

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS**



**“APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR
LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y
DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

SILVANA DIANET ALVAREZ CORDOVA

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

GUATEMALA, JULIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS



**“APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR
LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y
DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA,
UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO,
DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

SILVANA DIANET ALVAREZ CORDOVA

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, JUNIO DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
SECRETARIO:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL I:	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL II:	Msc. Byron Giovani Mejía Victorio
VOCAL III:	Vacante
VOCAL IV:	P.C. Marlon Geovani Aquino Abdalla
VOCAL V:	P.C. Carlos Roberto Turcios Pérez

EXONERACIÓN DE EXAMEN DE ÁREAS PRÁCTICAS BÁSICAS

Exonerada de Examen de Áreas Prácticas Básicas según Punto QUINTO, inciso 5.6, subinciso 5.6.2, del Acta 12-2016, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 15 de julio de 2016.

**PROFESIONALES QUE PRACTICARON
EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS**

PRESIDENTE:	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
SECRETARIA:	Licda. Thelma Marina Soberanis de Monterroso
EXAMINADOR:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes

Guatemala, 15 de marzo 2018

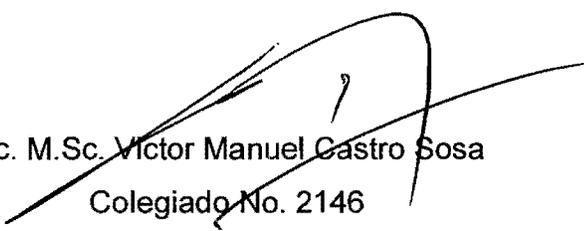
Licenciado
Luis Antonio Suárez Roldán
Decano de la Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señor Decano:

De conformidad con el nombramiento emanado de su decanatura, con fecha 01 de septiembre del 2017, en el que se me designa asesor de tesis de la estudiante Silvana Dianet Alvarez Cordova, carné 201110569, con el tema **“APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”**, me permito informarle que he procedido a revisar el contenido de dicho estudio, encontrando que el mismo cumple con los lineamientos y objetivos planteados en el respectivo plan de investigación.

En virtud de lo anterior y considerando que este trabajo de tesis fue desarrollado de acuerdo a los requisitos reglamentarios de la facultad, me permito recomendarlo para que sea discutido en Examen privado de tesis, previo a optar el título de Administradora de Empresas en el grado académico de licenciada.

Atentamente



Lic. M.Sc. Victor Manuel Castro Sosa
Colegiado No. 2146

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA



FACULTAD DE CIENCIAS
ECONOMICAS

EDIFICIO S-8

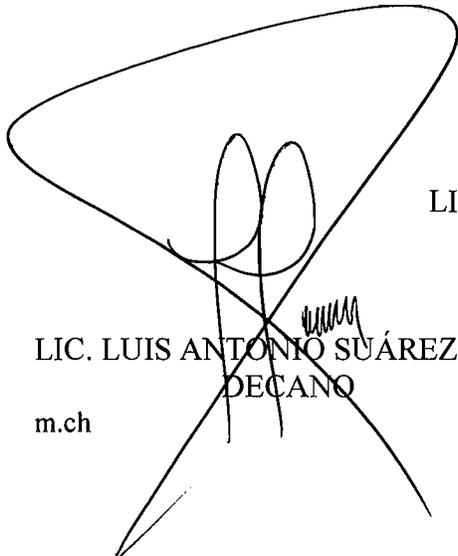
Ciudad Universitaria zona 12
GUATEMALA, CENTROAMERICA

**DECANATO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS, GUATEMALA
VEINTISÉIS DE JUNIO DE DOS MIL DIECIOCHO.**

Con base en el Punto QUINTO, inciso 5.1 subinciso 5.1.1 del Acta 17-2018 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 07 de junio de 2018, se conoció el Acta ADMINISTRACIÓN AEPT-3-014-2018 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 20 de abril de 2018 y el trabajo de Tesis denominado: “APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA”, que para su graduación profesional presentó la estudiante **SILVANA DIANET ALVAREZ CORDOVA**, autorizándose su impresión.

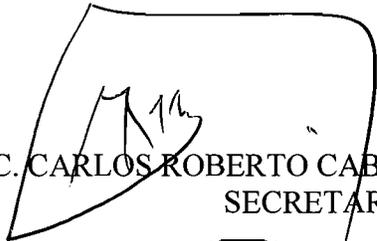
Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO

m.ch



LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO



ACTO QUE DEDICO

- A DIOS:** Por ser la guía durante este recorrido, por darme la vida y la fortaleza para culminar con éxito cada una de mis metas.
- A MIS PADRES:** Marwin Alvarez y Yolanda de Alvarez por su amor, su apoyo incondicional y por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad. Muchos de mis logros se los debo a ustedes incluye este.
- A MI HERMANA:** Jeamy Alvarez porque siempre tuviste las palabras necesarias para motivarme en los momentos que más lo necesitaba.
- A MI NOVIO:** Jose Javier Pérez por celebrar cada una de mis alegrías, por creer siempre en mí y forjar esos deseos de superación con su ejemplo.
- A MIS SOBRINOS:** Por ser fuente de luz y alegría en mi vida, que este logro sea ejemplo para ustedes Leonardo, Luciana y Santiago.
- A MIS ABUELOS:** Ada Del Compare y Angelica Ruiz por su apoyo, amor y acompañamiento durante este camino. Felipe Alvarez (†) y Hermelindo Cordova (†) un abrazo al cielo.

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA: Por ser mi casa de estudios y haberme formado como Profesional, en especial a la Facultad de Ciencias Económicas.

A LOS LICENCIADOS: Oscar Quiñonez por sus sabios consejos y por ser parte fundamental en mi crecimiento como profesional. Axel Marroquín, Carolina Sotoj, Thelma Soberanis, Víctor Castro y Luis Manuel Vásquez por los conocimientos impartidos y la oportunidad de compartir en el área de Métodos Cuantitativos.

A MIS AMIGOS: Andrea, Anyi y Kevin por ser mis acompañantes en este arduo camino al éxito, porque en ustedes encontré un apoyo durante estos años. Mis amigas Valkyria, Marisa, Male, y Mafer por apoyarme y animarme con sus muestras de cariño.

A LA FAMILIA CATALAN AROCHE: Por los largos años de amistad en los que siempre han mostrado ser ejemplo íntegro para todos con su voluntad y apoyo incondicional.

ÍNDICE

Contenido	Página
INTRODUCCIÓN	i
CAPÍTULO I	
MARCO TEÓRICO	
1.1 Empresas industriales	1
1.1.1 Confitería	1
1.1.2 Proceso de una producción de una empresa productora y distribuidora de productos de confitería	2
1.2 Investigación de operaciones	5
1.2.1 Modelos de la investigación de operaciones	7
1.2.1.1 Modelos matemáticos	8
1.2.2 Metodología de la investigación de operaciones	9
1.2.2.1 Definición o planteamiento del problema	11
1.2.2.2 Desarrollo de un modelo matemático y recolección de datos	11
1.2.2.3 Resolución del modelo óptimo	12
1.2.2.3.1 Método óptimo	12
1.2.2.3.2 Método heurístico	13
1.2.2.4 Validación, instrumentación y control de la solución	13
1.2.2.5 Modificación del modelo	13
1.3 Programación lineal	13
1.3.1 Método grafico	16
1.3.2 Método simplex	18
1.3.2.1 Maximización	20
1.3.2.2 Minimización	20
1.3.3 Pasos para solucionar el método simplex	21

Contenido	Página
CAPITULO II	
DIAGNÓSTICO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
2.1 Metodología de la investigación	27
2.2 Generalidades de la empresa	28
2.2.1 Antecedentes	29
2.2.2 Principal actividad productiva	30
2.2.3 Filosofía empresarial	30
2.2.3.1 Misión	30
2.2.3.2 Objetivos de la empresa	32
2.2.3.3 Estructura organizacional	32
2.2.4 Proceso de producción de dulces	33
2.2.4.1 Tipos de dulces	34
2.3 Situación actual de la programación de producción	36
2.3.1 Inventario disponible de materia prima	37
2.3.2 Mano de obra	37
2.3.3 Demanda	38
2.4 Disponibilidad y utilización de recursos	38
CAPÍTULO III	
APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA	
3.1 Justificación	40
3.2 Objetivos de aplicación	40
3.3 Problema sobre la planeación de la producción	40
3.4 Desarrollo del modelo matemático	41
3.4.1 Identificar el objetivo	41

Contenido	Página
3.4.1.1 Identificación de las variables a utilizar	42
3.4.1.2 Identificar las restricciones	42
3.5 Planteamiento matemático del problema	43
3.6 Solución por el método simplex	44
3.7 Determinación de la planeación de la producción óptima	57
CONCLUSIONES	58
RECOMENDACIONES	59
BIBLIOGRAFÍA	60
ANEXOS	62

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Contenido	Página
1	Diagrama del proceso productivo de una empresa productora y distribuidora de productos de confitería	3
2	Metodología de la investigación de operaciones	10
3	Organigrama General de la empresa	33

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
1	Inventario de materia prima para la elaboración de dulces	37
2	Minutos productivos disponibles por proceso	37
3	Demanda promedio en lotes, estimada por la empresa de sus productos líderes, para un período de seis meses (febrero a julio del 2017)	38
4	Estándares de utilización de materia prima en kilogramos, para un lote	38
5	Tiempo por cada actividad del proceso de elaboración de dulce en minutos, para un lote	39
6	Costo y utilidades por lote	39
7	Planteamiento matemático del problema	43

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Contenido	Página
1	Entrevista no estructurada dirigida a operarios	63
2	Cantidad de fardos y bolsas producidas por lotes	64
3	Asignación de horas por proceso	65

INTRODUCCIÓN

Las empresas en la actualidad se enfrentan al reto de poder coordinar de una forma óptima los diversos recursos que la integran. En lo que respecta a la utilización de la materia prima se busca saber cuánto se necesita de ese bien, cuándo se va a utilizar, en qué cantidades se va a utilizar, qué cantidad se debe comprar y cómo será almacenado; para alcanzar el objetivo trazado.

Como toda empresa su principal finalidad es obtener la mayor utilidad posible, para lo cual es fundamental que el aprovechamiento de los recursos se de en una manera eficiente que ayude a obtener los mejores resultados para producir bienes de excelente calidad, satisfacer y superar las expectativas de los clientes reales y potenciales. Para lograr todo esto se hace necesario la aplicación de herramientas matemático-estadístico que ayuden a obtener este resultado.

La presente investigación titulada “APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA” tiene como finalidad recomendar un instrumento técnico que permita obtener la producción óptima, maximizar las utilidades y contribuir al aprovechamiento de los recursos materiales que son utilizados en el proceso de producción de productos de confitería.

El documento está conformado de la siguiente manera: en el capítulo I se encuentra el marco teórico que es el fundamento de la investigación, en él se describen las bases teóricas para aclarar y solucionar el problema. En el capítulo II se exponen los antecedentes de la empresa y su situación actual, los datos obtenidos para la aplicación del modelo matemático con el fin de evaluar una posible solución viable al problema. En el tercer capítulo se aplica el modelo matemático, específicamente el método simplex; así como, su respectiva

interpretación y fundamento. Por último, se encuentran las conclusiones, recomendaciones, la bibliografía de referencia y los anexos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En la presente investigación se detallan los conceptos teóricos relacionados a la modelación matemática y el método simplex de programación lineal en conjunto con todas aquellas definiciones que son necesarios para tener una idea clara del tema. Para que, así mismo, se pueda realizar una interpretación acertada y sustentar toda recomendación del resultado de la investigación en la empresa objeto de estudio, relacionada al proceso productivo de la elaboración de dulces.

1.1 Empresas industriales

Existen varios tipos de empresas y el término industrial es utilizado para hacer referencia a todas aquellas que se dedican a convertir materias primas en otros productos, estos pueden servir para cubrir la necesidad de los consumidores o presentarse como un elemento más en otros procesos. Sus principales características es la fabricación de productos en masa, utilización de mano de obra y utilización de producción en línea o en serie.

1.1.1 Confitería

El concepto de confitería hace referencia al establecimiento en donde se elaboran dulces, galletas o confituras; donde la producción puede ser industrial o artesanal. Los productos de la confitería se pueden diferenciar entre confitería solo de azúcar (caramelos de goma, pastillas, caramelo blando o duro), confitería de chocolate (tableta, bombones y novedades estacionales) o chicles (con azúcar o sin azúcar). En el caso de la elaboración de dulces se debe disponer con la maquinaria e instalaciones necesarias para fabricar, confeccionar, elaborar y obtener un producto utilizando como principales materias primas: colorante, azúcar, glucosa y conservantes.

En Guatemala, existen varias empresas pequeñas dedicadas a la elaboración de dulces, galletas y/o chocolates, ubicadas principalmente en la ciudad capital. La mayoría de estas empezaron sus operaciones hace varias décadas atrás, muchas con la elaboración de dulce tipo artesanal, las cuales han ido evolucionando con el incremento de la demanda y tecnología. Por razones de competencia y con el fin de crear ventajas competitivas han incluido otros servicios y productos dentro sus operaciones.

El mercado de la confitería se encuentra atendido por estas pequeñas empresas para satisfacer la demanda de sus principales consumidores, y algunas de ellas exportan sus productos a países vecinos de Centroamérica y México. Las empresas a nivel nacional cuentan con más de 30 años en el mercado de la confitería para fiestas, aunque son consideradas empresas pequeñas entran en competencia indirecta con grandes empresas como Colombina y Arcor con productos similares.

1.1.2 Proceso de una producción de una empresa productora y distribuidora de productos de confitería

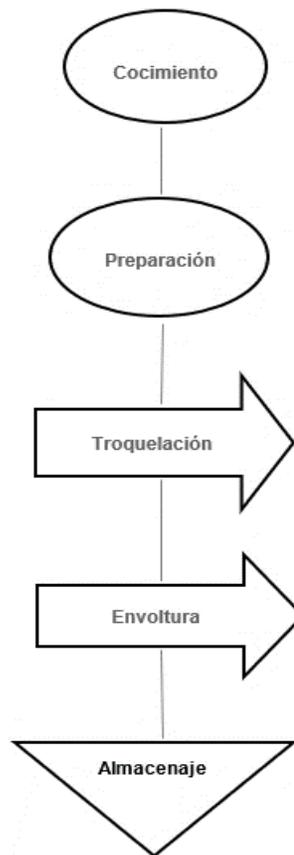
Toda empresa de manufactura posee un proceso de producción, es decir, con una serie de actividades secuenciales para elaborar bienes y satisfacer necesidades, esta operación se hace necesaria para concretar la producción de un producto.

La productividad representa la cantidad de unidades producidas por unidad de tiempo o por unidad de materiales, en la medida que se utilice menos tiempo o materiales para la producción de determinadas unidades, sin sacrificar calidad, se dice que el proceso es eficiente. Bajo dicho contexto, la programación lineal de la producción, a través del método simplex, busca la optimización del uso de los recursos y su productividad.

El **proceso productivo** de la elaboración de dulce y paleta es relativamente sencillo, dependiendo la capacidad de la empresa, este puede ser artesanal o industrializado; la manufactura de la misma está conformado por procesos como: cocimiento, preparación, troquelación, envoltura y almacenaje. Adicionalmente, se debe considerar que para su elaboración se debe contar con el equipo y personal autorizado o capacitado.

FIGURA 1

Diagrama del proceso productivo de una empresa productora y distribuidora de productos de confitería



Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por la empresa. 2017

En términos generales, el proceso productivo consta de cinco etapas, fuertemente marcadas por la especialidad de producción de la empresa, aunque la

organización del proceso productivo depende del criterio administrativo de cada empresa, se describen las siguientes etapas:

- a. Cocimiento: es el inicio y donde se debe de medir con exactitud la cantidad de materia prima, que se debe de mezclar en los peroles, a fin de llevarla a su punto de ebullición, con la debida supervisión para obtener un producto de calidad.
- b. Preparación: consiste en llevar la materia prima a planchas de enfriamiento, para ser moldeado.
- c. Troquelación: se coloca la mezcla en las máquinas troqueladoras de acuerdo con el diseño y tamaño del dulce que se desea producir.
- d. Envoltura: en este proceso se empaca todo dulce y paleta que cuente con los requisitos mínimos para la venta.
- e. Almacenaje: este se da de acuerdo con sus características y frecuencia de venta cumpliendo con los respectivos lineamientos dentro de las bodegas de la empresa.

Las **materias primas** utilizadas para la elaboración de dulce o paletas, se almacenan bajo lineamientos establecidos para su conservación, asimismo, se puede mencionar dentro de la principal materia prima utilizada en la elaboración de dulces, las siguientes:

- a. Glucosa: es el ingrediente principal de los dulces, es un jarabe utilizado en la repostería y otros productos de confitería para evitar la cristalización del azúcar.

- b. Dióxido de titanio: es una sustancia que se utiliza en la industria de los alimentos como colorante.
- c. Esencias: son utilizadas para el sabor y olor del dulce.
- d. Cremor: su nombre químico es bitartrato potásico, es un polvo blanco utilizado para evitar la cristalización del azúcar.
- e. Cítrico: es un ingrediente utilizado como neutralizador de sabores, es un ácido orgánico natural.
- f. Material de empaque: el material de empaque de los dulces en su mayoría es de plástico, con diseños y colores llamativos a la vista del consumidor.
- g. Azúcar: ingrediente fundamental completo de sabor, textura y tamaño.
- h. Agua: utilizada para la elaboración de la mezcla.

La empresa objeto de investigación cuenta con varios productos populares dentro de su portafolio de dulces; pintalabios, cervecita y dulce pequeño de los cuales, por ser los más recurrentes, se desea programar la producción con el fin de incrementar sus utilidades.

1.2 Investigación de operaciones

Los administradores de negocios se enfrentan a distintos retos día a día, tanto en el sector de manufactura como en el de servicios; una toma de decisión acertada es primordial sin importar el tamaño de la empresa y, aunque si bien es cierto, existen problemas o situaciones donde el grado de complejidad es menor, y la experiencia puede ser aplicada para resolverlos; existen otras situaciones del sistema productivo donde es necesario evaluar para elegir, de las posibles

soluciones, la más adecuada a las necesidades y de esa forma, lograr que el aprovechamiento de los recursos sea el óptimo y alcanzar así el éxito como empresa. Evaluar cada una de estas alternativas podría ser bastante complejo y consumir gran cantidad de tiempo de la persona, las soluciones pueden ser tantas que simplemente no se podrían evaluar todas, sin embargo, el uso de la tecnología puede facilitar el trabajo del administrador.

La investigación de operaciones también conocida como I.O. se puede definir como “la aplicación de métodos científicos, técnicas e instrumentos, a los problemas relacionados con la operación de los sistemas a fin de proporcionar a los que controlan las operaciones las soluciones óptimas para los problemas”. (8:23) entre sus principales características se le atribuye que busca la mejor solución o solución óptima y tiene un enfoque interdisciplinario, es decir, se aplica a situaciones de diversa índole.

La investigación de operaciones surgió varias décadas atrás cuando se hicieron los primeros intentos para emplear el enfoque científico en la administración de una empresa, con el objetivo de lograr más satisfactores con menores esfuerzos, pero fue realmente hasta el inicio de la Segunda Guerra Mundial en donde grupo de militares fueron agrupados para estudiar problemas como tácticas de abastecimiento óptimo de los recursos y demás inherentes a la guerra, para el aprovechamiento óptimo de los recursos escasos, tanto materiales como humanos; lo mismo sucedió en Estados Unidos de América donde con el mismo objetivo se agruparon para crear estrategias para las operaciones militares, problemas logísticos, planeación de maniobras navales y establecimiento de patrones de vuelo para aviones. Al finalizar la guerra, ese personal que había aplicado los métodos de la investigación de operaciones en acciones militares se dio cuenta que las técnicas empleadas podían utilizarse también para problemas industriales en las empresas de manufactura.

Así fue como en la década de 1950 donde la investigación de operaciones comenzó a ser implementada. Durante este período de tiempo surgieron dos grandes avances el primero fue el aporte sobresaliente de programación lineal, programación dinámica, teoría de colas y teoría de inventarios esto como resultado de los conocimientos de científicos que habían participado en la guerra. El segundo factor que dio un nuevo giro fue la revolución de las computadoras, el manejo eficaz de los complejos problemas inherentes a la IO casi siempre requiere un gran número de cálculos, que con el desarrollo de computadoras personales cada vez más rápidas y de buenos paquetes de software para resolver problemas vuelve el procedimiento más eficiente.

Estos relevantes acontecimientos, en conjunto con el sobresaliente aporte de George B. Dantzig en Estados Unidos donde desarrolló el método simplex de programación lineal, han funcionado como base a otros modelos de programación lineal utilizados en el ámbito empresarial para fundamentar la toma de decisiones con base matemática y estadística. Hoy en día estas técnicas son tan efectivas que su utilización ha permitido que sean combinadas con la tecnología y tener el alcance de tomar decisiones de una forma más práctica y efectiva. Bajo el contexto específico de la presente investigación se busca, por medio de la modelación matemática, la optimización del uso de los recursos disponibles, buscando como principal objetivo la maximización de la utilidad de la empresa dedicada a la fabricación de productos de confitería, para identificar el mejor curso de acción posible en términos de las necesidades de la administración de la misma.

1.2.1 Modelos de la investigación de operaciones

La investigación de operaciones utiliza modelos matemáticos como herramienta para brindar soluciones, por lo que antes de continuar con los fundamentos teóricos es importante definir el término “modelo” como “una representación o abstracción de una situación de objetos reales, que muestra las relaciones

(directas o indirectas) y las interrelaciones de la acción y la reacción en términos de causa y efecto”. (8:24) Lo anterior será fundamental para obtener una visión de las variables importantes o pertinentes y la relación que existe entre ellas.

Los modelos se pueden clasificar por sus propósitos, dimensiones, funciones o grado de abstracción. Los más comunes incluyen tipos básicos como: icónico, analógico y simbólico.

- Modelo icónico: es la representación física de los objetos de forma idealizada o en escala distinta, por ejemplo, una maqueta.
- Modelos analógicos: este representa situaciones dinámicas, es útil para representar relaciones cuantitativas entre las propiedades de los objetos de varias clases para facilitar su interpretación.
- Modelos simbólicos: también conocidos como modelos matemáticos, son representados por símbolos, signos y aplicación de la matemática, ejemplo de esto puede ser una ecuación.

1.2.1.1 Modelos matemáticos

Un modelo matemático se puede definir como “una ecuación que describe el comportamiento de un fenómeno que sucede en un sistema dado”. (4:13) Por medio de dicha ecuación pueden ser simuladas distintas opciones o comportamientos, obteniendo resultados con base en la estadística; es importante mencionar que en todo modelo matemático puede existir un pequeño margen de error debido a que en la realidad se encuentra con distintos factores externos no controlables que no permiten la exactitud.

Existen varias clasificaciones de los modelos, una de las más usuales son:

- **Modelos probabilísticos:** también llamados estadísticos estos incluyen un conjunto de asunciones (conjunto de distribuciones de probabilidad) sobre la generación de datos muestrales, de tal manera que asemejen a los datos de una población mayor.
- **Modelos determinísticos:** son los que emplean información que se conoce exactamente o se puede obtener con un alto grado de precisión.
- **Modelos estáticos:** estos brindarán una respuesta a situaciones especiales de condiciones fijas que no cambian respecto del tiempo, que son constantes y que probablemente no cambiarán significativamente a corto plazo.
- **Modelos dinámicos:** a diferencia de los modelos estáticos, estos sufren cambios con condiciones respecto del tiempo, y son los que con mayor frecuencia se apegan a la vida real.
- **Modelos descriptivos:** son utilizados generalmente para aprender más sobre un problema, no indican acción alguna a realizar, solo expresan lo que sucede en el mundo real.
- **Modelos normativos:** señalan un curso de acción a seguir, también se les llama de optimización.

1.2.2 Metodología de la investigación de operaciones

La utilización de estos métodos para solucionar problemas involucra varias áreas en las cuales se hace necesario la investigación de distinta información donde se localiza el problema y permita que la I.O. observe los efectos de las acciones de

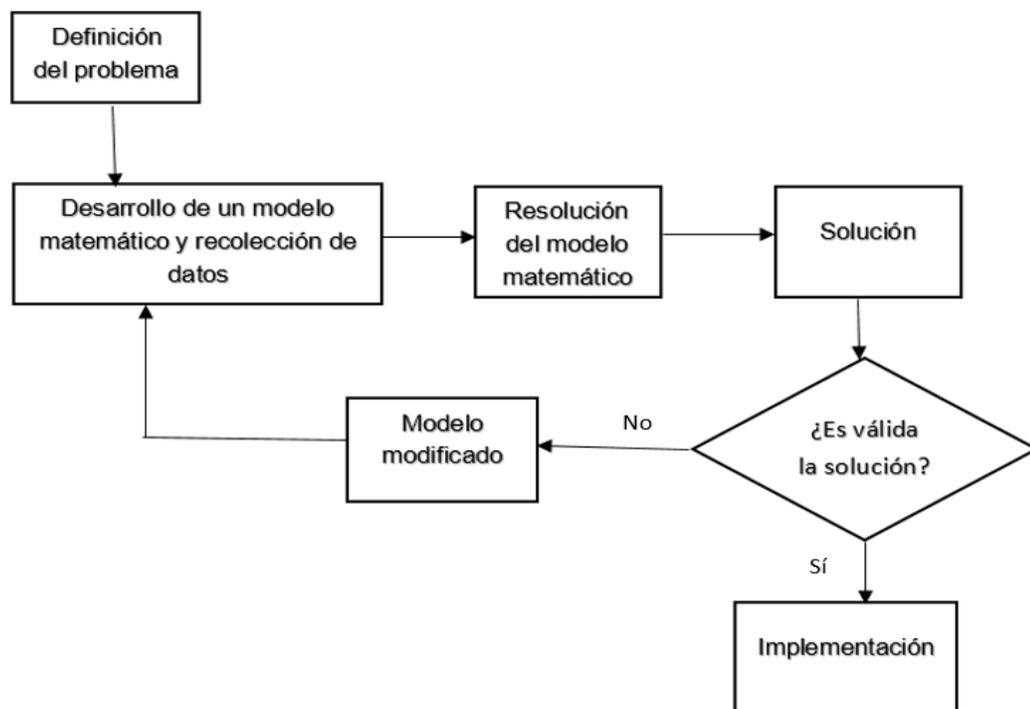
cada área “El uso de métodos cuantitativos para solucionar problemas, generalmente implica a mucha gente de toda la organización, los individuos de un equipo de proyectos proporcionan información de sus áreas respectivas respecto a diversos aspectos del problema”. (6:4)

La metodología se debe realizar de una forma racional, acorde a la situación y naturaleza de la empresa sin importar que esta sea de servicios o manufactura, lo que se busca es que las decisiones que se tomen dejen de ser subjetivas o apoyadas en la conveniencia o experiencia de la persona a cargo.

Para que esto se lleve a cabo se debe contar con una serie sistemática de pasos ordenados, que se detallan en la siguiente figura:

FIGURA 2

Metodología de la investigación de operaciones



Fuente: Mathur, Kamlesh y Solow, Daniel. 1976. Investigación de operaciones, el arte de la toma de decisiones. México, Pág. 32

1.2.2.1 Definición o planteamiento del problema

Los numerosos problemas a los que se enfrentan los administradores en sus áreas de desempeño deben ser descritos con todas las características necesarias con base en los hechos. En su orden se debe de identificar todas las posibles causas y características que describen el problema; comprender y describir en términos precisos el problema al que se enfrenta la empresa.

1.2.2.2 Desarrollo de un modelo matemático y recolección de datos

Para poder formular un modelo matemático, después de tener claramente definido y comprendido el problema, se sugiere identificar las tres partes que debe contener como mínimo el modelo: (función objetivo, variable de decisión y limitaciones / restricciones / disponibilidad).

Por medio de las siguientes preguntas que contribuirá a un correcto planteamiento:

a. ¿Cuál es la función objetivo? Se debe de identificar la variable que se desea optimizar, es decir, lo que se quiere lograr; esta debe de ser en función de la investigación y la naturaleza del problema, la cual deberá ser analizada; además se debe establecer si la optimización de la variable, en este caso será una maximización, si es en función de utilidades/beneficio o una minimización si se hace referencia al costo, esta será el objetivo global de la investigación.

b. ¿Cuál es o son las variables de decisión? Estas son aquellas que al momento de resolver el problema quedarán establecidas cuantitativamente para lograr la optimización de la función objetivo, y será una cantidad que se puede controlar y se hace necesaria para solucionar el problema de decisión.

c. ¿Cuáles son las restricciones? Estas también pueden ser llamadas restricciones funcionales, que no son más que los requerimientos/condiciones que se deben de cumplir o las limitaciones físicas como: materiales, tiempo, mano de obra, demanda, entre otras.

“Una solución del modelo es factible si satisface todas las restricciones; es óptima si, además de ser factible, produce el mejor valor (máximo o mínimo) de la función objetivo. La conclusión es que la solución óptima de un modelo es mejor solo para ese modelo. Si el modelo es una representación razonablemente buena del sistema real, entonces su solución también es óptima para la situación real”. (2:3) Aunque es posible que al ser adaptado a situaciones de la realidad difiera dependiendo el contexto en el cual se esté aplicando.

1.2.2.3 Resolución del modelo óptimo

El siguiente paso consiste en obtener los valores numéricos, luego resolver el problema. Para obtener estos valores y brindar una respuesta, se debe de trabajar un modelo matemático específico; para conocer qué tipo de modelo se estará aplicando, se debe de identificar por medio de dos técnicas de investigación: método óptimo o método heurístico.

1.2.2.3.1 Método óptimo

“Un método utilizado en la administración que produce los mejores valores posibles para las variables de decisión”. (6:6) Este método no solamente produce el mejor valor para la función objetivo, sino a su vez, cumple con todas las restricciones establecidas previamente.

1.2.2.3.2 Método heurístico

“Método utilizado en la administración que proporciona valores aceptables (aunque no necesariamente óptimos) para las variables de decisión”. (6:6) Aunque por medio de este método se logran satisfacer todas las limitaciones, no necesariamente brinda un valor óptimo para la función objetivo.

1.2.2.4 Validación, instrumentación y control de la solución

Es importante que cuando se haya resuelto el problema y se tenga valores numéricos para cada variable, estos puedan ser revisados cuidadosamente para comprobar que sean resultados racionales y que pueden ser llevados a cabo de forma coherente. Así mismo, se debe de asegurar que el modelo cumpla con todas las restricciones ya que ciertos aspectos pudieron haberse pasado por alto, registrado o estimado de manera incorrecta.

1.2.2.5 Modificación del modelo

Esto sucede cuando, durante el paso anterior se encuentra que la solución no puede llevarse a cabo, entonces se pueden identificar las limitaciones que fueron omitidas durante la formulación del problema original o puede darse cuenta de que algunas de las limitaciones originales eran incorrectas y necesitan modificarse, en estos casos, debe regresarse a la etapa de formulación del problema y hacer cuidadosamente las modificaciones apropiadas para reflejar con más exactitud el problema real hasta encontrar una nueva solución aceptable.

1.3 Programación lineal

Constituye uno de los avances más significativos que surgió a mediados del siglo XX, inició con el estudio del método de análisis de insumo-producto por el

economista W.W. Leontief y en la actualidad, es una herramienta utilizada por muchas empresas con el fin de estudiar las diferentes dificultades que se les presenta, tanto en finanzas, operaciones, recursos humanos entre otros, con el objetivo de lograr ahorro de dinero y mejor aprovechamiento de los recursos.

La programación lineal hace uso de un modelo matemático para describir el problema donde maneja ecuaciones lineales incluyendo las limitaciones o disponibilidades con que cuenta; a este método se le llama "lineal" debido a que la relación entre dos o más variables son directas y precisamente proporcionales, puede definirse como "Un método de solución de problemas en el que una función objetivo debe de maximizarse o minimizarse cuando se consideran ciertas restricciones". (8:230) de igual forma se puede definir como "Un método para la asignación de recursos limitados en tal forma que satisfaga las leyes de la oferta y la demanda de los productos de la empresa". (8:230) Puede ser aplicada a cualquier área o disciplina, siempre y cuando su formato general del modelo se ajuste a la misma, si es así, puede ser resuelto utilizando este método considerado altamente efectivo.

Los administradores a menudo necesitan determinar cómo asignar diversos recursos escasos, como la mano de obra, la materia prima y el capital de tal forma que cumplan con la actividad productiva y ser asignados de manera conveniente, la decisión final se basa en la disponibilidad de estos y en el logro de un objetivo global para la organización que en un marco de producción, la mezcla de productos por fabricar se basa finalmente en un objetivo global como la maximización de ganancias o la minimización de costos de producción totales, los modelos de programación lineal se utilizan para ayudar a los administradores a tomar tales decisiones antes de esto se debe de llevar a cabo una serie de pasos que facilitarán el planteamiento del problema.

a. Definir la función objetivo. Aquí deberá de tomarse la decisión en función de qué se estará optimizando, es decir, la variable que puede ser costo, utilidad, tiempo, inversión entre otras y que comúnmente su simbología es Z, que representa lo que se busca maximizar o minimizar.

b. Definir las variables del problema. En este paso se deberá de dar un nombre a cada variable que pueden ser representadas con letras y asignar las unidades de medida con las que se pretende trabajar y que serán conocidas al momento de resolver el problema. “La definición correcta de las variables de decisión es un primer paso esencial en el desarrollo del modelo. Una vez hecha, la tarea de construir la función objetivo y las restricciones es más directa”. (11:14)

c. Definir las restricciones. Esto significa establecer una desigualdad en función de las variables del problema; con frecuencia estas se encontrarán reflejadas por los signos de tipo mayor o igual que (\geq) y/o menor o igual que (\leq). Es importante hacer mención de dos situaciones relevantes al momento de definir restricciones, la primera es que no todas las variables del problema pueden aparecer en cada restricción, esto va a depender de cada problema según sea la situación específica y la segunda, es que existen restricciones no implícitas que deben de ser identificadas y expresadas en el planteamiento del problema, estas son aquellas que se encuentran ocultas y no aparecen en la información del problema pero no se deben de omitir, entre las más comunes se puede mencionar la de la no negatividad.

Una vez realizado estos pasos de manera correcta, se puede proseguir con la aplicación del método para encontrar la solución óptima, aplicado al problema real y una vez resuelto, proseguir con el análisis adicional.

La programación lineal, dependiendo del número de variables a relacionar, puede resolverse por dos métodos, el gráfico y el simplex.

1.3.1 Método gráfico

Se conoce como método geométrico, el que se enfoca desde el punto de vista geométrico y su alcance es limitado, debido a que solamente puede ser utilizado para problemas con dos variables y N cantidad de restricciones, por tal razón, es difícil que pueda ser aplicado a la vida real, su limitación se debe a que solamente se pueden trazar gráficas bidimensionales y no en tres o más dimensiones, sin embargo, es útil para tener una mejor comprensión y una clara idea de cómo resolver algebraicamente problemas de tres o más variables no solo para encontrar una solución óptima, sino también indica qué tan susceptible es la solución respecto a los cambios.

Por ser un problema de programación lineal se hace necesario identificar sus tres componentes básicos: las variables de decisión, la función objetivo que se trata de optimizar y las restricciones que se deben respetar, sin olvidar que “la definición correcta de las variables de decisión es un primer paso esencial en el desarrollo del modelo. Una vez hecha, la tarea de construir la función objetivo y las restricciones se hace en forma más directa”. (10:12) Para lo que se hace necesario determinar las cantidades a producir de cada una de las variables de decisión y optimizar la función objetivo con dichos resultados.

El método consiste en utilizar líneas rectas (horizontales, verticales y diagonales) que representen cada una de las restricciones dentro de una gráfica que son utilizadas para separar el área factible, la cual proporciona los puntos factibles de solución, es decir, aquellas que cumplen con las restricciones establecidas y el área no factible. Entre los puntos factibles de solución se debe de elegir la solución óptima. El procedimiento para resolver problemas por este método es el siguiente:

1. Identificar la función objetivo (maximización o minimización), las variables de decisión y las variables de restricción.

2. Plantear el problema.
3. Definir la función objetivo (F.O.) en forma matemática.
4. Definir las restricciones en forma de desigualdades.
5. Cambiar el signo de las desigualdades por el signo igual.
6. Calcular pares ordenados utilizando las igualdades.
7. Trazar líneas rectas, en el plano de coordenadas cartesianas, identificando el área de solución factible, para cada tipo de restricción según el signo de su desigualdad. Es decir, para los casos de signo \geq el área de solución va hacia afuera y para el signo \leq el área de solución va hacia adentro del plano.
8. Localizar el área factible de solución (área común), que es aquella en donde existe intersección de áreas.
9. Localizar los puntos factibles de solución, siendo aquellos en donde existe intersección de rectas y que encierra el área factible de solución.
10. Calcular los valores de las variables, para cada punto factible de solución, (X_1, X_2) a través de ecuaciones simultáneas.
11. Determinar el punto óptimo de solución, esto se logra sustituyendo las variables encontradas en el paso "10" en la función objetivo. Para problemas de maximización el punto óptimo de solución es aquel en donde el resultado es mayor; para los casos de minimización, corresponde al menor resultado.
12. Comprobar las restricciones, sustituyendo las variables de las desigualdades restrictivas por los valores del punto óptimo de solución.
13. Respuesta y conclusión.

1.3.2 Método simplex

Fue desarrollado por George B. Dantzig, y hoy en día es muy popular y utilizado debido a que su aplicación es amplia y versátil, brinda soluciones a problemas de programación lineal con una extraordinaria eficiencia y casi todos los problemas de mezcla de producción pueden ser resueltos con su aplicación. Es considerado como un procedimiento algebraico, donde hace uso de algebra de matrices basado en la metodología de Gauss Jordan para manejar variables no negativas, para solucionar problemas de un número elevado de variables y restricciones de una manera más eficiente.

“El método simplex toma siempre como posible solución un punto correspondiente a uno de los vértices de la región factible de solución, siendo la primera aproximación el origen. De aquí, en las siguientes iteraciones el simplex se moverá hacia otros vértices, hasta que alguno de ellos sea el óptimo, lo cual sucede cuando un vértice tiene mejor valor de la función objetivo que los dos vértices adyacentes a él, es decir, el anterior y el posterior, siendo entonces cuando se ha logrado la solución del problema de programación lineal”. (4:30) brinda una serie de soluciones progresivas hasta encontrar la mejor, su principal característica es que la última solución produce una contribución tan grande o mayor que la solución previa, lo que da seguridad de llegar finalmente a la respuesta óptima.

Es una de las expresiones más complejas de la aplicación de la programación lineal, esto derivado de la cantidad de variables y restricciones incluidas en el planteamiento, superior a la solución por medio de la forma gráfica, común en la programación lineal. El método geométrico llega a ser impactado como solución de problemas de programación lineal, cuando el número de variables es mayor de dos, y en especial cuando el número de desigualdades es grande. En el caso de estos problemas más complejos, existe una alternativa, denominado el método simplex, que representa una manera natural y económica de calcular los extremos.

Este cuenta con una etapa inicial en donde da una primera solución factible partiendo del origen, luego se encuentra una etapa iterativa la cual implica buscar una mejor solución a la anterior y, por último, se encuentra la etapa en la que se debe de verificar si una solución es óptima o no (prueba de optimalidad).

Para tener un panorama más claro, antes de detallar el proceso y aplicación, a continuación se detallan conceptos generales:

- Método simplex: utilizado en programación lineal para darle solución a problemas de programación que cuentan con más de dos variables. Utilizado para optimizar recursos de la manera más eficiente.
- Función objetivo: se encuentra relacionada en función de maximizar o minimizar, representa la meta a la cual se quiere llegar, optimizando de la mejor manera los recursos disponibles.
- Variables de decisión: son aquellas que deberán quedar definidas de tal manera que se les asignará los recursos disponibles.
- Restricciones: representa las limitaciones en forma de recursos disponibles, que pueden ser utilizados para la solución del problema.
- Restricción de no negatividad: es la restricción no explícita (o “que se sobreentiende”) que indica que las variables de decisión no pueden asumir valores negativos, es decir, como producciones negativas o el desuso de recursos.
- Variables de holgura: es la que absorbe la diferencia existente entre el lado izquierdo y lado derecho de la inequación. Cuando se convierte una desigualdad de la forma \leq a una igualdad. Representa la cantidad no usada de los recursos para la optimización de la producción.

- Tablero simplex: es un arreglo en renglones y columnas, cuyos elementos son los coeficientes y las constantes de las igualdades de un problema, a esta forma se le llama tabular.
- Columna pivote: representa el menor valor del tablero simplex (mayor valor absoluto) objetivo de cada variable de decisión, indicando así la prioridad en el uso de los recursos. En la medida que el valor sea menor, a dicha variable de decisión se le asignarán primero los recursos.
- Fila pivote: representa el menor coeficiente de utilización de los recursos asignados a la producción o solución del problema, figurando así el aprovechamiento de los recursos restrictivos. En la medida que el coeficiente sea menor, no negativo, se deberá asignar dicho recurso con prioridad a la variable de decisión identificada en la columna pivote.

1.3.2.1 Maximización

Este procedimiento se realiza cuando se busca una solución óptima para las variables en función de maximizar la función objetivo. Para una maximización en el método simplex, se debe utilizar como característica esencial el signo menor o igual que, expresado en forma matemática como " \leq ", el signo debe ser homogéneo para todos los requerimientos y dar solución al planteamiento del problema, esta característica fundamental indica que las restricciones deben ser menores o igual a los requerimientos establecidos para cumplir con la función de maximizar lo asignado.

1.3.2.2 Minimización

Este procedimiento se realiza cuando se busca una solución óptima para las variables en función de minimizar la función objetivo. Para una minimización en el

método simplex, se debe utilizar como característica esencial el signo mayor o igual que, expresado en forma matemática como “ \geq ”, el signo debe ser homogéneo para todos los requerimientos y dar solución al planteamiento del problema; esta característica fundamental, indica que las restricciones deben ser mayores o iguales a los requerimientos establecidos, para cumplir con la función de minimizar lo asignado.

1.3.3 Pasos para solucionar el método simplex

El procedimiento de solución del método simplex donde la función objetivo es maximizar es el siguiente:

1. Identificación de las variables a utilizar en el método simplex: variable objetivo, variables de decisión y variables de restricción.

Objetivo: Maximizar utilidades

Variables: Producto A (x_1), producto B(x_2) y producto C(x_3)

Restricciones: Ensamble, acabado, y empaque

2. Realizar el planteamiento del problema simplex en forma de matriz.

	x_1	x_2	x_3	Disponibilidad
Ensamble	2.6	2.5	2.8	800
Acabado	1	1.3	1.5	400
Empaque	0.15	0.18	0.2	50

3. Definir la función objetivo (F.O.) en forma matemática.

$$F.O. \text{ MAX } Z = 820x_1 + 855x_2 + 890x_3$$

4. Definir las restricciones en forma de desigualdades. Incluyendo las restricciones no implícitas.

$$\left| \begin{array}{l} 2.6x_1 + 2.5x_2 + 2.8x_3 \leq 800 \\ x_1 + 1.3x_2 + 1.5x_3 \leq 400 \\ 0.15x_1 + 0.18x_2 + 0.20x_3 \leq 50 \\ x_1 ; x_2 \ \& \ x_3 \geq 0 \end{array} \right|$$

5. Convertir las desigualdades restrictivas en igualdades agregando las variables de holguras, una por cada desigualdad.

$$\left| \begin{array}{l} 2.6x_1 + 2.5x_2 + 2.8x_3 + h_1 + \quad + \quad = 800 \\ x_1 + 1.3x_2 + 1.5x_3 + \quad + h_2 + \quad = 400 \\ 0.15x_1 + 0.18x_2 + 0.20x_3 + \quad + \quad + h_3 = 50 \end{array} \right|$$

6. Igualar la función objetivo a cero (0).

$$\text{F.O. MAX } Z : - 820x_1 - 855x_2 - 890x_3 + 0h_1 + 0h_2 + 0h_3 + Z = 0$$

7. Construir el primer tablero simplex, ordenando los coeficientes y las constantes de las igualdades por renglón. En el último renglón, incluir los coeficientes de la función objetivo igual a cero.

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
2.5	2.5	2.8	1	0	0	0	800
1	1.3	1.5	0	1	0	0	400
0.15	0.18	0.2	0	0	1	0	50
-820	-855	-890	0	0	0	1	0

Para poder llevar a cabo el procedimiento se debe de trabajar con todos los decimales por lo que se recomienda trabajar con fraccionarios.

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
13/5	5/2	14/5	1	0	0	0	800
1	13/10	3/2	0	1	0	0	400
3/20	9/50	1/5	0	0	1	0	50
-820	-855	-890	0	0	0	1	0

8. Luego determinar la columna pivote (CP), se identifica con el menor valor de los elementos de la fila de la función objetivo.

		CP					
x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
13/5	5/2	14/5	1	0	0	0	800
1	13/10	3/2	0	1	0	0	400
3/20	9/50	1/5	0	0	1	0	50
-820	-855	-890	0	0	0	1	0

9. Encontrar el elemento pivote (EP) se logra, dividiendo cada uno de los valores de los elementos de la última columna, constante, entre el valor de cada elemento correspondiente de la fila (no negativo, no cero) de la columna pivote y el menor cociente positivo indicará cuál es el elemento pivote, de existir empate se toma cualquiera.

		CP					
x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
13/5	5/2	14/5	1	0	0	0	800
1	13/10	3/2	0	1	0	0	400
3/20	9/50	1/5 (EP)	0	0	1	0	50
-820	-855	-890	0	0	0	1	0

10. Convertir en uno el valor del elemento pivote, lo cual se logra multiplicando el inverso del valor de dicho número 5, por cada valor de los elementos de su fila, ordenando los resultados en la fila correspondiente del siguiente tablero, denominándose a esta nueva fila Pivote (FP).

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
3/20	9/50	1/5	0	0	1	0	50

11. Convertir en cero los valores restantes de la columna pivote, lo cual se logra multiplicando el valor del elemento a convertir en “cero” con signo cambiado, por cada valor de los elementos de la fila pivote, y al resultado parcial, sumarle los valores de los elementos correspondientes de la fila al elemento a convertir en “cero”. El nuevo resultado se ordena en la fila de acuerdo a su orden.

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
1/2	-1/50	0	1	0	-14	0	100
1/8	-1/20	0	0	1	-15/2	0	25
3/4	-9/10	1	0	0	5	0	250
-305/2	-54	0	0	0	4,450	1	222,500

12. De ser necesario, repetir los pasos del “9” al “12”, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex (fila de la F.O.) sean positivos y/o ceros. Si esto se ha logrado, entonces se tendrá el tablero que optimiza la F.O., todo tablero anterior a este, es una solución factible.

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
1	-1/25	0	2	0	-28	0	100
0	-11/200	0	1/4	1	-11	0	25
0	-93/100	1	-3/2	0	-26	0	250
0	-601/10	0	305	0	180	1	253,000

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
1	0	4/93	60/31	0	-2,500/93	0	19,000/93
0	0	11/86	5/33	1	-880/93	0	5,200/93
0	1	100/93	50/31	0	2,600/93	0	19,000/93
0	0	6,010/93	6,450/31	0	173,000/93	1	324,327,957/1,250

El tablero anterior cumple con la condición de que todos en la última fila son ceros y/o positivos

13. Al finalizar, se debe buscar el valor de 1 en cada columna donde los demás elementos de la columna sean ceros luego recorrer de izquierda a derecha para saber el valor de cada variable, dentro del tablero simplex.

x1	x2	x3	h1	h2	h3	Z	c
1	0	4/93	60/31	0	-2,500/93	0	▶ 19,000/93
0	0	11/86	5/33	1	-880/93	0	▶ 5,200/93
0	1	100/93	50/31	0	2,600/93	0	▶ 19,000/93
0	0	6,010/93	6,450/31	0	173,000/93	1	324,327,957/1,250

Variable	Valor
x1	19,000/93
x2	10,000/93
x3	0
h1	0
h2	5,200/93
h3	0
Z	324,327,957/1250

14. Comprobar las restricciones, sustituyendo las variables en las desigualdades restrictivas y en la función objetivo. Para la comprobación de la función objetivo, se deben sustituir los resultados de las variables de decisión del tablero final en la función definida al inicio. Para la comprobación de las restricciones, se deben sustituir los resultados de las variables de decisión del tablero final en las restricciones impuestas al inicio, la holgura es la diferencia entre lo utilizado y lo disponible.

$$\begin{array}{rclcl}
 2.6X_1 & + & 2.5X_2 & + & 2.8X_3 & \leq & 800 \\
 2.6 (19,000/93) & + & 2.5 (10,000/93) & + & 2.8 (0) & \leq & 800 \\
 & & & & 800 & \leq & 800
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 X_1 & + & 1.3X_2 & + & 1.5X_3 & \leq & 400 \\
 19,000/93 & + & 1.3 (10,000/93) & + & 1.5 (0) & \leq & 400 \\
 & & & & 344.10 & \leq & 400
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 0.15X_1 & + & 0.18X_2 & + & 0.20X_3 & \leq & 50 \\
 0.15 (19,000/93) & + & 0.18 (10,000/93) & + & 0.20 (0) & \leq & 50 \\
 & & & & 50 & \leq & 50
 \end{array}$$

$$\begin{array}{rclcl}
 X_1 & ; & X_2 & ; & X_3 & \geq & 0 \\
 19,000/93 & ; & 10,000/93 & ; & 0 & \geq & 0
 \end{array}$$

15. Definir la respuesta óptima, conclusión y recomendación correspondiente.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

El proceso de fabricación o modificación de materias primas lleva una serie de etapas las cuales deben de ser planificadas y coordinadas para obtener un producto terminado, dentro de este proceso interviene la participación de distintos departamentos o fases según la naturaleza del producto, sin embargo, cuando no existe una adecuada planificación de la producción difícilmente se pueden establecer los estándares necesarios en la utilización de materia prima, compras y utilización de la mano de obra para satisfacer la cantidad demandada con el fin de maximizar sus utilidades.

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación, así como, las generalidades de la empresa objeto de estudio y su situación actual referente a su sistema de planificación del proceso productivo; según información obtenida en la investigación de campo, utilizada de soporte para la elaboración del capítulo III. Con la finalidad de que esta información recabada pueda dar una respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas previamente.

2.1 Metodología de la investigación

Para que la presente investigación se pudiera llevar a cabo se utilizaron métodos y técnicas generales de investigación, los cuales se describen a continuación:

Se aplicó el método científico, que dio inicio con una interrogante y se investiga de varias fuentes para así elaborar una hipótesis donde luego se llevó a cabo la recolección de datos en el campo y que esta hipótesis fuera comprobada; abordando sus distintas fases: indagatoria la cual está relacionada al trabajo de

campo en donde se obtuvo la mayor parte de la información relacionada con la investigación, se realizaron una serie de visitas a la planta de producción donde se interactuó con operarios y encargados, la fase demostrativa es aplicada para verificar y poner a prueba aquellos datos, comprobar las hipótesis y alcanzar los objetivos definidos. Por último, la fase expositiva que se realizará en la presentación final del trabajo.

La utilización del método deductivo-inductivo tomó parte en la investigación para poder realizar inferencias con base en la información recabada, antecedentes de la empresa y los datos recolectados en el trabajo de campo; con el fin de poder examinar detenidamente cada una de sus partes y poder deducir un razonamiento de lo particular a lo general y la síntesis que integra el análisis.

En conjunto con los métodos descritos anteriormente fueron utilizadas técnicas como: la observación del proceso de producción, medición de tiempos y utilización de materia prima; para esto fue necesario verificar la cantidad de órdenes, frecuencia de utilización y almacenamiento en bodegas, así como, entrevistas no estructuradas con los operarios para conocer tiempos y detalles del proceso.

Para cumplir con las técnicas se utilizaron instrumentos como: cuestionarios y guía de observación como apoyo para la obtención de información de primera mano, no solamente de operarios sino también información de la parte administrativa para conocer de una mejor manera los productos en conjunto con bibliografía del tema.

2.2 Generalidades de la empresa

La unidad de análisis es una empresa familiar de larga trayectoria en el ámbito de la confitería que actualmente se encuentra ubicada en la zona 6 del Municipio de Mixco, del Departamento de Guatemala, comprometida a producir y distribuir dulces de alta calidad.

2.2.1 Antecedentes

La empresa productora y distribuidora de productos de confitería nació en el año 1975 como una pequeña distribuidora de productos de confitería y golosinas en sectores específicos de la ciudad capital, fue hasta 1983 que fue inscrita como productora y distribuidora, fue entonces cuando inicio con la producción de dulce pequeño y galleta waffle; el proceso de producción que se utilizaba en esa época era considerado artesanal la mayor parte del proceso era manual y la diversidad de producto era muy poca.

Con el paso de los años y como resultado de alianzas estratégicas realizadas en el mercado internacional, esta fue evolucionando, adquiriendo maquinaria que le permitió en el año 2001 introducir nuevos productos e incrementar su participación en otros mercados, sin embargo, por situaciones de rentabilidad y demanda, la empresa decidió en esta época reducir la producción de galleta waffle y enfocar sus esfuerzos en la producción de paleta y dulce pequeño; fue entonces un momento relevante para la empresa en donde mejoró su imagen y dio un enfoque distinto al negocio. Hoy en día la empresa es reconocida por la mayoría de detallistas a nivel nacional y clientes estratégicos a nivel internacional.

A pesar de su constante innovación que le ha permitido un crecimiento evolucionado y acelerado en los últimos años, el enfoque de la empresa es mejorar continuamente la calidad y originalidad de sus productos, y como empresa líder generar la mayor cantidad de rentabilidad logrando que sus productos sean reconocidos por su variedad, sabor y presentación.

2.2.2 Principal actividad productiva

Una de las principales características de la empresa y razón por la cual ha logrado competir por tantos años en el mercado, es por la diversidad de productos con que cuenta, y que en la actualidad le permite ofrecer alrededor de diez distintas líneas de producto tipo paleta y dulce pequeño, sin embargo, existen productos altamente populares, que son los mayores generadores de ingresos, su alta demanda y comercialización obligan a la empresa a producir y tener disponibilidad de sus tres productos más reconocidos cervecita, pintalabios y dulce pequeño.

La principal actividad productiva de la empresa es la producción de dulces, así como, velar por la calidad de la adquisición de su materia prima y aprovechamiento de sus recursos para el cumplimiento de sus objetivos.

2.2.3 Filosofía empresarial

La filosofía empresarial hace referencia al ambiente que se practica dentro de la misma, es una forma de guiar a los empleados en su forma de actuar en sus labores diarias, busca mostrar el camino a seguir en conjunto con la empresa. Conformada por una misión que resume todo aquello que la empresa hace a grandes rasgos, visión que indica hacia donde está orientado el desarrollo de sus actividades, valores que marcan su línea de actuación, objetivos que funcionan como guía, y por último la estructura organizacional fundamental para establecer jerarquía, autoridad y funciones.

2.2.3.1 Misión

“Somos una empresa dedicada a la producción de dulces y paletas de caramelo, comprometida a satisfacer las necesidades de nuestros grandes y pequeños consumidores. Logrando mantener la calidad y mejora continua de nuestros

productos, así como de los procesos que conllevan a su elaboración.” (Información proporcionada por la empresa)

a. Visión

“Ser la empresa líder en ventas y producción de paletas de caramelo en el mercado regional y nacional, logrando a su vez un posicionamiento significativo en la mente del consumidor, con una imagen de calidad y eficiencia; manteniendo así, políticas de mejoramiento continuo, en la capacitación y desarrollo del personal.” (Información proporcionada por la empresa)

b Valores empresariales

Los valores que se practican dentro de la empresa son los siguientes:

- **Excelencia:** proporcionar el mejor servicio al cliente garantizar la calidad de los productos desde la adquisición de la materia prima, elaboración y entrega al consumidor final.
- **Respeto:** crear credibilidad y confianza no solo dentro de la empresa sino también para sus clientes
- **Puntualidad:** respetar los tiempos de entrega ofrecido a los clientes, entrada y salida de los colaboradores.
- **Trabajo en equipo:** integración de los colaboradores y participación de apoyo en tareas.
- **Originalidad:** búsqueda de la constante innovación de productos y proceso.

2.2.3.2 Objetivos de la empresa

“Producir, comercializar y extender la distribución en todo el país de productos de calidad de dulcería y golosinas, de amplio surtido en sabores y presentaciones”.

“Cautivar a los consumidores con golosinas prácticas y gratificantes al alcance de todos los gustos, edades y presupuestos”.

“Mejorar continuamente la calidad y originalidad en los productos”.

“Obtener mejores ingresos para generar una mayor rentabilidad en nuestra empresa” (Información proporcionada por la empresa)

2.2.3.3 Estructura organizacional

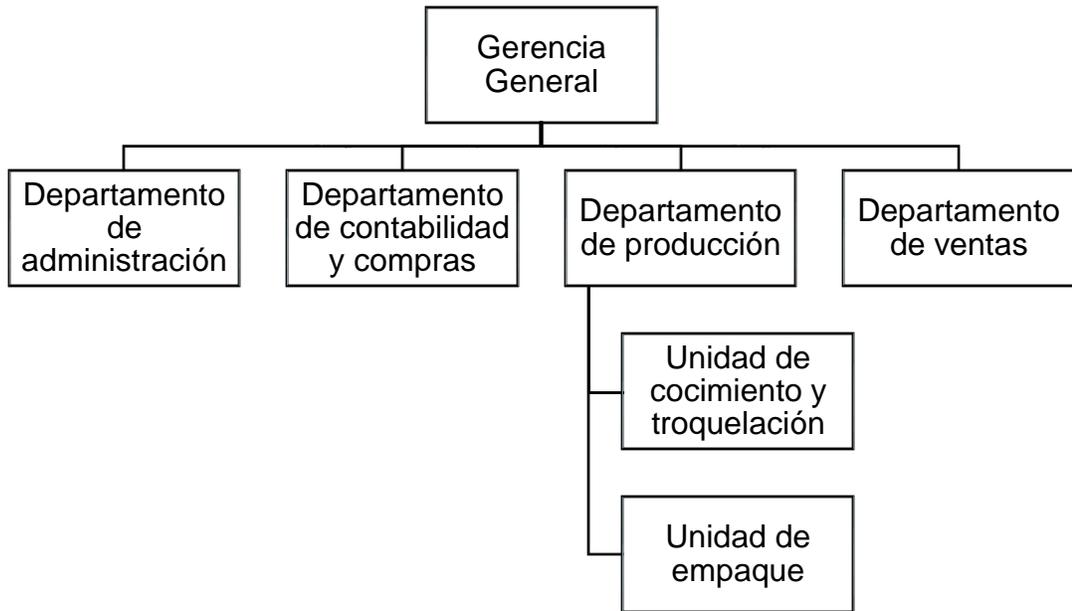
Para el adecuado funcionamiento de la empresa, se estableció una estructura de las funciones administrativas y operativas de las siguientes áreas:

- Gerencia General
- Administración
- Contabilidad y compras
- Ventas
- Producción

Todo el personal que conforma cada una de las áreas se encuentra previamente capacitado y con muchos años de experiencia.

Gráfica 1

Organigrama General de la Empresa



Fuente: Información proporcionada por la empresa. 2017

2.2.4 Proceso de producción de dulces

El proceso de producción es muy parecido entre ambos, una de sus principales diferencias es la cantidad que se produce por lote, como también las presentaciones, formas y sabores.

A continuación, se especifican las actividades necesarias para obtener un lote de producción:

- **Supervisión cocimiento:** la preparación de la mezcla se realiza en peroles con capacidad para 105 lb. de las cuales solamente son utilizadas un promedio de 75 lb. en donde se colocan los ingredientes en las cantidades necesarias para el cocimiento hasta alcanzar una temperatura de 170 grados centígrados, esto se

logra con la supervisión constante de los operarios que miden la temperatura y consistencia. Por razones de calidad y seguridad la empresa no utiliza las 30 lb. restantes, pues los peroles no pueden ser rebalsados, esto en un punto puede impedir que lleguen a su máxima ebullición y no pueda realizarse la mezcla de manera adecuada. Cada preparación es el equivalente a un lote de producción.

- **Preparación y mezcla:** después de transcurrido el tiempo de cocimiento los peroles son retirados y trasladados a planchas de enfriamiento a temperatura ambiente, en donde la mezcla se amolda en forma de rollo.
- **Troquelación:** cuidadosamente se debe verificar la temperatura y consistencia adecuada de la pasta, en este proceso se va introduciendo la pasta en las máquinas troqueladoras, al final de la línea de producción se clasifica el producto que cumple con la calidad mínima requerida, este lote clasificado es trasladado al área de envoltura.
- **Envoltura:** en esta etapa se realiza un segundo control de calidad, los productos terminados son empacadas por unidad, luego en bolsa y finalmente en fardo, para ser trasladadas al área de bodega o consumidor final.

Cada lote de producción genera una cantidad de dulces distinta, su almacenamiento y venta se realiza por fardo o bolsa de acuerdo con cada tipo de dulce. Todas las bolsas de los tres productos descritos posteriormente cuentan con 40 unidades de dulces.

2.2.4.1 Tipos de dulces

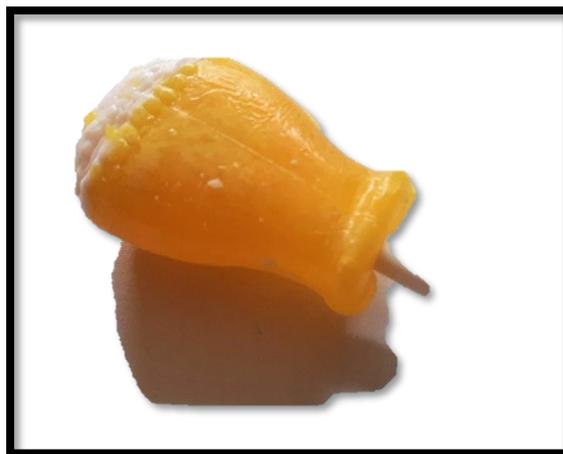
La empresa cuenta con una variedad de productos líderes en el mercado, que debido a su alto nivel de demanda son producidos con mayor frecuencia; a diferencia de aquellos otros que solo son de temporada o por pedido especial. A

continuación, se presenta una breve descripción de los productos más comercializados.

- Paleta Pintalabios: consta de tres bolas de dulce color rojo, de diferente tamaño, posee un sabor a cereza y al consumirla los labios se tornan color rojo. El lote de producción genera 3 fardos el cual contiene 22 bolsas de producto.



- Paleta Cervecita: dulce de color amarillo y blanco, con forma de un tarro de cerveza, el cual simula en la parte superior de la paleta espuma, hecha con base cítrica que permite un mejor sabor en el paladar. El lote de producción genera 3.5 fardos el cual contiene 24 bolsas de producto.



- Dulce Pequeño: producido en varios colores, lisos y combinados, el sabor varía dependiendo del color. El lote de producción genera 5.5 fardos el cual contiene 50 bolsas de producto.



2.3 Situación actual de la programación de producción

La planificación de la producción es realizada por el supervisor de la planta el cual tiene varios años de laborar en la empresa, y las decisiones son tomadas con base en su experiencia sobre la utilización y compras de la materia prima. Es la persona encargada de llevar el control de las cantidades a producir, manejar el personal de planta y notificar sobre faltantes de materiales para producir.

2.3.1 Inventario disponible de materia prima

El siguiente cuadro representa el inventario de materia prima, donde las entradas y las salidas son poco controladas.

Cuadro 1

Inventario de materia prima para la elaboración de dulces

Materia Prima	Unidad de medida	Inventario disponible al mes
Glucosa	Kg	3,230
Dioxido de titanio	Kg	62
Esencias	Kg	109
Cremer	Kg	330
Azucar	Kg	12,000
Citrico	Kg	218

Fuente: Información proporcionada por la empresa, año 2017.

2.3.2 Mano de obra

La mano de obra es contratada por mes para cada actividad, es importante que sea considerada como parte de las restricciones, debido a que se cuenta con horas establecidas por jornada de trabajo, para los 8 operarios. Para ser aplicada al método simplex se hace necesario convertir a minutos.

Cuadro 2

Minutos productivos disponibles por proceso

	Empleados	horas diarias	Días laborados	Semanas	Total de horas	Total de minutos	% tiempo asignado por tarea	Minutos disponibles
Supervisión cocimiento	3	6	5	4	360	21,600	84.49%	18,249.84
Preparación y mezcla							15.51%	3,350.16
Troquelación	5	8	5	4	800	48,000	32.0%	15,360
Envoltura							68.0%	32,640

Fuente: Elaboración propia con datos proporcionados por la empresa, año 2017.

2.3.3 Demanda

La demanda se encuentra estimada por la empresa, utilizando sus ventas históricas promediadas de la siguiente manera:

Cuadro 3
Demanda promedio en lotes, estimada por la empresa de sus productos líderes, para un período de seis meses (febrero a julio del 2017)

MES	Pintalabios	Cervecita	Dulce
FEBRERO	82	310	1,558
MARZO	70	300	2,201
ABRIL	75	350	2,365
MAYO	80	275	1,951
JUNIO	69	280	2,237
JULIO	72	376	2,885
PROMEDIO EN FARDOS	75	315	2,200
Cantidad de fardos que contiene un lote	3	3.5	5.5
TOTAL EN LOTES	25	90	400

Fuente: Información proporcionada por la empresa, año 2017.

2.4 Disponibilidad y utilización de recursos

Por medio de las técnicas y herramientas de investigación se obtuvo la siguiente información respecto a la utilización de los recursos.

Cuadro 4
Estándares de utilización de materia prima en kilogramos, para un lote

Materia Prima	Tipo de dulce		
	Pintalabios	Cervecita	Dulce
Glucosa	5.4431	5.44310	6.35000
Dioxido de titanio	0.0567	0.1417	0.1133
Esencias	0.077	0.077	0.077
Cremor	0.4536	0.4536	0.6804
Azucar	21.7724	21.7724	21.7724
Citrico	0.2268	0.6804	0.3629

Fuente: Información proporcionada por la empresa, año 2017.

Cuadro 5

Tiempo por cada actividad del proceso de elaboración de dulce en minutos,
para un lote

Proceso	Tiempo en cada proceso en minutos		
	Pintalabios	Cervecita	Dulce
Cocimiento peroles	38	45	32
Preparacion y mezcla	6	8	6
Troquelacion	31.5	31.5	27.5
Envoltura	49.5	49.5	65.0

Fuente: Información proporcionada por la empresa, año 2017.

Cuadro 6

Costo y utilidades por lote

	Pintalabios	Cervecita	Dulce
Precio de venta por lote	Q795.00	Q868.00	Q750.20
Costo por lote	Q428.00	Q459.00	Q349.20
Utilidad por lote	Q367.00	Q409.00	Q401.00

Fuente: Información proporcionada por la empresa, año 2017.

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA PROGRAMAR LA PRODUCCIÓN, EN UNA EMPRESA PRODUCTORA Y DISTRIBUIDORA DE PRODUCTOS DE CONFITERÍA, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MIXCO, DEPARTAMENTO DE GUATEMALA

3.1 Justificación

El método simplex es una herramienta que resuelve problemas de planeación y programación de operaciones; por lo que su aplicación es útil en la empresa objeto de estudio, para indicar cuánto se debe producir de acuerdo a su capacidad, optimizando su producción y maximización de sus utilidades.

3.2 Objetivos de aplicación

A continuación, se describe el objetivo general y los objetivos específicos de la aplicación de la herramienta propuesta.

a. Objetivo general:

Determinar por medio de la aplicación del método simplex la cantidad de lotes de dulces a elaborar, de cada tipo, para lograr la maximización de utilidades y aprovechamiento óptimo de sus recursos de forma mensual.

b. Objetivos específicos:

- Establecer los pasos necesarios para implementar el modelo matemático.
- Determinar la cantidad de productos a elaborar de cada tipo que brinde la máxima utilidad.
- Cumplir con las restricciones establecidas para cada una de las variables.

- Identificar las variables de holgura en la producción de dulces.
- Establecer los lineamientos básicos para que se implementen los resultados del modelo.

3.3 Problema sobre la planeación de la producción

En la empresa productora y distribuidora de productos de confitería se producen tres tipos de dulces: pintalabios, cervecitas y dulce pequeño.

Para su elaboración se requiere de las siguientes materias primas: glucosa, dióxido de titanio, esencias, crémor, azúcar y cítrico; las cuales deben ser transformadas por medio de un proceso de producción que consta de las siguientes etapas: supervisión cocimiento, preparación y mezcla, troquelación y por último envoltura, estas etapas se encuentran sujetas al número de horas por jornada laboral. La empresa con la finalidad de cumplir con los requerimientos de los clientes y contar con disponibilidad de producto, ha establecido como mínimo cierta cantidad de lotes a producir de cada tipo de dulce.

Cada producto según la empresa genera una utilidad por lote de Q367.00, Q409.00 y Q401.00 respectivamente, se desea saber ¿Qué cantidad de lotes se debe producir al mes para maximizar las utilidades y a la vez cumplir con las limitaciones? ¿Cuál es la utilidad máxima esperada?

3.4 Desarrollo del modelo matemático

Para desarrollar el modelo matemático; se debe proceder a la identificación del objetivo a alcanzar, variables y las restricciones.

3.4.1 Identificar el objetivo

Maximizar la utilidad de la fábrica de dulces

3.4.1.1 Identificación de las variables a utilizar

Pintalabios (X₁)

Cervecita (X₂)

Dulce Pequeño (X₃)

3.4.1.2 Identificar las restricciones

Materia prima

- Glucosa
- Dióxido de titanio
- Esencias
- Crémor
- Azúcar
- Cítrico

Mano de obra

- Tiempo en supervisión cocimiento
- Tiempo en preparación y mezcla
- Tiempo en troquelación
- Tiempo en envoltura

Demanda

- Demanda de Pintalabios (X₁)
- Demanda de Cervecita (X₂)
- Demanda de Dulce Pequeño (X₃)

3.5 Planteamiento matemático del problema

Para tener una mejor visión y comprensión del problema se presenta el siguiente cuadro con la información obtenida.

Cuadro 8

Planteamiento matemático del problema

Por cada lote de dulce					
Concepto de restricción	Pintalabios	Cervecita	Dulce pequeño	Disponibilidad	Forma
<u>Materia prima</u>					
Glucosa (Kg)	5.4431	5.44310	6.35000	3,230	≤
Dioxido de titanio (Kg)	0.0567	0.1417	0.1133	62	≤
Esencias(Kg)	0.077	0.077	0.077	109	≤
Cremor (Kg)	0.4536	0.4536	0.6804	330	≤
Azucar (Kg)	21.7724	21.7724	21.7724	12,000	≤
Citrico (Kg)	0.2268	0.6804	0.3629	218	≤
<u>Mano de Obra</u>					
Supervisión cocimiento (min.)	38	45	32	18,249.84	≤
Preparacion y mezcla (min.)	6	8	6	3,350.16	≤
Troquelacion (min.)	31.5	31.5	27.5	15360	≤
Envoltura (min.)	49.5	49.5	65.0	32640	≤
<u>Demanda</u>					
Pintalabios (lotes)	1	0	0	25	≥
Cervecita (lotes)	0	1	0	90	≥
Dulce Pequeño (lotes)	0	0	1	400	≥
UTILIDAD	Q367.00	Q409.00	Q401.00		

Fuente: Elaboración propia con información de los cuadros 2,3,4,5,6 y 7 de este documento, año 2017.

3.6 Solución por el método simplex

a. Definición matemática de la función objetivo, EN FORMA DE IGUALDAD

$$\text{FO: MAX } Z = 367 X_1 + 409 X_2 + 401 X_3$$

b. Definición matemática las restricciones, en forma de desigualdades o inecuaciones

- 1) $54,431/10,000 X_1 + 54,431/10,000 X_2 + 127/20 X_3 \leq 3,230$
- 2) $567/10,000 X_1 + 1,417/10,000 X_2 + 1,133/10,000 X_3 \leq 62$
- 3) $77/10,00 X_1 + 77/10,00 X_2 + 77/10,00 X_3 \leq 109$
- 4) $567/1,250 X_1 + 567/1,250 X_2 + 1,701/2,500 X_3 \leq 330$
- 5) $54,431/2,500 X_1 + 54,431/2,500 X_2 + 54,431/2,500 X_3 \leq 12,000$
- 6) $567/2,500 X_1 + 1,701/2,500 X_2 + 3,629/10,000 X_3 \leq 218$
- 7) $38 X_1 + 45 X_2 + 32 X_3 \leq 456,246/25$
- 8) $6 X_1 + 8 X_2 + 6 X_3 \leq 83,754/25$
- 9) $63/2 X_1 + 63/2 X_2 + 55/2 X_3 \leq 15,360$
- 10) $99/2 X_1 + 99/2 X_2 + 65/1 X_3 \leq 32,640$
- 11) $1 X_1 + 0 X_2 + 0 X_3 \geq 25$
- 12) $0 X_1 + 1 X_2 + 0 X_3 \geq 90$
- 13) $0 X_1 + 0 X_2 + 1 X_3 \geq 400$
- 14) $X_1 ; X_2 \& X_3 \geq 0$

Para que la aplicación del método simplex en un problema de maximización sea funcional, todos los signos deben de ser homogéneos, de la forma menor o igual (\leq), debido a que en este caso hay signos, de la forma mayor o igual \geq , se debe de multiplicar, cada restricción que no cumple, por menos uno (-1) a excepción de la restricción de la no negatividad.

$$\begin{array}{l}
 11) \quad 1 X_1 \quad + \quad 0 X_2 \quad + \quad 0 X_3 \geq 25 \quad (-1) \\
 12) \quad 0 X_1 \quad + \quad 1 X_2 \quad + \quad 0 X_3 \geq 90 \quad (-1) \\
 13) \quad 0 X_1 \quad + \quad 0 X_2 \quad + \quad 1 X_3 \geq 400 \quad (-1)
 \end{array}$$

Para obtener como resultado restricciones con el signo \leq .

$$\begin{array}{l}
 11) \quad -1 X_1 \quad - \quad 0 X_2 \quad - \quad 0 X_3 \leq -25 \quad (-1) \\
 12) \quad 0 X_1 \quad - \quad 1 X_2 \quad - \quad 0 X_3 \leq -90 \quad (-1) \\
 13) \quad 0 X_1 \quad - \quad 0 X_2 \quad - \quad 1 X_3 \leq -400 \quad (-1)
 \end{array}$$

Es importante mencionar que al momento de comprobar la solución óptima en las restricciones, se debe de tomar las inecuaciones originales.

c. Convertir las inecuaciones restrictivas en ecuaciones agregando variables de holgura

1)	$54431/10000 X_1 +$	$54431/10000 X_2 +$	$127/20 X_3 +$	H_1	= 3230
2)	$567/10000 X_1 +$	$1417/10000 X_2 +$	$1133/10000 X_3 +$	H_2	= 62
3)	$77/1000 X_1 +$	$77/1000 X_2 +$	$77/1000 X_3 +$	H_3	= 109
4)	$567/1250 X_1 +$	$567/1250 X_2 +$	$1701/2500 X_3 +$	H_4	= 330
5)	$54431/2500 X_1 +$	$54431/2500 X_2 +$	$54431/2500 X_3 +$	H_5	= 12000
6)	$567/2500 X_1 +$	$1701/2500 X_2 +$	$3629/10000 X_3 +$	H_6	= 218
7)	$38 X_1 +$	$45 X_2 +$	$32 X_3 +$	H_7	= 456246/25
8)	$6 X_1 +$	$8 X_2 +$	$6 X_3 +$	H_8	= 83754/25
9)	$63/2 X_1 +$	$63/2 X_2 +$	$55/2 X_3 +$	H_9	= 15360
10)	$99/2 X_1 +$	$99/2 X_2 +$	$65/1 X_3 +$	H_{10}	= 32640
11)	$-1 X_1 -$	$0 X_2 -$	$0 X_3 -$	H_{11}	= -25
12)	$0 X_1 -$	$1 X_2 -$	$0 X_3 -$	H_{12}	= -90
13)	$0 X_1 -$	$0 X_2 -$	$1 X_3 -$	H_{13}	= -400

d. Igualar la función objetivo a cero

$$FO: \text{MAX } Z = 367 X_1 + 409 X_2 + 401 X_3$$

$$FO: -367X_1 -409X_2 -401X_3 + 0H_1 + 0H_2 + 0H_3 + 0H_4 + 0H_5 + 0H_6 + 0H_7 + 0H_8 + 0H_9 + 0H_{10} + 0H_{11} + 0H_{12} + 0H_{13} + Z = 0$$

e. Construir el primer tablero simplex

Al momento de construir el primer tablero simplex se de ordenaron los coeficientes y las constantes de las igualdades que han sido convertidas a ecuaciones por renglones y se prosiguió agregar en el último renglón los coeficientes de la función objetivo igualada a cero.

X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	C
54431/10000	54431/10000	127/20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3230
567/10000	1417/10000	1133/10000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
77/1000	77/1000	77/1000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
567/1250	567/1250	1701/2500	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330
54431/2500	54431/2500	54431/2500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12000
567/2500	1701/2500	3629/10000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	218
38	45	32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	456246/25
6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	83754/25
63/2	63/2	55/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15360
99/2	99/2	65/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	32640
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-25
0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-90
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-400
-367	-409	-401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

f. Elegir la columna pivote (CP)

Para identificar la columna pivote se debe ubicó el menor valor de los elementos, de la fila de la función objetivo (última fila del tablero). Para el presente caso el -409.

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	C
54431/10000	54431/10000	127/20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3230
567/10000	1417/10000	1133/10000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
77/1000	77/1000	77/1000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109
567/1250	567/1250	1701/2500	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330
54431/2500	54431/2500	54431/2500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12000
567/2500	1701/2500	3629/10000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	218
38	45	32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	456246/25
6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	83754/25
63/2	63/2	55/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15360
99/2	99/2	65/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	32640
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-25
0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-90
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-400
-367	-409	-401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Columna Pivote															

g. Elegir el elemento pivote (EP)

Para determinar el elemento pivote, se divide el valor de cada uno de los elementos de la última columna, de constantes, entre el valor de cada elemento correspondiente de la columna pivote (no cero, ni negativo). El menor cociente positivo indicará cuál es el elemento pivote, de existir empate se toma a criterio.

En este caso el menor cociente, es el de la fila 6, y columna 2, con valor $1701/2500$ ($218 \div 1701/2500 = 320.998$)

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	C	E. P.
54431/10000	54431/10000	127/20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3230	593.411843
567/10000	1417/10000	1133/10000	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62	437.544107
77/1000	77/1000	77/1000	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	109	1415.58442
567/1250	567/1250	1701/2500	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	330	727.513228
54431/2500	54431/2500	54431/2500	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	12000	320.15651
567/2500	1701/2500	3629/10000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	218	320.3998
38	45	32	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	456246/25	405.552
6	8	6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	83754/25	418.77
63/2	63/2	55/2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	15360	487.619048
99/2	99/2	65/1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	32640	659.393939
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-25	CERO
0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-90	NEGATIVO
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-400	CERO
-367	-409	-401	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Columna Pivote																

h. Convertir en uno el valor del elemento pivote

Para convertir en uno (1) el elemento pivote, se debe multiplicar el inverso del valor del elemento pivote (2500/1701), por cada valor de los elementos de su fila, ubicando los resultados en la fila correspondiente, en el siguiente tablero, denominándola fila pivote (FP), así:

X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	C
567/2500	1701/2500	3629/10000	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	218

Para obtener los siguientes resultados:

X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	C
1/3	1	3629/6804	0	0	0	0	0	2500/1701	0	0	0	0	0	0	0	545000/1701

i. Convertir en cero el valor de los demás elementos de la columna pivote

Se multiplicó el valor del elemento a convertir en cero, con signo cambiado, por cada uno de los valores de los elementos de la fila pivote y a los productos se le sumó el valor de los elementos, correspondientes, de la fila en donde se ubica el valor a convertir en cero, el resultado se ordenó en el tablero siguiente en la fila que le pertenece.

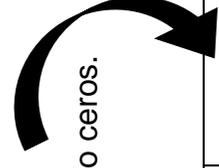
X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	H_5	H_6	H_7	H_8	H_9	H_{10}	H_{11}	H_{12}	H_{13}	C
54431/15000	0	10256443/2975596	1	0	0	0	0	-54431/6804	0	0	0	0	0	0	0	5055481/3402
71/7500	0	227853/6040241	0	1	0	0	0	-1417/6804	0	0	0	0	0	0	0	56471/3402
77/1500	0	1397/38880	0	0	1	0	0	-55/486	0	0	0	0	0	0	0	20492/243
189/625	0	6577/15000	0	0	0	1	0	-2/3	0	0	0	0	0	0	0	554/3
54431/3750	0	6912737/680400	0	0	0	0	1	-54431/1701	0	0	0	0	0	0	0	8546042/1701
1/3	1	3629/6804	0	0	0	0	0	2500/1701	0	0	0	0	0	0	0	545000/1701
23	0	6047/756	0	0	0	0	0	-12500/189	1	0	0	0	0	0	0	18105494/4725
10/3	0	2948/1701	0	0	0	0	0	-20000/1701	0	1	0	0	0	0	0	33465554/42525
21	0	2311/216	0	0	0	0	0	-1250/27	0	0	1	0	0	0	0	142220/27
33	0	58361/1512	0	0	0	0	0	-13750/189	0	0	0	1	0	0	0	3171460/189
-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-25
1/3	0	3629/6804	0	0	0	0	0	2500/1701	0	0	0	0	0	1	0	391910/1701
0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-400
-692/3	0	-1244143/6804	0	0	0	0	0	1022500/1701	0	0	0	0	0	0	0	222905000/1701

En la última fila de este tablero simplex todavía hay elementos con valores negativos, por lo que se hizo necesario repetir los pasos de los incisos f al i.

X1	X2	X3	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	C
0	0	7738726/3541923	1	0	0	0	0	54431/22356	-54431/345000	0	0	0	0	0	0	2601280311/2951047
0	0	200514/5823767	0	1	0	0	0	-28331/156492	-71/172500	0	0	0	0	0	0	55551217/3697945
0	0	36578/2023237	0	0	1	0	0	385/11178	-77/34500	0	0	0	0	0	0	655762245/8653846
0	0	114989/345000	0	0	0	1	0	14/69	-189/14375	0	0	0	0	0	0	144777268/1078125
0	0	40307335/7884884	0	0	0	0	1	54431/5589	-54431/86250	0	0	0	0	0	0	873166921/335072
0	1	32663/78246	0	0	0	0	0	95000/39123	-1/69	0	0	0	0	0	0	259058518/978075
1	0	6047/17388	0	0	0	0	0	-12500/4347	1/23	0	0	0	0	0	0	18105494/108675
0	0	49903/78246	0	0	0	0	0	-85000/39123	10/69	1	0	0	0	0	0	1482574521/6400858
0	0	16871/4968	0	0	0	0	0	8750/621	-21/23	0	1	0	0	0	0	27460018/15525
0	0	134743/4968	0	0	0	0	0	13750/621	-33/23	0	0	1	0	0	0	75158314/15525
0	0	6047/17388	0	0	0	0	0	-12500/4347	1/23	0	0	0	1	0	0	15388619/108675
0	0	32663/78246	0	0	0	0	0	95000/39123	-1/69	0	0	0	0	1	0	171031768/978075
0	0	-1/23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-400/23
0	0	-2294531/22356	0	0	0	0	0	-347500/5589	692/69	0	0	0	0	0	0	1577624881/9309

El tablero aún presenta elementos con valores negativos, por lo que no se considera la solución al modelo y debe hacerse otra reiteración.

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	C
0	0	0	1	0	0	-37839530/5772349	0	36293/32854	-38319/535309	0	0	0	0	0	0	1017697/855327
0	0	0	0	1	0	-862839/8352688	0	46455/229978	5009/5291647	0	0	0	0	0	0	1130668/982913
0	0	0	0	0	1	-288695/5322348	0	385/16427	-6237/4106750	0	0	0	0	0	0	126586465/1848166
0	0	1	0	0	0	345000/114989	0	10000/16427	-648/16427	0	0	0	0	0	0	1158218144/2874725
0	0	0	0	0	0	-152078375/9915529	1	108862/16427	-2570651/5986184	0	0	0	0	0	0	1700677716/3113035
0	1	0	0	0	0	-2910192/2323619	0	250000/114989	227/114989	0	0	0	0	0	0	399769661/4134960
1	0	0	0	0	0	-7558750/7244307	0	355000/114989	6577/114989	0	0	0	0	0	0	56574807/2135924
0	0	0	0	0	0	-2	0	-3	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-10544375/1034901	0	197500/16427	-12798/16427	0	1	0	0	0	0	1715307719/4282386
0	0	0	0	0	0	-12030625/147843	0	92500/16427	-5994/16427	0	0	1	0	0	0	1488179719/4193323
0	0	0	0	0	0	-7558750/7244307	0	355000/114989	6577/114989	0	0	0	1	0	0	3176707/2135924
0	0	0	0	0	0	-2910192/2323619	0	250000/114989	227/114989	0	0	0	0	1	0	27623261/4134960
0	0	0	0	0	0	15000/114989	0	10000/377821	-648/377821	0	0	0	0	0	1	993092/7884341
0	0	0	0	0	0	1281618461/4161943	0	5000/16427	98238/16427	0	0	0	0	0	0	209770703/995



El tablero anterior cumple con la característica de tener en la última fila solo números positivos y/o ceros.

0	0	0	0	0	0	1281618461/4161943	0	5000/16427	98238/16427	0	0	0	0	0	0	209770703/995
---	---	---	---	---	---	--------------------	---	------------	-------------	---	---	---	---	---	---	---------------

j. Dar valor a las variables de decisión

Luego de haber obtenido el tablero que da la solución óptima, se le dan valores a las variables, ubicándose en la fila de conceptos en cada una de las variables, se recorre de arriba hacia abajo a la posición del 1, luego se recorre de izquierda a derecha a la columna de constantes y ese será el valor que le corresponde.

Si en la columna, del concepto de la variable, no está compuesta por un uno (1) acompañado de ceros (0), esta variable toma el valor de cero (0).

X ₁	X ₂	X ₃	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	H ₅	H ₆	H ₇	H ₈	H ₉	H ₁₀	H ₁₁	H ₁₂	H ₁₃	C
0	0	0	1	0	0	-37839530/5772349	0	36293/32854	-38319/535309	0	0	0	0	0	0	1017697/855327
0	0	0	0	1	0	-862839/8352688	0	46455/229978	5009/5291647	0	0	0	0	0	0	1130668/982913
0	0	0	0	0	1	-288695/5322348	0	385/16427	-6237/4106750	0	0	0	0	0	0	126586465/1848166
0	0	1	0	0	0	345000/114989	0	10000/16427	-648/16427	0	0	0	0	0	0	1158218144/2874725
0	0	0	0	0	0	-152078375/9915529	1	108862/16427	-2570651/5986184	0	0	0	0	0	0	1700677716/3113035
0	1	0	0	0	0	-2910192/2323619	0	250000/114989	227/114989	0	0	0	0	0	0	399769661/4134960
1	0	0	0	0	0	-7558750/7244307	0	355000/114989	6577/114989	0	0	0	0	0	0	56574807/2135924
0	0	0	0	0	0	-2	0	-3	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	-10544375/1034901	0	197500/16427	-12798/16427	0	1	0	0	0	0	1715307719/4282386
0	0	0	0	0	0	-12030625/147843	0	92500/16427	-5994/16427	0	0	1	0	0	0	1488179719/4193323
0	0	0	0	0	0	-7558750/7244307	0	355000/114989	6577/114989	0	0	0	1	0	0	3176707/2135924
0	0	0	0	0	0	-2910192/2323619	0	250000/114989	227/114989	0	0	0	0	1	0	27623261/4134960
0	0	0	0	0	0	15000/114989	0	10000/377821	-648/377821	0	0	0	0	0	1	993092/7884341
0	0	0	0	0	0	1281618461/4161943	0	5000/16427	98238/16427	0	0	0	0	0	0	209770703/995

Variable de decisión	Tipo de producto	Cantidad de lotes
X ₁	Pintalabios	56574807/2135924 = 26.4873
X ₂	Cervecita	399769661/4134960 = 96.6804
X ₃	Dulce pequeño	1158218144/2874725 = 402.8970

k. Comprobar la función objetivo

$$\text{FO: MAX } Z = 367 X_1 + 409 X_2 + 401 X_3$$

$$210,824.8197 = 367 (26.4873) + 409 (96.6804) + 401 (402.8970)$$

$$210,824.8197 = 210,824.8197$$

I. Comprobar en las restricciones

1)	54,431/10,000	(26.4873) +	54,431/10,000	(96.6804) +	127/20	(402.8970) ≤	3,230
		144.1730 +		526.2411 +		2,558.3960 ≤	3,230
						3,228.81 ≤	3,230
2)	567/10,000	(26.4873) +	1,417/10,000	(96.6804) +	1,133/10,000	(402.8970) ≤	62
		1.5018 +		13.7042 +		45.6482 ≤	62
						60.85 ≤	62
3)	77/10,00	(26.4873) +	77/10,00	(96.6804) +	77/10,00	(402.8970) ≤	109
		2.0395 +		7.4444 +		31.0231 ≤	109
						41 ≤	109
4)	567/1,250	(26.4873) +	567/1,250	(96.6804) +	1,701/2,500	(402.8970) ≤	330
		12.0144 +		43.8535 +		274.1311 ≤	330
						330.00 ≤	330
5)	54,431/2,500	(26.4873) +	54,431/2,500	(96.6804) +	54,431/2,500	(402.8970) ≤	12,000
		576.6925 +		2,104.9659 +		8,772.0411 ≤	12,000
						11,453.699 ≤	12,000

6)	567/2,500	(26.4873) + 6.0073 +	1,701/2,500	(96.6804) + 65.7813 +	3,629/10,000	(402.8970) ≤ 146.2113 ≤ 218.00 ≤	218 218 218
7)	38	(26.4873) + 1,006.5174 +	45	(96.6804) + 4,350.6180 +	32	(402.8970) ≤ 12,892.7040 ≤ 18,249.8394 ≤	18,249.84 18,249.84 18,249.84
8)	6	(26.4873) + 158.9238 +	8	(96.6804) + 773.4432 +	6	(402.8970) ≤ 2,417.3820 ≤ 3,349.7490 ≤	3350.16 3350.16 3350.16
9)	63/2	(26.4873) + 834.35 +	63/2	(96.6804) + 3,045.4326 +	55/2	(402.8970) ≤ 11,079.6675 ≤ 14,959.4501 ≤	15,360 15,360 15,360
10)	99/2	(26.4873) + 1,311.1214 +	99/2	(96.6804) + 4,785.6798 +	65/1	(402.8970) ≤ 26,188.3050 ≤ 32,285.1062 ≤	32,640 32,640 32,640
11)	1	(26.4873) + 26.4873 +	0	(96.6804) + 0 +	0	(402.8970) ≥ 0 ≥ 26.4873 ≥	25 25 25
12)	0	(26.4873) + 0 +	1	(96.6804) + 96.6804 +	0	(402.8970) ≥ 0 ≥ 96.6804 ≥	90 90 90
13)	0	(26.4873) + 0 +	0	(96.6804) + 0 +	1	(402.8970) ≥ 402.8970 ≥ 402.8970 ≥	400 400 400
14)		26.4873 ;		96.6804 &		402.8970 ≥	0

Se comprobaron todas las restricciones y estas cumplen con el parámetro establecido, por lo tanto los valores obtenidos del modelo matemático, expresan la combinación óptima para que la función objetivo se cumpla.

3.7 Determinación de la planeación de la producción óptima

Se ha determinado, por medio del método simplex, que la utilidad máxima de la empresa productora y distribuidora de productos de confitería podría ser de Q211,185.00, si se produce un total de 527 lotes de una combinación de dulces de la siguiente forma:

Tipo de producto	Cantidad de lotes
Pintalabios	27
Cervecita	97
Dulce Pequeño	403

CONCLUSIONES

- La falta de una herramienta matemática que permita planificar la producción de dulces; y a la vez maximizar sus utilidades, no permite aprovechar, de la mejor forma posible, los recursos con los que cuenta la empresa.
- Con la aplicación de la herramienta matemática de programación lineal, por medio del método simplex, se presenta una solución a la problemática de la empresa, siendo un modelo matemático estadístico para optimizar los recursos y la forma en la que la empresa superará los problemas identificados de forma técnica, porque podrá encontrar una combinación de producción óptima que maximice sus utilidades.
- El modelo matemático permite a la empresa tener un control sobre la planeación de su producción, sin embargo, se requiere para poder optimizar su utilización un adecuado control de registros, revisiones y actualizaciones periódicas que brindarán bases suficientes para evitar que este problema vuelva a suceder en el futuro

RECOMENDACIONES

Tomando como base las conclusiones anteriores, se recomienda a la empresa llevar a cabo las siguientes acciones.

- Para que la empresa pueda aprovechar de la mejor forma posible sus recursos y maximizar sus ganancias totales, debe de planificar su producción aplicando el método simplex de manera periódica.
- Se debe aplicar el método simplex de programación lineal dentro de la empresa productora de dulces en conjunto con monitoreos constantes de los resultados obtenidos por el modelo con el fin de mejorar el alcance de los objetivos esperados en términos de eficiencia.
- Para que la herramienta de planeación de la producción funcione de forma positiva para la empresa, esta debe aplicar de ahora en adelante controles estadísticos y revisiones periódicas, las cuales deben de ser documentadas para ser utilizadas como fundamento para futuras actualizaciones en la aplicación del modelo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Durán, Guillermo. 2006. **Investigación de operaciones, modelos matemáticos y optimización**. Seminario JUNAEB-DII. Chile. Centro de Gestión de Operaciones, Departamento de Ingeniería Industrial, Universidad de Chile. 57 páginas.
2. Frederick, Hillier, y Gerald, Lieberman. 2010. **Introducción a la investigación de operaciones**. 9a. ed. México. Mc Graw - Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V. 1010 páginas.
3. García, Sabater y otros. 2012. **Modelos y métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para pensar. Documento de trabajo**. España. Grupo de Investigación ROGLE. Departamento de Organización de Empresas. 171 páginas.
4. Izar Landeta, Juan Manuel. 2012. **Investigación de operaciones**. México. Trillas. 202 páginas
5. Morgan, Rolando. 1987. **El Plan de Investigación**. Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala. Editora educativa. 31 páginas.
6. Mathur Kamlesh y Solow Daniel. 1976. **Investigación de operaciones, el arte de la toma de decisiones**. México. Prentice Hall. 976 páginas.
7. Robledo Mérida, César. 2009. **Técnicas y proceso de la investigación científica**. Guatemala, Guatemala, Litografía Impreco. 220 páginas.
8. Robert J. Thierauf y Richard A. Grosse. 2012. **Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones**. México. LIMUSA S.A., 559 páginas.

9. Sampieri, Roberto y otros. 1991. **Metodología de la investigación**. México. Mc Graw Hill - Hill Interamericana de México, S.A. de C.V. 518 páginas.
10. Taha, Hamdy. 2012. **Investigación de operaciones**. 9a ed. México. Pearson Educación, 824 páginas.

ANEXOS

ANEXO 1

Entrevista no estructurada dirigida a operarios

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

Guatemala, ___ de _____ del 20__

Guía de entrevista.

Puesto de trabajo _____ Años de laborar en la empresa _____

Horario de trabajo _____

1. ¿En qué consiste su función principal de trabajo?

2. ¿Realiza alguna tarea adicional? Si su respuesta es positiva, explique.

3. ¿Cuántos colaboradores realizan la misma actividad que ud?

4. ¿Tiene usted alguna relación con el proceso subsecuente a su actividad de trabajo? Si su respuesta es positiva, explique.

ANEXO 2

Cantidad de fardos y bolsas producidas por lotes

Unidades	Pintalabios	Cervecita	Dulce
Fardo por lote	3	3.5	5.5
Bolsa por fardo	22	24	50
Unidades por bolsa	40	40	40

ANEXO 3

Asignación de horas por proceso

La empresa estableció el porcentaje de mano de obra, según las necesidades y naturaleza del proceso.

	Empleados	horas diarias	Días laborados	Semanas	Total de horas	Total de minutos	% tiempo asignado por tarea	Minutos disponibles
Supervisión cocimiento	3	6	5	4	360	21600	84.49%	18249.84
Preparación y mezcla							15.51%	3350.16
Troquelación	5	8	5	4	800	48000	32.0%	15360
Envoltura							68.0%	32640