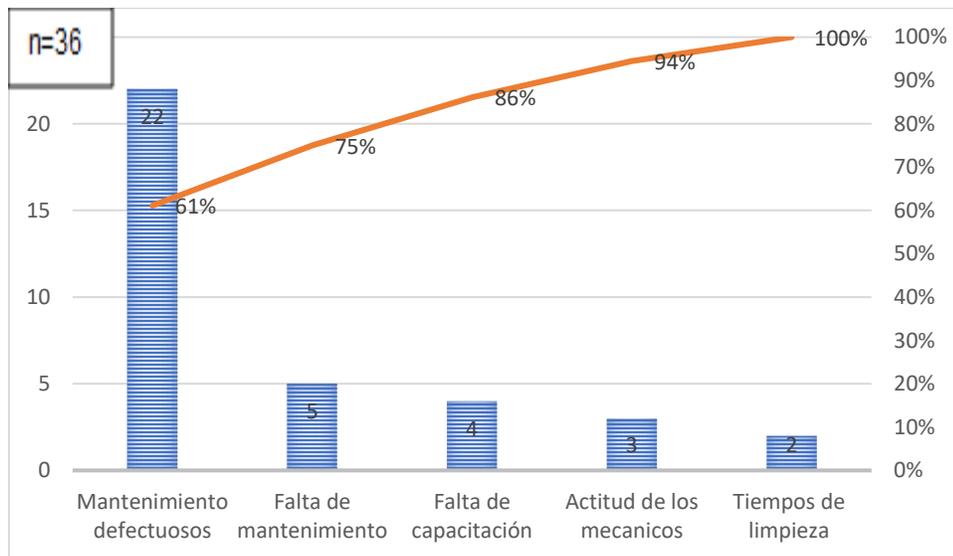
Fuente: línea de producción dulcería.

**Figura 16. Resultados encuesta ITEM 5**



Fuente: línea de producción dulcería.

**Figura 17. Pareto encuesta operativa**

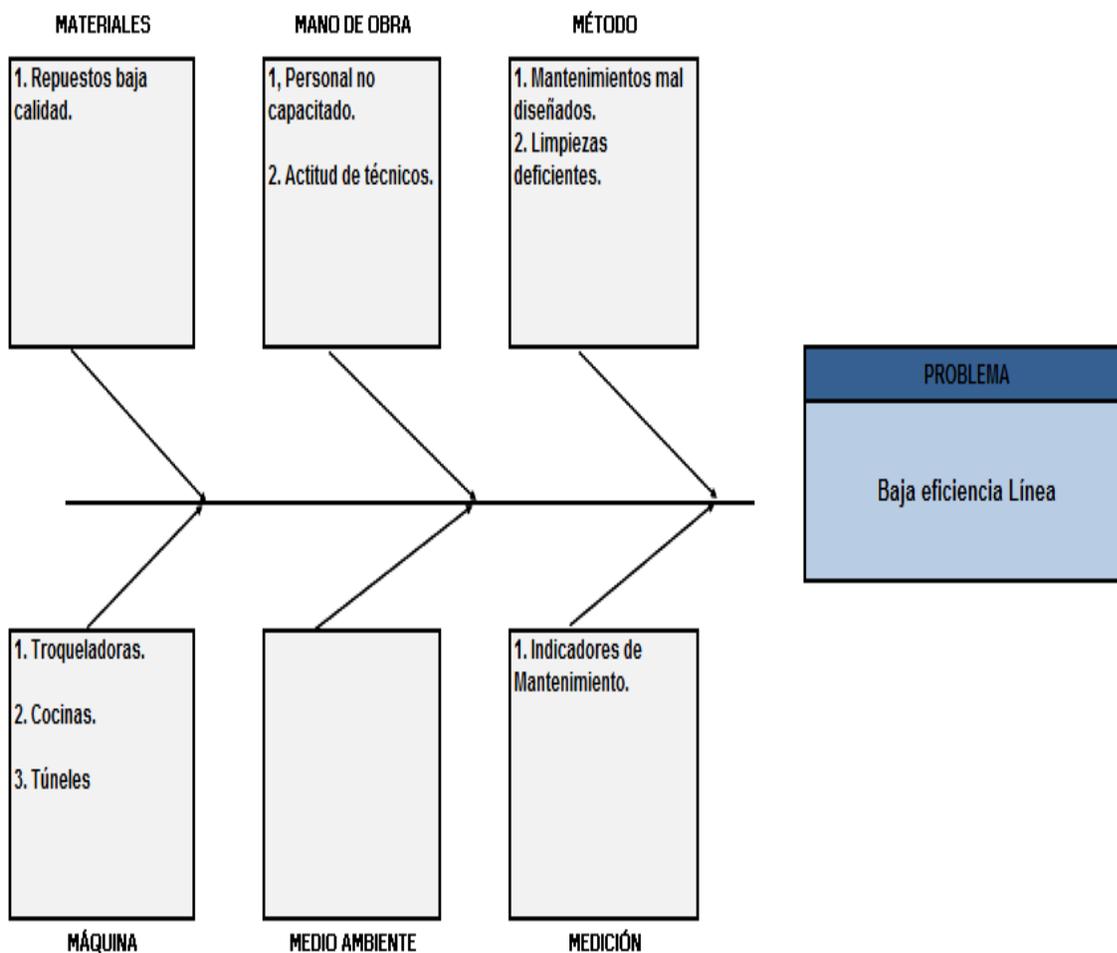


Fuente: línea de producción dulcería.

### 3.2. Herramientas estadísticas para el análisis del proceso

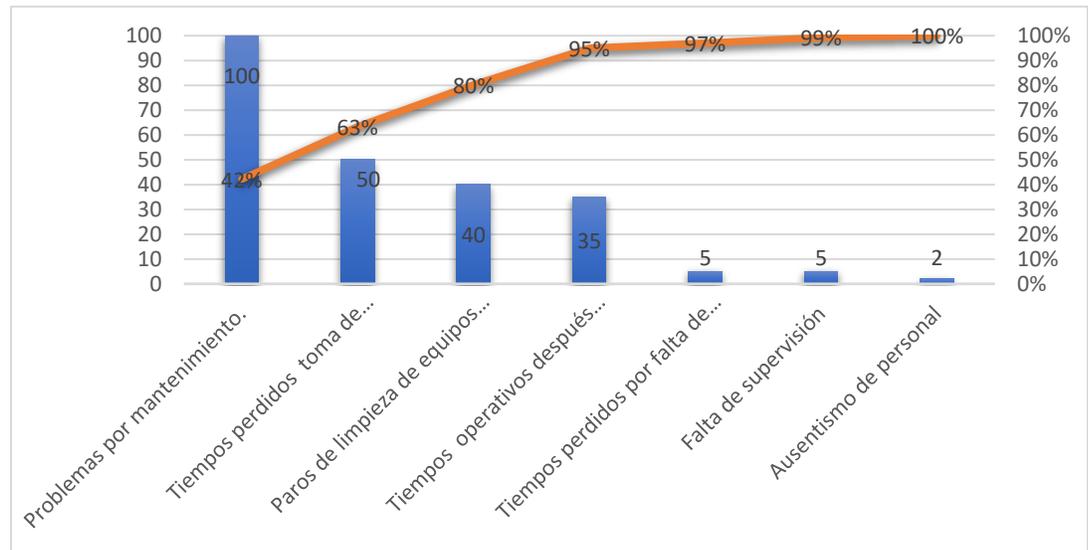
En la fase 3.1 se puede observar el uso de herramienta estadística diagrama de Pareto que sirven para medir el proceso, además aportan claridad en la búsqueda de la causa raíz de las restricciones.

Figura 18. Diagrama de causa y efecto



Fuente: línea de paletas dulcería.

Figura 19. Pareto restricciones línea paletas



Fuente: ERP dulcería.

### 3.3. Beneficios de utilizar teoría de restricciones

- Se conocen parámetros iniciales de los equipos y su degradación.
- Se pueden realizar planes concretos con base a las restricciones encontradas.
- Se conocen las restricciones.
- Se adquiere una visión sistémica.

**Figura 20. Capacitación**



Fuente: ingeniería de planta dulcería.

**Tablas VI. Indicadores de línea de producción**

MESES 2018	ITO	IPA	IDO	EGP
<b>OCTUBRE</b>	70 %	95 %	89 %	59 %
<b>NOVIEMBRE</b>	70 %	97 %	89 %	60 %
<b>DICIEMBRE</b>	70 %	97 %	97 %	66 %
2019	ITO	IPA	IDO	EGP
<b>ENERO</b>	70 %	97 %	89 %	60 %
<b>FEBRERO</b>	78 %	97 %	89 %	67 %
<b>MARZO</b>	74 %	97 %	97 %	70 %
<b>ABRIL</b>	77 %	98 %	96 %	72 %

Fuente: ingeniería de planeación dulcería.

Figura 21. Gestión visual de la merma



Fuente: línea paletas dulcería.

Figura 22. Gestión visual productividad



Fuente: línea paletas dulcería.



## 4. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1. Diagnóstico de la línea

El objetivo era identificar las restricciones de una deficiente producción en la línea de paletas de caramelo duro. Primero se redactaron listas en tablas de capacidades de maquinaria recomendadas por el proveedor y las capacidades reales en piso. Esto mostró las primeras restricciones del proceso cuyo diferencial fue del 44 % menos aproximadamente de la producción que se debe obtener.

Esto se debe, según las pruebas realizadas, a una deficiencia en el sellado de la paleta, lo cual genera producto no conforme de hasta el 10 % promedio de producto mal sellado en las tres paleteras.

Segundo, se identificó que el proceso más lento, por capacidad tanto del proveedor, como real en la línea. Se encontró que el proceso de troquelado es el que afecta al resto del proceso.

Tercero, se tomaron datos de los paros reportados por el personal de producción, bajados del ERP SAP, donde se muestra, por medio de una gráfica de Pareto, que las restricciones del proceso por frecuencias de paro se dan por fallas mecánicas o eléctricas.

La recopilación de los datos y revisión documental, como se hizo en el planteamiento en la metodología, es eficaz por haber permitido encontrar las

restricciones desde origen de la deficiente productividad de la línea de paletas de caramelo duro

#### **4.2. Herramientas estadísticas para el análisis del proceso**

El objetivo es determinar la herramienta estadística que se utilizará para medir el impacto en la eficacia y eficiencia de la línea, que determine las causas de las deficiencias en el cumplimiento de la producción. Para ello, se utilizó la herramienta estadística denominada diagrama de Pareto que, junto con la lluvia de ideas y el diagrama de causa y efecto fueron una metodología de mejora continua, siguiendo los lineamientos de Lean Six Sigma.

Para realizar el diagrama de Pareto se debe contar con otros datos matemáticos, como porcentaje y frecuencia acumulada que también ayudan a mantener el control del proceso, siempre que se determine el periodo en que se tienen que tomar los datos

Otras herramientas estadísticas son importantes y pueden complementar estos análisis realizados, pero para este estudio es suficiente, porque se trabajó para que fuera entendible para el personal operativo.

#### **4.3. Beneficios de utilizar teoría de restricciones**

Determinar los beneficios de utilizar la teoría de restricciones significa visualizar tanto para la empresa como para la cultura de los operarios,

Al crear cultura sobre los estados originales de los equipos y mostrar su estado actual, ayuda a reflexionar sobre cómo se deben utilizar máquinas,

utensilios, equipos y demás herramientas que se tienen dentro de la compañía, pero añade valor porque al enseñar sobre la visión sistémica, se culturiza sobre la importancia de los pro y contra de no ver todo el panorama y sobre los riesgos de tomar decisiones no acertadas, esto conlleva a mejorar los indicadores como el ITO, IDO e IPA.



## CONCLUSIONES

### General

Al utilizar la teoría de restricciones, como herramienta de mejora en la línea de elaboración de paletas de caramelo duro, se demostró cómo las restricciones de diseño no ocasionan cuellos de botellas, pero las restricciones por fallas en los equipos si los provocan, por lo cual, al trabajar las restricciones encontradas, permitió minimizarlas, con ello, se optimizó la línea comparado con los meses anteriores.

### Específicas

1. El diagnóstico fue eficaz al momento de mostrar las restricciones que se tienen en el proceso, las fallas en los equipos de troquelado fueron las restricciones que provocaron los cuellos de botella, con mayor frecuencia y tiempo perdido en las reparaciones realizadas a los equipos.
2. Al implementar la teoría de restricciones, se observa que el diagrama de Pareto es la herramienta que se adapta para mejorar la eficacia y eficiencia de la línea, en una forma práctica y rápida, además de ser fácil de entender por los operarios.
3. Los beneficios resultantes de utilizar la teoría de restricciones son: una planeación más robusta en cuanto al mantenimiento preventivo de los equipos, al tener un historial de fallas y una mejora en la producción con la

minimización de paros mecánicos y eléctricos, además de la comprensión por parte de operarios y técnicos de mantenimiento, sobre la relación que se deben tener entre las restricciones del proceso y como se manejan.

## RECOMENDACIONES

### Para Administración de Producción

1. Realizar seguimiento a los paros descontrolados por toma de alimentos y limpieza a los equipos.
2. Utilizar la herramienta de seguimiento P.H.V.A para verificar cuándo los proyectos de instalación de equipos cumplen de inicio y no tener restricciones en el proceso que se pueden evitar.
3. Utilizar todos los pasos de la herramienta teoría de las restricciones para tener una cuantificación económica de la pérdida de materia prima, tiempo de oportunidad, tanto con las máquinas paradas o trabajando a menor velocidad.
4. Capacitar y dar acceso a los sistemas de cómputo, especialmente a ERP SAP, para que el personal operativo tenga la facilidad de buscar, encontrar y transformar información en datos
5. Transformar en números, el inventario y las ventas pérdidas, por las restricciones que se tienen durante el mes, con esto se llevaría a cabo todo el proceso de la teoría de restricciones.

### Para Recursos Humanos

1. Continuar capacitando al personal operativo sobre la teoría de las restricciones y demás herramientas de mejora continua para que se comprendan los problemas y se busquen soluciones.

### Para Ingeniería de Planta

1. Es necesario contar con un plan para el desarrollo de actividades, donde se pueda controlar cada una de ellas, además de verificar dónde termina la anterior y comienza la siguiente.
2. Implementar el tiempo promedio entre fallas, para validar la eficacia de las intervenciones de los técnicos y contar con más información para disponer de otras opciones para medir la productividad del departamento.
3. Validar las hojas de ruta de mantenimiento preventivo de cada uno de los equipos, verificando que sean acorde con las necesidades de la máquina y de producción.

## REFERENCIAS

1. Amaru, A. C. (2009) *Fundamentos de administración*. México. Pearson Educación. S. A.
2. Aromateca, (2017) *Sabores y Agentes aromáticos* Recuperado de <https://www.aromateca.com>
3. Barrero M. (2013) *Teoría de Restricciones aplicada a la cadena de suministros en un operador logístico de productos farmacéuticos* (Tesis de grado de máster en Administración de la Salud) Universidad Nuestra Señora del Rosario. Colombia. Recuperado de <http://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/4807/52231051-2013.pdf.pdf>
4. Cabrera O. (2014) *Planificación de la producción en una industria de consumo masivo utilizando teoría de las restricciones* (Tesis de grado de máster en Ingeniería Industrial y Productividad) Escuela Politécnica de Quito. Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8082>
5. Corporativo químico global S.A. de C.V. (2013) *Glucosa de 45°*. México. Recuperado de <https://quimicoglobal.mx/la-glucosa-liquida-o-jarabe-de-glucosa-en-la-industria-alimenticia/>

6. Edwards, W.P., (2002) *La ciencia de las golosinas*. España. Editorial ACRIBIA. S.A.
7. Estrategia Focalizada, (2019) *Introducción a la teoría de las restricciones*. Recuperado de <http://enfoque.estrategiafocalizada.com/introducción%20TOC.pdf>
8. Evans, J. R., Lindsay, W. M., (2008) *Administración y Control de la Calidad*. México. CENGAGE Learning.
9. Hansen, D. R. y Mowen, M. M., (2007) *Administración de Costos*. México. CENGAGE Learning
10. Heinzer, J. y Render, B. (2015) *Dirección de la producción y de Operaciones*. España. Pearson Educación, S. A.
11. Horngren, C. T., Datar, S. M. y Foster, G. (2007) *Contabilidad de costos*. México. Pearson Educación.
12. Morales L. (2016) *Modelo de optimización en producción basado en la teoría de las restricciones como estrategia para la gestión de la productividad* (Tesis de grado de máster en ingeniería). Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia. Recuperado de <http://biblioteca.unitecnologica.edu.co/notas/tesis/0069387.pdf>
13. Mosquera L. (2014) *Mejoramiento del proceso productivo en la planta Pifo de Eni Ecuador S.A. aplicando el enfoque de procesos y la teoría de restricciones*. (Tesis de grado de máster en Ingeniería Industrial y

Productividad) Escuela Politécnica de Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/8082>

14. Plus integral consultores. (2019) *Optimización de operaciones*. Recuperado de [https://plusintegralconsultores.wordpress.com/category /optimizaci3n-de-operaciones](https://plusintegralconsultores.wordpress.com/category/optimizaci3n-de-operaciones), México.
15. Pavlica C. (2013) *Implementación del modelo teoría de las restricciones para generar el manejo eficiente de inventarios y su impacto en la mejora de costos financieros en la empresa TD Distribuidor Ferretero* (Tesis de grado de máster en administración de empresas con mención en gerencia de la calidad y productividad) Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. Recuperado de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12235/Tesis%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
16. Ramírez, M. M., y Orozco, N. E., (2014) *Confitería*. México. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
17. Schroeder, R. (2011) *Administración de operaciones*. Estados Unidos de América: McGraw-Hill.
18. Segovia T. (2017) *Mejora de la producción de alimentos balanceados para aves de la empresa REPROAVI CIA. LTDA. Utilizando la teoría de restricciones* (Tesis de grado de máster en ingeniería industrial y productividad) Escuela Politécnica de Quito, Ecuador. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17528>
19. Senge, P. (2010) *La quinta Disciplina*. Argentina. Ediciones Granica.



## ANEXOS

### Anexo 1. Reporte de cumplimiento de ordenes de mantenimiento

CUMPLIMIENTO DE ORDENES DE MANTENIMIENTO PLANTA A 2019												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
% PREVENTIVO:	62%	80%	82%	80%	74%	72%	76%	67%	73%			
% EMERGENCIA:	33%	13%	13%	19%	21%	26%	22%	29%	25%			
% CORRECTIVO:	5%	7%	5%	1%	5%	2%	2%	4%	2%			
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0%	0%	0%
NOTIFICADAS	93%	93%	88%	99%	98%	82%	97%	99%	96%			

Fuente: Ingeniería de Planta, (2019)

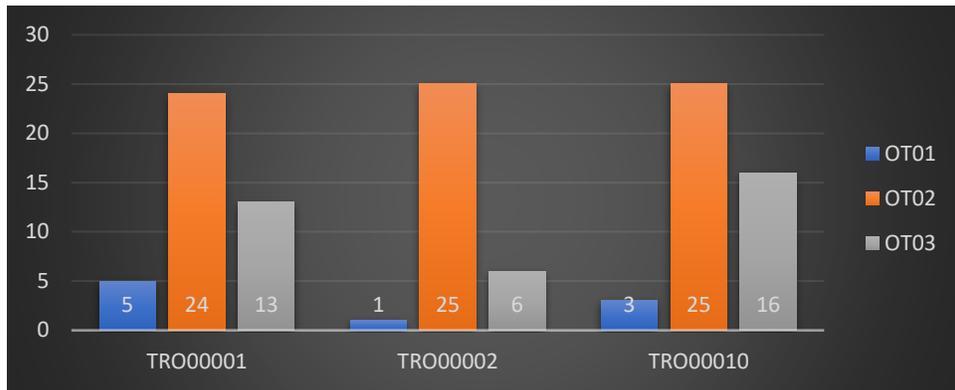
## Anexo 2. Control de la producción en planta confitera

DIAS HABLES JUNIO PLANTA "A"	24.0
% DE CUMPLIMIENTO PLANTA A	71%

LINEA DE PRODUCCION	PLAN REAL	PRODUCCION	Promedio diario TON	% Cumplimiento Acumulado	% al día	Diferencia
Bombón 17g	663,652	588,892	34.6	89%	71%	18%
BBB 13g Y Col. 14g	137,407	88,620	5.2	64%	71%	-6%
Pirulitos	65,399	75,045	4.4	115%	71%	44%
<b>TOTAL BBB</b>	<b>866,457</b>	<b>752,557</b>	<b>44.3</b>	<b>87%</b>	<b>71%</b>	<b>16%</b>
Paletas	149,909	116,317	6.8	78%	71%	7%
Twist	361,186	243,462	14.3	67%	71%	-3%
Flow Pack	334,914	241,063	14.2	72%	71%	1%

Fuente: planeación de producción, 2019

### Anexo 3. Órdenes de mantenimiento durante estudio 2019



<b>Nomenclatura</b>	<b>Nombre</b>	<b>Nomenclatura</b>	<b>Nombre</b>
TRO00001	Troquel F600-1	OT01	Orden correctiva
TRO00002	Troquel Euromec	OT02	Orden preventiva
TRO00010	Troquel F600-2	OT03	Orden emergencia

Fuente: Ingeniería de Planta, (2019).