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

"APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS, UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL"

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

LOURDES YESENIA GIRÓN RODRIGUEZ

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, JUNIO DE 2016

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

MIEMBROS DE LA JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Lic. Luis Antonio Suárez Roldan
SECRETARIO	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
VOCAL SEGUNDO	Lic. Carlos Alberto Hernández Gálvez
VOCAL TERCERO	Lic. Juan Antonio Gómez Monterroso
VOCAL CUARTO	P.C. Marlon Geovani Aquino Abdalla
VOCAL QUINTO	P.C. Carlos Roberto Turcios Pérez

EXAMINADORES QUE PRACTICARON EL EXÁMEN DE ÁREAS PRATICAS BÁSICAS

Área Matemática – Estadística	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
Área Administración – Finanzas	Lic. Ariel Ubaldo De León Maldonado
Área Mercadotecnia – Operaciones	Lic. Vicente Freixas Pérez

JURADO QUE PRÁCTICO EL EXAMEN PRIVADO DE TESIS

PRESIDENTE:	Lic. Oscar Haroldo Quiñónez Porras
SECRETARIO:	Lic. Axel Osberto Marroquín Reyes

Guatemala, 6 noviembre 2015

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 15 de octubre del 2015, en el que se me designa asesor de tesis de la estudiante Lourdes Yesenia Girón Rodriguez, carné 200712532, con el tema **"Aplicación del modelo matemático simplex para optimizar los recursos de una empresa procesadora de verduras, ubicada en la ciudad capital"**, 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 titulo de Administrador 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, TRECE DE MAYO DE DOS MIL DIECISÉIS.

Con base en el Punto CUARTO, inciso 4.1, del Acta 07-2016 de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el 29 de abril de 2016, se conoció el Acta ADMINISTRACIÓN 007-2016 de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha 24 de febrero de 2016 y el trabajo de Tesis denominado: "APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS, UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL", que para su graduación profesional presentó la estudiante **LOURDES YESENIA GIRÓN RODRIGUEZ,** autorizándose su impresión.

Atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
SECRETARIO

LIC. LUIS ANTONIO SUÁREZ ROLDÁN
DECANO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS
DECANO

m.ch

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Infinitas gracias por darme la oportunidad de vivir y por estar conmigo en cada paso que doy, por permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio; por proveer a cada instante de mi vida lo necesario y conforme a tu santa voluntad.

A MI ABUELITA MARIA ALICIA MELENDEZ

Como una madre siempre la he visto, gracias por creer en mí, por sus sabios consejos, por su apoyo incondicional en mis estudios desde diversificado, por su amor, pero sobre todo por sus oraciones.

A MIS ABUELITOS

Bartolome, Maria Antonia, José Vicente quienes ya partieron a la presencia de nuestro creador, pero a quienes también agradezco porque han sido la raíz de mi existir. Por quererme y apoyarme siempre, esto también se los debo a ustedes.

A MI PAPÁ JOSÉ WILLAR GIRÓN

A quien debo lo que soy y lo que tengo, por los ejemplos de perseverancia y

constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante, mil gracias por todos tus esfuerzos y sacrificios de todos estos años, este título aunque no lleva tu nombre es tuyo. Gracias porque nunca me has dejado sola, siempre has estado apoyándome, dándome fuerzas y con la confianza en que lo lograríamos y hoy decimos meta cumplida.

A MI MAMÁ PATRICIA RODRIGUEZ

A quien debo lo que soy y lo que tengo, por darme la vida, quererme mucho, creer en mí y por tu incondicional apoyo perfectamente mantenido a través del tiempo. Por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba pero sobre todo por tus oraciones. Mamá gracias por darme una carrera para mi futuro, este título aunque no lleva tu nombre es tuyo porque junto a mi padre se han sacrificado.

A MIS QUERIDOS HERMANOS

David, Danilo, Elvis con todo mi cariño y amor porque ustedes han sido un pilar en mi vida para que yo pudiera lograr mis sueños. Gracias por estar conmigo y apoyarme siempre.

A MI ESPOSO GELVER CARDENAS

Por su paciencia y comprensión, prefirió sacrificar su tiempo para que yo pudiera cumplir con mi meta, gracias amorcito; por ser el pilar principal para la culminación de mi carrera, que con su apoyo constante y amor ha sido fuente de calma y consejo en todo momento.

A MIS AMADOS HIJOS

Stephany Fernanda y Gelver José por ser la motivación e inspiración de mi vida, y que la meta que hoy alcanzo, sirva de ejemplo para su futuro, porque deseo llegar a verlos llegar más alto.

A MI DEMÁS FAMILIA

A quienes agradezco por el apoyo que siempre me brindaron en el transcurso de mi carrera universitaria.

Y en especial a Juan José Girón Meléndez (QPD) quien sé que hoy está orgulloso del logro que estoy alcanzando.

A MI CASA DE ESTUDIO

Agradezco a la USAC por haberme abierto las puertas de su ceno científico para poder estudiar mi carrera y por ser parte de ella. Así mismo a mis diferentes docentes que me brindaron sus conocimientos y sabiduría.

Y muy especialmente a los distinguidos y respetables catedráticos: Lic. Oscar Haroldo Quiñonez Porras Lic. Victor Castro Sosa Lic. Otto Orellana (QPD) por haberme brindado la oportunidad de recurrir a su capacidad y conocimientos, así como también guiarme durante el desarrollo de mi carrera universitaria.

A MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO

Licda. Damaris Ramos, Licda. Glendy Barreno, Lic. Oscar Argueta, Amanda , Sandra Arenas, Luis ,Lic. Victor Gonzales, gracias por su compañerismo, amistad y apoyo moral con el cual han aportado un alto porcentaje a mis ganas de seguir adelante en mi carrera profesional.

Agradecimiento especial a Lic.Flor de Maria Gomez Xiquin por tu apoyo incondicional, por acompañarme en mis logros y fracasos, por tu paciencia y gentileza, Dios permitió que hiciéramos este trabajo juntas para aprender y conocer muchas cosas nuevas, pero lo más bello de todo esto es que él nos guardó, protegió y nos dio la sabiduría para terminar con éxito nuestras carreras.

ÍNDICE

Contenido Página

Contenido Página

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA GRAN M PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS, UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL

Contenido Página

Contenido	Página

ÍNDICE DE CUADROS

ÍNDICE DE GRÁFICAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

En el desarrollado campo de la administración empresarial existen factores importantes que en determinadas situaciones se hacen difíciles de controlar, como lo es el aprovechamiento de recursos, fundamentalmente en el eficiente desempeño de las empresas, quienes juegan un papel importante en la economía del país, y para la sociedad como fuente generadora de ingresos para las familias. En Guatemala las empresas que deseen competir a nivel nacional e internacional, deben buscar permanentemente elevar la productividad aplicando nuevos estudios y herramientas, que ayuden a obtener mejores resultados, además de producir bienes y servicios de una excelente calidad, para satisfacer y superar las expectativas de los clientes reales y potenciales. Es por ello que, en la actualidad la administración requiere el apoyo de otras disciplinas, para determinar soluciones factibles que permitan optimizar los recursos con los que cuenta la empresa.

La presente investigación, titulada “ APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS, UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL”; pretende dar a conocer un instrumento técnico que permita obtener la producción optima, minimizar los costos y contribuir al aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la organización.

El presente documento consta de tres capítulos los cuales se describen a continuación:

En el capítulo **I** se detallan los términos fundamentales a utilizar como base para respaldar la investigación, entre los que se encuentra; la investigación de operaciones, los modelos matemáticos y su clasificación, programación lineal, el modelo matemático simplex, pasos a seguir para la minimización de determinado problema, el método de la gran M; así mismo, las definiciones relativas a lo que es una empresa, procesadora, proveedores, clientes, producto, bandeja, hortalizas, verduras materia prima, mano de obra, esterilizado, corte, secado peso y empaque.

El capítulo **II** expone los antecedentes de la empresa, la misión, visión, estructura organizacional y la situación actual, tomando los datos obtenidos para implementar el modelo matemático, con el fin de poder evaluar el problema de mejor forma y darle una solución viable.

El capítulo **III** presenta la aplicación del modelo matemático simplex, con el método de la gran M, como una opción de solución factible al problema planteado por la unidad en estudio y que se desea resolver para optimizar los recursos de la empresa.

Como parte Final, se incluyen las conclusiones como resultado del análisis realizado y las respectivas recomendaciones, seguidas por la descripción de la bibliografía consultada y utilizada, posteriormente se presentan los anexos.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En este se plasman los conceptos, teorías y principios en los cuales se fundamenta la investigación a realizar. Las definiciones, elementos y términos que se detallan a continuación, permitirán una mejor comprensión y análisis de la investigación.

1.1 INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

La investigación de operaciones hace uso de los modelos matemáticos, con el objetivo de ayudar al proceso de toma de decisiones; Esta herramienta está diseñada para contribuir a resolver problemas complejos de sistemas reales, con la finalidad de mejorar su funcionamiento, teniendo en cuenta la escasez para optimizar un objetivo definido, con sus dos formas de optimización, maximización o minimización de las variables en estudio.

Elementalmente, la investigación de operaciones trata de estudiar sistemas reales de información, que utilizan las empresas, permitiendo analizar cada decisión, aprovechando al máximo las restricciones, para determinar de manera óptima la maximización o minimización, según sea necesario.

1.2 MODELOS

“Los modelos, o representaciones idealizadas, son una parte integral de la vida diaria. Entre los ejemplos más comunes pueden citarse modelos de avión, retratos, globos terráqueos y otros. De igual manera, los modelos tienen un papel importante en la ciencia y los negocios, como lo hacen patente los modelos del átomo y las graficas, los organigramas y los sistemas contables en la industria. Esos modelos son invaluables, pues extraen la esencia del material de estudio, muestran sus interrelaciones y facilitan el análisis”. (5:12)

Los modelos se fundan con dos propósitos: establecer el problema y las relaciones entre sus variables, facilitar la toma de decisiones para estudiar y analizar la situación.

“La construcción de un modelo es la esencia del proceso científico de toma de decisiones. Un modelo describe la esencia de un problema o de las relaciones por abstracción de las variables relevantes de la situación en el mundo real y las expresa en una forma simplificada para que el tomador de decisiones pueda estudiar las relaciones básicas en forma aislada. El problema reconstruido (modelo) es entonces usado para el análisis y la prueba de soluciones alternativas”. (7:11)

1.3 MODELO MATEMÁTICO

“Los modelos matemáticos también son representaciones idealizadas, pero están expresados en términos de símbolos y expresiones matemáticas”. (5:12)

“Los modelos matemáticos tienen muchas ventajas sobre una descripción verbal del problema; describe un problema en forma mucho más concisa. Está característica tiende a hacer más comprensible toda la estructura del problema y ayuda a revelar las relaciones importantes causa-efecto. En segundo lugar, indica con mayor claridad qué datos adicionales son importantes para el análisis. También facilita el manejo del problema en su totalidad y, al mismo tiempo, el estudio de sus interrelaciones”. (5:13)

Son representaciones de la realidad, que requieren datos cuantificables, así mismo, se establecen variables entre las que están: variables de resultado, variables de decisión y variables no controlables, las cuales se componen de ecuaciones y desigualdades, que representan la esencia del problema que se quiere solucionar.

1.3.1 Clasificación de los modelos matemáticos

De acuerdo con la utilidad en su campo de aplicación, los modelos matemáticos se pueden clasificar de la siguiente manera:

1.3.1.1 Según la información de entrada

Respecto a la función de origen los modelos matemáticos pueden ser:

- **Heurísticos** (del griego euriskein, hallar, inventar). Son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.
  "Resolución de problemas usando procedimientos y reglas en vez de optimización matemática". (4:368)

- **Empíricos** (del griego empíricos relativo a la experiencia). Son los que utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado.

1.3.1.2 Según el tipo de representación

Los modelos matemáticos encuentran distintas denominaciones en sus diversas aplicaciones como:

- **Cualitativos o conceptuales**: pueden usar figuras, gráficos o descripciones causales, en general para predecir si el estado del sistema irá en determinada dirección o si aumentará o disminuirá alguna magnitud.

- **Cuantitativos o numéricos**: usan números para representar aspectos del sistema y generalmente incluyen fórmulas y algoritmos matemáticos más o menos complejos, que relacionan los valores numéricos.

1.3.1.3 Según la aleatoriedad

Según su situación inicial concreta, los modelos matemáticos se clasifican en:

- “**Modelos determinísticos:** son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, en ellos se supone que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes”. (2:18)

  Identifica los procesos en los cuales un conjunto de sucesos variables produce exactamente los mismos valores cada vez que ese proceso se repite, es decir, se conoce de manera puntual el resultado, ya que no hay incertidumbre y los datos utilizados para sustentar el modelo son conocidos y determinados.

- **“Modelos probabilísticos o estocásticos:** algunos elementos no se conocen con certeza. Es decir en los modelos probabilísticos se presupone que algunas variables importantes, llamadas variables aleatorias, no tendrán valores conocidos antes que se tomen las decisiones correspondientes, y que ese desconocimiento debe ser incorporado al modelo”. (2:19)

Por tanto, en los problemas determinísticos no juegan ningún papel el azar ni la incertidumbre, mientras que los modelos probabilísticos se verifican bajo incertidumbre, de ahí la importancia de la investigación de operaciones para disponer de elementos cuantitativos, que permitan encontrar las mejores soluciones y lograr optimizar los recursos.

1.3.2 Construcción de los modelos

Desarrollar modelos cuantitativos en un ambiente de negocios es de suma importancia, ya que para lograr la solución óptima, la esencia del problema debe ser representado por términos matemáticos.

El modelo matemático se construye primeramente, por definir situaciones administrativas que conducen a las variables de decisión, además identificar y definir de manera clara y concisa los objetivos, extrayendo el primordial, el cual debe ser planteado de forma matemática así también, el de las restricciones que son condiciones o limitantes del problema.

Como guía general, el proceso de la construcción de un modelo se puede dividir en tres etapas:

1. Estudio de ambiente
2. Formulación selectiva de la situación
3. Construcción y análisis de un modelo simbólico (cuantitativo)

- “El estudio del ambiente administrativo. Con frecuencia, el problema planteado no es una abstracción apropiada de la situación real. Muchas veces el problema planteado no es más que la descripción de un síntoma. Diversos factores, como conflictos en la organización, diferencias entre las metas personales y las de la empresa y la complejidad general de la situación, pueden ser obstáculos que afectan la comprensión clara de la situación”. (2:12)

- La formulación de modelos incluye un análisis conceptual básico en el cual es necesario hacer suposiciones y simplificaciones. “Las entradas, conocidas como **variables exógenas**, están divididas en: (1) **decisiones**, variables cuyo valor está bajo el control de la persona a cargo de tomar decisiones y es determinado por ella. (2) **parámetros**, variables cuantitativas cuyos valores se determinan por medio de un proceso que requiere la recolección de los datos relevantes. Y las salidas, llamadas **variables endógenas**, se dividen en (1) **medidas de desempeño**, variables que permiten medir el grado en el cual se han alcanzado las metas, y (2) **variables de consecuencias**, las cuales proporcionan información adicional, que ayudan a entender e interpretar los resultados del modelo". (2:13)

- Construcción y análisis de un modelo simbólico (cuantitativo). "La construcción, desarrolla las ecuaciones matemáticas que relacionan entre si las variables contenidas de la formulación. La construcción del modelo puede ser menos crítica que la formulación. La razón es ésta: la formulación exige análisis, selectividad y decisiones, con respecto a relevancia y objetivos; mientras que la construcción es por lo general un proceso más técnico, que implica una traducción al lenguaje matemático y la adaptación y uso de herramientas conocidas". (2:14)

1.4 PROGRAMACIÓN LINEAL

Es una técnica matemática de solución, a problemas que requieren la definición de los valores de las variables involucradas en la decisión, para optimizar un objetivo a alcanzar dentro de un conjunto de limitaciones o restricciones, que constituyen las reglas del juego. Esta técnica permite analizar los recursos de producción para maximizar las utilidades y minimizar los costos; así mismo, la guía para la toma de decisión y darle solución a un problema administrativo que se suscite en cualquier empresa.

"La programación lineal utiliza un modelo matemático para describir el problema. El adjetivo lineal significa que todas las funciones matemáticas del modelo deben ser funciones lineales. En este caso, la palabra programación en esencia es sinónimo de planeación. Por lo tanto, la programación lineal involucra la planeación de las actividades para obtener un resultado óptimo; esto es, el resultado que mejor alcance la meta especificada, de acuerdo con el modelo matemático, entre todas las alternativas factibles". (5:25)

1.4.1 Método gráfico

"El fin que se busca con el método gráfico es dar un conocimiento intuitivo de los conceptos que se usan en el método simplex. El procedimiento general que se sigue es el de convertir una situación descriptiva en la forma de un problema de programación lineal decidiendo que representa todas las variables, las constantes, la función objetivo y las limitaciones en una situación determinada. El problema se presenta luego en forma gráfica y se interpreta". (3:154)

El método gráfico es también conocido como método geométrico y es aplicable a problemas de programación lineal, donde únicamente intervienen dos variables, con este método se busca maximizar o minimizar una función objetivo sujeta a ciertas restricciones lineales.

1.4.2 Método simplex

El método simplex implica un procedimiento en forma algebraica, que permite repetidamente mejorar una solución básica hasta encontrar un programa óptimo. Este método es factible para la solución de problemas de programación lineal que tienen más de dos variables de decisión.

El método simplex respecto a otros métodos es más complejo en cuanto a sistemas reales, permite ir mejorando la solución en cada paso, con tres o más variables de decisión, hasta encontrar la solución óptima. El proceso concluye cuando no es posible mejorar dicha solución, partiendo del valor de la función objetivo se puede maximizar o minimizar.

1.4.2.1 Maximizar

La maximización es un procedimiento algebraico que se utiliza para obtener una combinación óptima de las variables de decisión, con el fin de optimizar la función objetivo, como ejemplo, el rendimiento de utilidades.

Es el procedimiento donde los factores, variables de decisión y restricciones, dan la óptima solución con una simple característica 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 "≤", 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.

Cuando el signo no es homogéneo para todos los requerimientos, es necesario homogenizar la desigualdad con signo diferente, multiplicándola por (-1).

1.4.2.2 Minimizar

Es la minimización de la función objetivo que se obtiene por medio de un procedimiento algebraico, el cual llega a una combinación óptima, como ejemplo, minimizar costos de producción.

Procedimiento donde los factores, variables de decisión y restricciones dan la óptima solución con una simple característica 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 "≥", 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 igual a los requerimientos establecidos, para cumplir con la función de minimizar lo asignado. Cuando el signo no es homogéneo para todos los requerimientos, es necesario homogenizar la desigualdad con signo diferente, multiplicándola por (-1).

1.4.2.2.1 Pasos para minimización del método simplex

Este método se utiliza cuando existe algo que desfavorece a la empresa, toda variable negativa para la empresa, como errores, tiempo, costos, pérdidas, se debe minimizar. A continuación se describen los pasos para su aplicación:

Paso 1. Identificar los datos

Los datos se obtienen de la información y son útiles en la definición del problema, que permiten ser estudiados y analizados para poder determinar el método adecuado a implementar, que son fundamentales para determinar la solución.

a) Objetivo

Es lo que se pretende lograr con la aplicación del modelo matemático, según sea el caso puede ser maximización o minimización, utilizando variables de decisión como limitantes. “El objetivo global de un problema de decisión expresado en una forma matemática en términos de los datos y de las variables de decisión”. (6:5) Para las variables puede ser una Maximización o Minimización se utiliza “Z”.

b) Variables de decisión

“Una cantidad cuyo valor se puede controlar y es necesario determinar para solucionar un problema de decisión”. (6:5) Las variables son asignaciones con características distintivas que se forman para diferenciar un elemento de otro en estudio, cuyo valor se puede establecer. Estas variables de decisión también se denominan variables controlables, porque se tiene cierto control sobre sus valores y son de mucha utilidad para darle solución al problema. Para las variables de decisión se utiliza la expresión X_1: X_2: X_3…X_n.

c) Restricciones

Es “una limitación sobre los valores de variables en un modelo matemático típicamente impuestos por condiciones externas”. (6:5)

Las limitaciones o mejor conocidas como restricciones, representan los límites del escenario de la situación planteada, y son los valores de las variables asignadas en un modelo matemático, que deben cumplir con requerimientos que la empresa asigna para obtener su valor.

d) Disponibilidad: son parámetros que indica lo que la empresa tiene asignado en cuanto a materia prima, mano de obra, empaque, etc., por lo tanto la forma del signo es ≥.

Paso 2. Plantear el problema

Es identificar y describir en términos precisos las deficiencias, efectos y consecuencias que la empresa enfrenta, para tener una visión de la situación actual. No puede haber solución, si no se tiene claro el problema que enfrenta la organización.

“La forma tabular del método simplex registra solo la información esencial, a saber: 1) los coeficientes de las variables, 2) las constantes del lado derecho de la ecuación y 3) la variable básica que aparece en cada ecuación. Esta forma evita tener que escribir los símbolos de las variables en cada ecuación, pero es más importante el hecho de que permite hacer hincapié en los números que se usan en los cálculos aritméticos y registrarlos en forma muy compacta”. (5:117)

La solución de programas lineales mediante el método simplex implica la realización de gran cantidad de cálculos, sobre todo cuando el número de variables y/o restricciones es relativamente elevado, sin embargo, estos cálculos pueden realizarse de modo sistemático, utilizando una forma tabular, como el ejemplo que se presenta a continuación:

Concepto de restricción	Por cada libra d mermelada etiqueta color			Disponibilidad	Forma del signo ≤ o ≥
	Roja (X_1)	Verde (X_2)	Amarilla(X_3)		
Peras	½	1/3	0	10,000	≥
Duraznos	½	1/3	1/2	12,000	≥
Manzanas	0	1/3	1/2	8,000	≥
Z	4	5	6		

Dónde:

FO **=** Siglas de función objetivo.

Z **=** Objetivo a alcanzar.

X **=** Variables de decisión

Paso 3. Definir la función objetivo en forma matemática

La función objetivo (FO), es una relación entre variables de decisión y un objetivo único estimado, es decir, una expresión matemática dada como una función lineal que se va minimizar, expresada de la siguiente forma:

FO: Maximizar o Minimizar $\mathbf{Z = X_1 + X_2 + X_n}$

FO: Min Z = $4X_1 + 5X_2 + 6X_3$

Paso 4. Definir las restricciones en forma de desigualdad

Los requerimientos son cantidades numéricas conocidas como restricciones en valores, es decir, son las limitaciones que se deben cumplir con ciertas variables para su buen funcionamiento y se formulan dentro del planteamiento del problema, en su caso pueden ser mayores o iguales que (≥) o menores o iguales que (≤), según sea necesario. Para todos los requerimientos el signo debe ser homogéneo, por tanto, para una maximización el signo a utilizar es (≤) y para una minimización es (≥). Ejemplo: restricción expresada en forma matemática: $X_1 + X_2 + X_3 \leq C_1$

Si el signo de las restricciones no fuera homogéneo se procede a realizar lo siguiente: Toda la restricción debe multiplicarse por (-1). Con respecto al ejemplo anterior: $X_1 + X_2 + X_3 \leq C_1$ (-1) Entonces: $-X_1 - X_2 - X_3 \geq -C_1$

La multiplicación da como resultado una restricción negativa, en el momento de comprobar los resultados es necesario tomar la restricción matemática en su forma original. Luego de plantear el problema se procede a establecer las restricciones en forma de desigualdad, para darle solución al modelo matemático simplex.

1)	$1/2\ X_1 + 1/3\ X_2$	≥	10,000
2)	$1/2\ X_1 + 1/3 X_2 + 1/2\ X_3$	≥	12,000
3)	$1/3 X_2 + 1/2\ X_3$	≥	8,000
4)	X_1; X_2 & X_3	≥	0

Paso 5. Formar la matriz inicial

Se forma con los coeficientes y las constantes de las desigualdades y en el último renglón se incluye los coeficientes de la función objetivo, lo cual se describe a continuación:

Matriz inicial

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1/2 & 1/3 & 0 & 10,000 \\ 1/2 & 1/3 & 1/2 & 12,000 \\ 0 & 1/3 & 1/2 & 8,000 \\ \hline 4 & 5 & 6 & 0 \end{array}\right)$$

Paso 6. Transpuesta de la matriz inicial

Es la matriz que se obtiene cambiando ordenadamente las filas por las columnas de la matriz a utilizar. La cual se describe de la siguiente manera:

Matriz transpuesta:

$$\left(\begin{array}{ccc|c} 1/2 & 1/2 & 0 & 4 \\ 1/3 & 1/3 & 1/3 & 5 \\ 0 & 1/2 & 1/2 & 6 \\ \hline 10,000 & 12,000 & 8,000 & 0 \end{array}\right)$$

Paso 7. Construir el primer tablero simplex

El primer tablero simplex se construye con los valores de los elementos de la matriz transpuesta y se inserta una matriz identidad entre la penúltima y última columna; además, se cambia de signo a los coeficientes del último renglón, como se detalla a continuación:

R_1	R_2	R_3	X_1	X_2	X_3	Z
A_{11}	A_{21}	A_{31}	1	0	0	P_1
A_{12}	A_{22}	A_{32}	0	1	0	P_2
A_{13}	A_{23}	A_{33}	0	0	1	P_3
$-C_1$	$-C_2$	$-C_3$	0	0	0	0

Dónde:

X_n = Variables de decisión
A = Coeficiente de las igualdades
C = Constante o valor del lado derecho de la desigualdad
P = Indicadores de la función objetivo
R = Restricciones

Primer tablero simplex

R_1	R_2	R_3	X_1	X_2	X_3	Z	
½	1/2	0	1	0	0	4	**(2)**
1/3	1/3	1/3	0	1	0	5	
0	1/2	½	0	0	1	6	
-10,000	-12,000	-8,000	0	0	0	0	

(EP) **(CP)**

Paso 8. Determinar columna pivote (CP)

Para identificar la columna pivote se debe localizar el elemento de menor valor, ubicado en la fila de la función objetivo, si existe empate con otra u otras columnas, se toma cualquier columna, se ejemplifica en el primer tablero.

Paso 9. Encontrar elemento pivote (EP)

Para encontrar el elemento pivote se divide cada uno de los valores de la columna de constante (C), entre los valores correspondientes de la columna pivote, considerando que no se pueden tomar los valores negativos, ni cero, el elemento pivote es el menor cociente positivo, de existir empate se toma cualquiera

(4 ÷ 1/2 **=** 8**) * Menor cociente positivo**
(5 ÷ 1/3 **=** 15**)**
(6 ÷ 1/2 **=** 12**)**

"Identificada la columna pivote como la asociada con la variable de entrada y el renglón pivote como el renglón asociado con la variable de salida. La intersección de la columna pivote y el renglón pivote define el elemento pivote". (9:77) Como se ilustra en el primer tablero.

Paso 10. Convertir en uno el elemento pivote y en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote

Se convierte en uno el elemento pivote, multiplicando el inverso del valor de este, por cada valor de los elementos de su fila, ordenando los resultados en una nueva fila del siguiente tablero, denominándosele fila pivote (FP).

Se logra convertir en cero los restantes valores de los elementos de la columna pivote, 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 y el nuevo resultado se ordena en la fila de acuerdo con su orden; como lo muestra el siguiente tablero simplex.

Segundo tablero

	R_1	R_2	R_3	X_1	X_2	X_3	Z	
FP	**1**	**1**	**0**	**2**	**0**	**0**	**8**	**(-1/3)(1/2)(12,000)**
	0	**0**	1/3	-2/3	1	0	7/3	
	-1/2	**0**	1/2	-1	0	1	2	**(2)**
	2,000	**0**	-8,000	24,000	0	0	96,000	
		EP	**CP**					

Es cero

(7/3 ÷ 1/3 **=** 7**)**

(2 ÷ 1/2 **=** 4**)* Menor cociente positivo**

Si en los valores del último renglón aún se encuentran elementos negativos, es necesario repetir los pasos del 8 al 10, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex (fila de la FO), sean positivos o ceros. Si esto se logra, entonces se obtiene el tablero que optimiza la función objetivo, todo tablero anterior a este, es una solución factible.

Tercer tablero simplex

	R_1	R_2	R_3	X_1	X_2	X_3	Z	
	1	1	0	2	0	0	8	
EP	1/3	0	0	0	1	-2/3	3	**(3)**
FP	**-1**	**0**	**1**	**-2**	**0**	**2**	**4**	**(-1/3)(8,000)**
	-6,000	0	0	8,000	0	16,000	128,000	
	CP							

(8 ÷ 1 **=** 8**)**

(1 ÷ 1/3 **=** 3**)* Menor cociente positivo**

Es negativo

Cuarto tablero simplex

	R_1	R_2	R_3	X_1	X_2	X_3	Z	
	0	1	0	2	-3	2	5	
FP	**1**	**0**	**0**	**0**	**3**	**-2**	3	**(-1)(1)(6,000)**
	0	0	1	-2	3	0	7	
	0	0	0	8,000	18,000	4,000	146,000	

Paso 11. Valor de las variables en estudio

El valor para cada variable de decisión se localiza en el último renglón, en el lugar que ocupaba la matriz identidad, en forma correlativa y el valor de Z en el último renglón y última columna.

X_1	**=**	**8,000**	**X_3**	**=**	**4,000**
X_2	**=**	**18,000**	**Z**	**=**	**146,000**

Paso 12. Comprobación de la función objetivo

Consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de X_n de la solución óptima de esta manera se realiza la comprobación de la función objetivo.

FO: Min Z = $4x_1 + 5X_2 + 6X_3$

FO: Min Z = 4**(8,000)** + 5 **(18,000)** + 6 **(4,000)**

FO: Min Z = 32,000 + 90,000 + 24,000

FO: Min Z = 146,000

Paso 13. Comprobar restricciones

Es necesario comprobar las restricciones para verificar si cumplen con las condiciones, la comprobación de las desigualdades o restricciones consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.

1) $1/2\ X_1 + 1/3\ X_2 \geq 10,000$

1/2 **(8,000)** +1/3 **(18,000)** ≥ 10,000

4,000 + 6,000 ≥ 10,000

10,000 ≥ 10,000

Si cumple

2) $1/2\ X_1 + 1/3X_2 + 1/2\ X_3 \geq 12,000$

1/2**(8,000)** + 1/3**(18,000)** + 1/2**(4,000)** ≥ 12,000

	$4{,}000 + 6{,}000 + 2{,}000$	≥	$12{,}000$
	12,000	**≥**	**12,000**

Si cumple

3)	$1/3X_2 + 1/2\ X_3$	≥	8,000
	1/3**(18,000)** + 1/2 **(4,000)**	≥	8,000
	6,000 + 2,000	≥	8,000
	8,000	**≥**	**8,000**

Si cumple

4)	X_1; X_2 & X_3	≥	0
	8,000; 18,000 & 4,000	≥	0

Si cumple

Paso 14. Conclusión

Formulado el modelo matemático, se procede a dar respuesta al problema establecido, es decir, obtener valores numéricos para las variables de decisión. La base cuantitativa, a través de los cálculos respectivos, permitirá visualizar las modificaciones que deban ser realizadas para lograr un cambio eficaz en la empresa en estudio. Los resultados del modelo matemático, en combinación con la experiencia y conocimiento del administrador, permiten planear, organizar, dirigir y controlar las actividades de la empresa.

Respuesta del ejemplo: Para minimizar los costos de producción hasta en Q146, 000.00, se recomienda producir 8,000 libras de mermelada con etiqueta color rojo, 18,000 libras de mermelada con etiqueta color verde y 4,000 libras de mermelada con etiqueta de color amarillo.

1.4.2.3 No negatividad de las variables

En la mayoría de los problemas de la vida real, las variables representan cantidades físicas, estas no deben ser negativas, ya que no es posible que exista el signo negativo en cantidades reales.

1.4.2.4 Solución básica factible

Una solución básica factible (SBF) es el valor que cumple con todas las restricciones, que se forman en el planteamiento del problema, para encontrar el más favorable.

"Una solución óptima es una solución factible que proporciona el valor más favorable de la función objetivo. El valor más favorable significa el valor más grande si la función objetivo debe maximizarse, o el valor más pequeño si la función objetivo debe minimizarse". (5:35)

Para la aplicación del método simplex "La solución BF es óptima si y solo si todos los coeficientes del renglón 0 son no negativos (≥0). Si es así, el proceso se detiene; de otra manera, sigue a una iteración para obtener la siguiente solución BF, que incluye cambiar una variable no básica en básica y viceversa y después despejar la nueva solución". (5:118)

En la aplicación del modelo matemático simplex con el método de la M, lo que va a determinar el final del proceso, es que en la última fila todos los valores sean negativos o ceros. Por tanto, si en los elementos del último renglón no existe ningún coeficiente positivo, significa que se ha alcanzado la combinación óptima.

1.4.3 Método de la gran M

Así mismo, se puede obtener una solución factible a través del método de la gran M, "Hasta ahora se ha presentado los detalles del método simplex bajo el supuesto de que el problema se encuentra en forma estándar (minimizar Z sujeta a restricciones funcionales de la forma ≥ y restricciones de no negatividad sobre todas las variables). En esta sección se establecerá cómo hacer los ajustes requeridos a otras formas legítimas de modelos de programación lineal. Se verá que estos ajustes se pueden hacer en el paso inicial y el resto del método simplex se aplica". (5:124)

"El método de la M empieza con la PL en la forma estándar. Para cualquier ecuación que no tiene una holgura, se aumenta una variable artificial R_i. Entonces esta variable se convierte en parte de la solución básica inicial. Sin embargo, debido a que las artificiales son ajenas al modelo de programación lineal, se les asigna una penalidad en la función objetivo, para obligarlas a un nivel cero en una iteración posterior del algoritmo simplex.

Debido a que M es un valor positivo suficientemente grande, la variable R se penaliza en la función objetivo, utilizando -MR en el caso de una maximización y + MR en el caso de una minimización. Debido a esta penalidad, la naturaleza del proceso de optimización lógicamente tratará de impulsar R al nivel cero durante el curso de las iteraciones simplex". (9:86)

1.4.3.1 Variable artificial

Una variable artificial es un ajuste matemático para convertir inecuaciones mayores o iguales que (≥) en ecuaciones, o cuando aparecen igualdades en el problema original, la característica principal de esta variable es que no debe formar parte de la solución, dado que no representa recursos. El objetivo fundamental de esta variable es la formación de la matriz identidad.

Esta variable se representa por la letra "A", siempre se suma a las restricciones, su coeficiente es M (donde M significa un número demasiado grande, muy poco atractivo para la función objetivo), y el signo en la función objetivo en problemas de maximización su signo es (-) y en problemas de minimización su signo es (+).

1.4.3.2 Variable de holgura

Esta variable se representa por la letra “H”, tiene coeficiente cero en la función objetivo y se suma si la restricción es de signo menor o igual que (≤), para convertir la restricción en una igualad. El valor de esta variable comúnmente puede interpretarse como la cantidad de recurso no utilizado con relación a un máximo disponible (parte ociosa de los recursos).

1.4.3.3 Variable de excedente

Variable restada del lado izquierdo de una restricción de signo mayor o igual que (≥), para convertir dicha restricción en una igualdad. Generalmente el valor de esta variable puede interpretarse como la cantidad por encima de algún nivel mínimo requerido y debe cumplir con la restricción de no negatividad. La variable de excedente está representada por la letra “E”.

1.4.3.4 Procedimiento de la minimización con el método de la gran M

Una manera directa de minimizar Z con el método simplex es cambiar los roles de los coeficientes negativos y positivos en el renglón de la función objetivo. A continuación se detalla la forma de emplear el método de la gran M para el caso de minimización:

Paso 1. Identificar los datos

Los datos se obtienen de la información y son útiles en la definición del problema, que permiten ser estudiados y analizados para poder establecer el método adecuado a implementar, que son fundamentales para determinar la solución.

a) Objetivo

Es lo que se pretende lograr con la aplicación del modelo matemático, utilizando variables de decisión como limitantes.

b) Variables de decisión

Las variables de decisión son incógnitas que deben ser determinadas a partir de la solución del modelo. Los parámetros representan los valores conocidos del sistema o que se pueden controlar. Se definen las variables de decisión con precisión utilizando nombres descriptivos y números reales mayores o iguales a cero.

c) Restricciones

Son los requerimientos necesarios para la formulación del modelo matemático, ya que son limitaciones que existen dentro de la empresa y que deben ser aprovechadas al máximo.

Cuando se buscan los valores de las variables de decisión que minimizan el valor de la función objetivo, se está sujeto a varias limitaciones, requerimientos o relaciones incontrolables, que reflejan el hecho de que los recursos están limitados, por lo que estas necesidades se expresan como ecuaciones lineales y/o inecuaciones.

Las restricciones se deberán comprobar en forma matemática, con las respuestas que el modelo proporcione, si cumple con cada una, se dice que la combinación es óptima y cumplió con la función objetivo.

Paso 2. Plantear el problema

Identifica tres aspectos importantes:

- descripción de la meta u objetivo de estudio
- identificar alternativas de decisión
- reconocer limitaciones, restricciones y requisitos del sistema

El modelo deberá especificar expresiones cuantitativas para el objetivo y las restricciones del problema en función de sus variables de decisión. En las columnas aparecen todas las variables del problema y, en las filas, los coeficientes de las igualdades obtenidas, una fila para cada restricción y la última fila con los coeficientes de la función objetivo.

Paso 3. Definir la función objetivo en forma matemática

Es una relación matemática entre las variables de decisión, parámetros y una magnitud que representa el objetivo o producto del sistema. Es la medición de la efectividad del modelo formulado en función de las variables. Determina lo que se va a optimizar.

Paso 4. Definir las restricciones en forma de desigualdad

Las restricciones son relaciones entre las variables de decisión y los recursos disponibles. Los requerimientos del modelo limitan al valor de las variables de decisión.

Una desigualdad es cualquier expresión en la que se utilice alguno de los siguientes signos: Menor que (**<**), mayor que (**>**), igual que (**=**), menor o igual que (**≤**), mayor o igual que (**≥**)

Paso 5. Convertir en igualdades las desigualdades

El enfoque estándar que se utiliza cuando es difícil identificar una solución inicial básica factible, es la técnica de variables artificiales; la cual construye un

problema artificial más conveniente introduciendo una variable ficticia, llamada variable artificial, en cada restricción que lo requiera. Esta nueva variable se introduce solo con el fin de que sea la variable básica inicial para esa ecuación.
Las restricciones usuales de no negatividad también se aplican sobre estas variables y la función objetivo se modifica para que imponga una penalización enorme en el caso de que adquieran valores mayores que cero. Las iteraciones del método simplex automáticamente fuerzan a las variables artificiales a desaparecer, a volverse cero, una a una, hasta que todas quedan fuera de la solución; después de esto se resuelve el problema real. Para aplicar la técnica de las variables artificiales, se debe tener en cuenta:

Primero la presencia de una restricción en forma de igualdad, a la cual se le aplica la técnica introduciendo una variable artificial, no negativa, denotada por A_1 en la ecuación. Una restricción de la forma mayor o igual que (≥), se convierte a su forma de igualdad restando una variable de excedente y sumando una variable artificial. Y una restricción de la forma menor o igual que (≤), se convierte a su forma de igualdad sumando una variable de holgura.

Paso 6. Penalización en la función objetivo

Para el caso de minimización con el método de la gran M, se penaliza a la variable artificial, haciéndola aparecer en la función objetivo con un coeficiente de +M. Donde M simbólicamente representa un número positivo muy grande. Este método fuerza a A_1 hasta el nivel de cero en la solución óptima.

Paso 7. Construir el primer tablero simplex

El primer tablero simplex se construye con el valor de los coeficientes, después de aumentar el problema artificial, es decir pasarlo a su forma de igualdad.

Paso 8. Determinar columna pivote (CP)

Para escoger la variable de decisión que entra en la base, se identifica la variable con el coeficiente positivo de menor valor absoluto, si existen dos o más coeficientes iguales que cumplan la condición anterior, entonces se elige uno cualquiera de ellos. La columna de la variable que entra en la base se llama columna pivote.

Paso 9. Encontrar elemento pivote (EP)

Para localizar el elemento pivote se divide cada término de la última columna, entre el término correspondiente de la columna pivote, siempre que estos últimos sean mayores que cero. Si algún elemento es menor o igual que cero no se hace dicho cociente. El término de la columna pivote que en la división anterior de lugar al menor cociente positivo, indica el elemento pivote.

Si al calcular los cocientes, dos o más son iguales, demuestra que cualquiera de las variables correspondientes puede salir de la base.

Paso 10. Convertir en uno el elemento pivote y en cero los restantes valores de la columna pivote

Se logra convertir en uno el elemento pivote multiplicando el inverso del valor del elemento pivote, por cada valor de los coeficientes de la fila pivote, ordenando los resultados en una nueva fila del siguiente tablero.

Los nuevos coeficientes se obtienen, multiplicando el valor del elemento a convertir en cero con el signo cambiado, por cada valor de los coeficientes de la fila pivote y al resultado parcial sumarle los valores de los elementos correspondientes de la fila y el nuevo resultado se ordena en la fila de acuerdo con su orden.

Paso 11. Valor de las variables en estudio

El valor para cada variable de decisión se localiza en el último renglón, en el lugar de las constantes, y el valor de Z en el último renglón y última columna.

Paso 14. Comprobación de la función objetivo

Consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de X_n de la solución óptima de esta manera se realiza la comprobación de la función objetivo.

Paso 15. Comprobar restricciones

Es necesario comprobar las restricciones para verificar si cumplen con las condiciones, la comprobación de las desigualdades o restricciones consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de la solución óptima.

Paso 16. Conclusión

Es la interpretación de los resultados concretos que se obtuvieron en la solución óptima.

Es el resultado final, que se toma una vez que se ha analizado la aplicación del modelo matemático, y que lleva muchas veces, a tomar una decisión.

1.5 EMPRESA

Es una institución o agente económico que se organiza dentro de una sociedad, que a su vez interactúa con ella, esta se integra por el recurso humano, material, financiero y tecnológico, que en conjunto trabajan para la creación de bienes y servicios tangibles e intangibles, que satisfacen las necesidades de la sociedad, los cuales son intercambiados por un valor monetario.

"Empresa es la unidad económico-social en la que el capital, el trabajo y la dirección se coordinan, para realizar una producción socialmente útil de acuerdo con las exigencias del bien común". (1:6)

1.5.1 Empresa procesadora

El giro del negocio es básicamente la transformación de alimentos de su estado natural, a un producto listo para ser cocinado.

1.6 PROVEEDOR

El término proveedor distingue a toda empresa o persona que pone a disposición de otra, un determinado producto y/o servicio. De acuerdo con este concepto, el proveedor puede ser el productor de bienes, los cuales deben satisfacer especificaciones de calidad y requisitos fijados por el cliente.

1.7 CLIENTE

Es la persona o empresa que adquiere o compra, de forma voluntaria, productos o servicios que necesita o desea para sí mismo, para otra persona o para una empresa u organización; por lo cual, es el motivo principal por el que se crean, producen, fabrican y comercializan productos y servicios.

1.8 PRODUCTO

Se puede considerar un producto como el conjunto de caracteres (empaque, color, precio, calidad, marca, tamaño) los cuales son apreciados por sus compradores que satisfacen necesidades o deseos. "Debe distinguirse entre dos tipos de productos. Uno de ellos es un **producto estable**, que conservará sus ventas en forma indefinida, por lo que no hay una fecha establecida para agotar el inventario. El otro tipo, por el contrario, es un **producto perecedero**, que se puede tener en inventario solo un periodo limitado antes de que no se pueda vender; la longitud de este periodo puede ser un día, una semana, un mes o incluso varios meses". (5:875)

1.9 BANDEJA

Es un empaque sostenible que ofrece protección, imagen de marca; tiene como propósito maximizar el espacio, tanto en el transporte como en tienda y reducir el riesgo de que se ocasionen daños en las verduras.

1.10 HORTALIZAS

Las hortalizas son aquellos vegetales y demás plantaciones comestibles, que se cultivan generalmente en huertas y que mayormente se consume como alimento, ya sea de manera cruda o cocida.

El término hortaliza es más amplio que el de verdura, y se refiere a las hojas, raíces comestibles como la zanahoria o el rábano, tallos comestibles como las papas o yuca, frutos como la berenjena o el tomate, semillas, bulbos, inflorescencias de vegetales, excluyen a las frutas y a los cereales.

1.11 VERDURAS

Es la parte verde de las hortalizas. Son aquellas plantas comestibles cuyas hojas tienen color verde, así por ejemplo, el apio, se come el tallo y las hojas; la lechuga, la acelga, los espárragos y otras partes de las plantas de color verde que no son tallos, ni hojas, ni inflorescencias, como los guisantes o arvejas, habas tiernas, que son semillas de las legumbres cuando están verdes.

1.12 MATERIA PRIMA

Es cada una de las materias que utiliza la empresa para la conversión de productos elaborados. Generalmente, son extraídas de la naturaleza, sometiéndolas luego a un proceso de transformación, que desembocará en la elaboración de bienes de consumo.

1.13 MANO DE OBRA

Es el costo que muestra el trabajo de un obrero, por ejemplo; se clasifica en mano de obra directa (es la que ejecutan los trabajadores y operarios de una empresa) y mano de obra indirecta (es aquella que se consume en las areas administrativas de una compañía y que le sirve de apoyo a la producción y a la comercialización).

1.14 ESTERILIZADO

Consiste en destruir los microorganismos (bacterias, levaduras y mohos), para que el alimento no se deteriore durante el almacenaje y pueda ser consumido sin riesgo durante un cierto periodo.

La materia prima tiene que ser procesada lo antes posible (entre cuatro y cuarenta y ocho horas después de su adquisición) de manera de evitar el deterioro.

El lavado es la operación que constituye el punto de partida del proceso de producción y consiste en eliminar la suciedad que las hortalizas y verduras trae consigo, el agua que se utiliza se potabiliza mediante la adición de hipoclorito de sodio, evitando así, complicaciones derivadas de la contaminación que la materia prima pueda contener.

Ya limpia la materia prima, se procede a la selección, es decir, a separar la verdura que realmente se utilizara en el proceso, de la que presenta algún defecto (en cuanto a madurez, color, forma, tamaño). Esta selección se realiza en una mesa adecuada a tal propósito.

1.15 CORTE

El proceso inicia con la eliminación de la cascara de la hortaliza, las herramientas utilizadas son los peladores y cuchillos.

Luego se realiza la decoración en pedazos como el corte juliana, el cual consiste en tiras finas de aproximadamente tres centímetros de largo y el corte macedonia consiste en cubos de un centímetro de lado, los cuales se utilizan para la zanahoria y ejote. Con el objetivo de obtener una presentación deseada según el tipo de bandeja.

1.16 SECADO

Es un tratamiento realizado con vapor caliente: consiste en colocar las hortalizas en canastillas suspendidas sobre agua hirviendo y se someten a la acción del vapor durante dos minutos; para luego enfriarlas rápidamente.

Este proceso tiene como objetivo fijar y acentuar el color natural, también eliminar los microorganismos presentes.

1.17 PESO

Es la cantidad requerida de hortalizas y verduras, para producir los diferentes tipos de bandejas.

1.18 EMPAQUE

Provisto de una bandeja adecuada y sellada en forma hermética de manera de evitar la entrada de microorganismos y oxigeno, después de la esterilización.

Este contiene y protege al producto, además su forma puede atraer la atención de los compradores y describir al producto.

CAPÍTULO II
SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROCESADORA DE VERDURAS UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL

En el presente capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo de la investigación; así como, la situación actual de la procesadora en estudio, según información obtenida en el trabajo de campo.

2.1 UNIDAD DE ANÁLISIS

La empresa procesadora de verduras, en la actualidad esta ubicada en Mixco condado el naranjo, y su planta de producción en la zona 1 de la ciudad capital.

2.1.1 Antecedentes

La organización está constituida como una pequeña empresa, la cual se dedica a la comercialización de productos alimenticios procesados. La empresa fue fundada en el año 2011, iniciando sus actividades en la zona 18 de la ciudad capital, teniendo sus oficinas en la zona 1, en la actualidad se encuentra ubicada en Mixco condado el naranjo lugar en donde están las oficinas centrales.

El objetivo principal de la procesadora es alcanzar todo el mercado nacional e internacional, ofreciendo productos de primera calidad a precios accesibles a los clientes. La empresa ha crecido de tal manera que en la actualidad cuenta con dos sucursales, ubicadas en la zona 1 de la capital y zona 4 de Mixco.

Entre sus metas propuestas a corto plazo está la apertura de una nueva sucursal en el departamento de Escuintla; así mismo, una nueva línea de productos procesados, para brindar un mejor servicio a los clientes reales y potenciales de la empresa; como también, extender la cartera de sus clientes y proveer un producto de primera calidad a sus compradores.

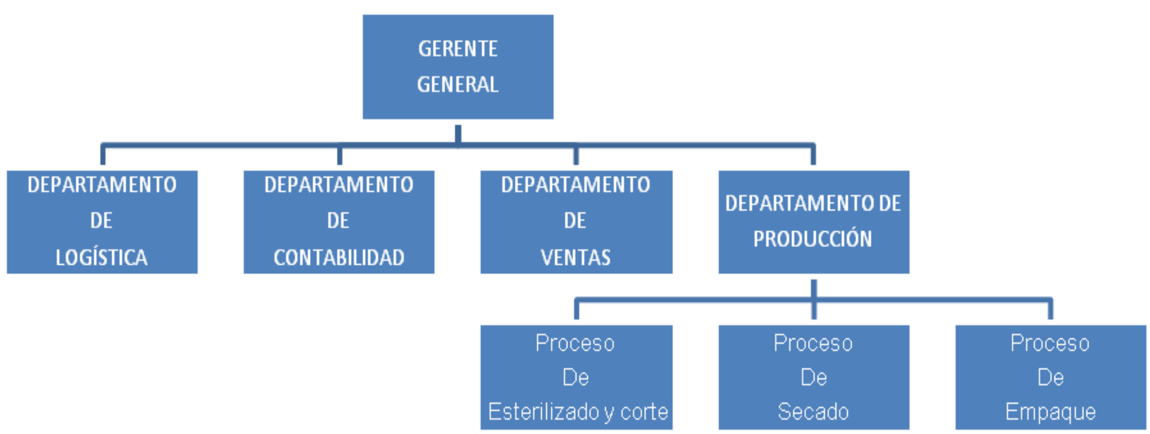
2.1.2 Estructura organizacional

El funcionamiento administrativo y operativo de la empresa se establece a través del equipo de trabajo, este se compone de personal capacitado y con experiencia en las áreas siguientes:

- Gerencia general
- Logística
- Contabilidad
- Producción
- Ventas

GRÁFICA 1

ORGANIGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS



Fuente: información proporcionada por la empresa, septiembre 2015.

2.1.3 Filosofía empresarial

Está conformada por la misión y visión, siendo estos los factores que rigen el comportamiento de los trabajadores dentro de la empresa, los que se detallan a continuación:

2.1.3.1 Misión

“Somos una empresa dedicada a la producción de verduras procesadas, utilizando materia prima de primera calidad, para ofrecer a nuestro clientes productos de primera que satisfagan sus necesidades”. (8: SP)

2.1.3.2 Visión

“Ser una empresa líder proveedora de productos alimenticios procesados en Guatemala y una organización competitiva a nivel nacional, obtener una mejora continua en la venta de nuestros productos, ofrecer nuevos productos a nuestros clientes reales y potenciales de manera que se satisfagan sus necesidades”.(8:SP)

2.2 DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS

Para producir, la empresa debe incurrir en los siguientes costos fijos y variables.

CUADRO 1
COMPRA DE MATERIA PRIMA DEL PERÍODO DE ENERO A DICIEMBRE DE 2014
(CIFRAS EN LIBRAS)

Mes	Zanahoria	Arveja	Ejote	Elote
ENERO	3,171	837	924	375
FEBRERO	3,330	863	960	383
MARZO	3,240	870	990	375
ABRIL	3,533	964	990	469
MAYO	3,518	964	930	499
JUNIO	3,675	1,035	1,020	525
JULIO	3,518	1,009	1,080	469
AGOSTO	3,593	1,016	1,020	506
SEPTIEMBRE	3,660	1,080	1,110	525
OCTUBRE	3,686	1,033	1,128	469
NOVIEMBRE	3,821	1,108	1,128	544
DICIEMBRE	3,930	1,163	1,200	563
COMPRA ANUAL	**42,672**	**11,940**	**12,480**	**5,700**
COMPRA PROMEDIO	**3,556**	**995**	**1,040**	**475**

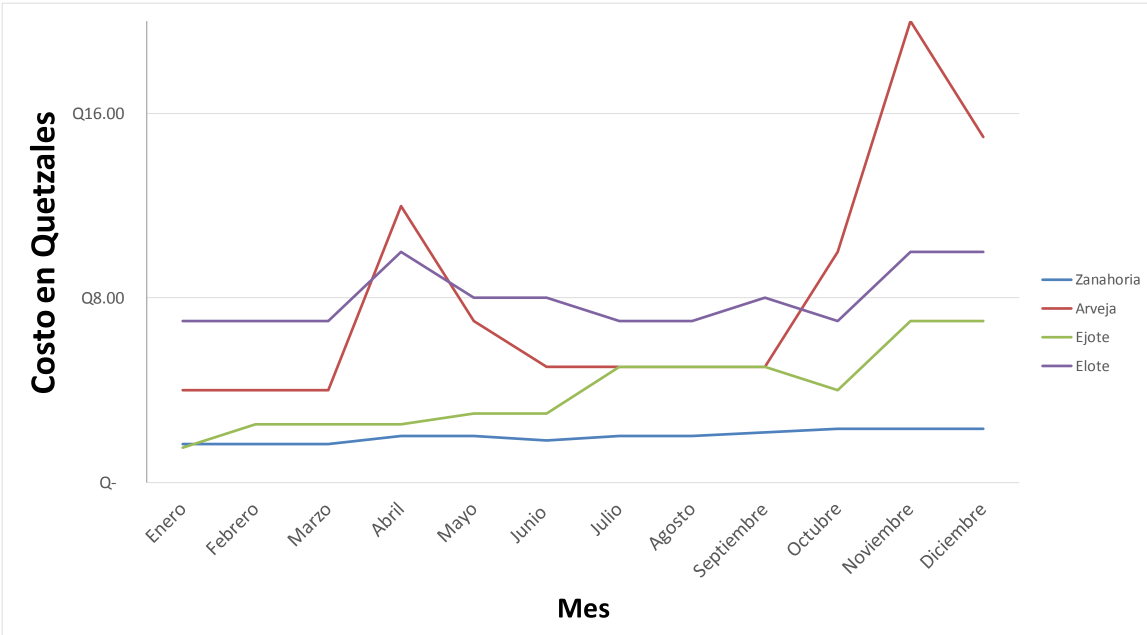
Fuente: investigación de campo, septiembre 2015.

CUADRO 2
PRECIO POR LIBRA DE MATERIA PRIMA DEL PERÍODO DE ENERO A DICIEMBRE DE 2014
(CIFRAS EN QUETZALES)

Mes	Zanahoria	Arveja	Ejote	Elote
Enero	1.67	4.00	1.50	7.00
Febrero	1.67	4.00	2.50	7.00
Marzo	1.67	4.00	2.50	7.00
Abril	2.00	12.00	2.50	10.00
Mayo	2.00	7.00	3.00	8.00
Junio	1.83	5.00	3.00	8.00
Julio	2.00	5.00	5.00	7.00
Agosto	2.00	5.00	5.00	7.00
Septiembre	2.17	5.00	5.00	8.00
Octubre	2.33	10.00	4.00	7.00
Noviembre	2.33	20.00	7.00	10.00
Diciembre	2.33	15.00	7.00	10.00
Costo promedio	**2.00**	**8.00**	**4.00**	**8.00**

Fuente: investigación de campo, septiembre 2015.

GRÁFICA 2
PRECIOS POR LIBRA DE MATERIA PRIMA EN EL PERÍODO DE ENERO A DICIEMBRE DE 2014



Fuente: elaboracion propia, investigacion de campo.

La gráfica anterior muestra la variación de precios de materia prima que se dieron durante los meses de enero a diciembre del año 2014.

CUADRO 3
COSTO DE MANO DE OBRA POR PRODUCCIÓN MENSUAL
AÑO 2014

Descripción	**Costo**
2 trabajadores esterilización de verduras	Q 1,750.00
2 trabajadores corte de verduras	Q 1.750.00
3 trabajadores de secado y empaque	Q 2,625.00
5 trabajadores mano de obra indirecta	Q 4,375.00
Costo total de mano de obra	**Q 10,500.00**

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la empresa, septiembre 2015**.**

Para la elaboración de las bandejas de verduras se necesita la colaboración del personal y para efectos del estudio se requiere la mano de obra directa e indirecta.

CUADRO 4
COSTOS INDIRECTOS DE LA PRODUCCIÓN
MENSUAL, AÑO 2014

Descripción	**Costo**
Material de empaque	Q 5,875.00
Costo de transporte	Q 2,425.00
Renta	Q 1,200.00
Gastos varios (agua, luz, teléfono)	Q 1,000.00
Costo total de costos indirectos	**Q 10,500.00**

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la empresa, septiembre 2015

2.2.1 Cantidad requerida y costo por cada bandeja de verdura

- Bandeja de verdura para arroz

Para producir este producto se necesita lo siguiente:

8 onzas de zanahoria	Q 1.00
4 onzas de arveja	Q 2.00
4 onzas de elote	Q 2.00
Total de materia prima	**Q 5.00**
+mano de obra	Q 2.00
+costos indirectos	Q 2.00
Costo total	**Q 9.00**

- Bandeja de verdura para ensalada rusa

A continuación se detalla lo que se necesita para producirla:

6.4 onzas de zanahoria	Q 0.80
3.2 onzas de arveja	Q 1.60
6.4 onzas de ejote	Q 1.60
Total de materia prima	**Q 4.00**
+ mano de obra	Q 2.00
+ costos indirectos	Q 2.00
Costo total	**Q 8.00**

- Bandeja de verdura para ensalada de zanahoria

Para producir este producto se necesita lo siguiente:

16 onzas de zanahoria	Q 2.00
Total de materia prima	**Q 2.00**
+ mano de obra	Q 2.00
+ costos indirectos	Q 2.00
Costo total	**Q 6.00**

CUADRO 5
PROMEDIO DE DEMANDA MENSUAL
ENERO A DICIEMBRE 2014
(CIFRAS EXPRESADAS EN UNIDADES)

MES	P(x1) Bandeja de verdura para arroz	P(x2) Bandeja de verdura para ensalada rusa	P(x3) Bandeja de verdura para ensalada de zanahoria	TOTAL DIARIO
1	1,305	2,209	1,290	4,804
2	1,330	2,210	1,395	4,935
3	1,305	2,144	1,300	4,749
4	1,620	2,230	1,400	5,250
5	1,740	2,225	1,405	5,370
6	1,824	2,216	1,417	5,457
7	1,635	2,292	1,298	5,225
8	1,755	2,220	1,450	5,425
9	1,816	2,306	1,395	5,517
10	1,575	2,329	1,499	5,403
11	1,884	2,315	1,395	5,594
12	1,891	2,364	1,400	5,655
Σ	**19,680**	**27,060**	**16,644**	**63,384**
	19,680 / 12	27,060 / 12	16,644 / 12	63,384 / 12
$\dot{X}$	**1,640**	**2,255**	**1,387**	**5,282**

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la empresa, septiembre 2015.

CAPITULO III

APLICACIÓN DEL MÉTODO DE LA GRAN M PARA OPTIMIZAR LOS RECURSOS DE UNA EMPRESA PROCESADORA DE VERDURAS, UBICADA EN LA CIUDAD CAPITAL

3.1 OBJETIVOS

3.1.1 General

Determinar la combinación óptima de los productos en estudio, y con esto disminuir los costos de producción y consecuentemente aumentar las utilidades de la empresa.

3.1.2 Específicos

- Establecer cada uno de los pasos a seguir para implementar el modelo matemático.

- Estipular la cantidad de productos que debe manufacturar y contribuir al aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la empresa.

3.2 APLICACIÓN DEL MODELO MATEMÁTICO

Con los datos presentados en el capítulo II se aplicará el modelo matemático simplex, con el método de la gran M.

3.2.1 Identificar el objetivo, variables de decisión y restricciones.

a) Objetivo: minimizar costos

b) Variables de decisión:

Bandeja de verdura para arroz	(x_1)
Bandeja de verdura para ensalada rusa	(x_2)
Bandeja de verdura para ensalada de zanahoria	(x_3)

c) Restricciones:

- Zanahoria
- Arveja
- Ejote
- Elote
- Demanda de la bandeja de verdura para arroz
- Demanda de la bandeja de verdura para ensalada rusa
- Demanda de la bandeja de verdura para ensalada de zanahoria

3.2.2 Planteamiento del problema

Concepto de restricción	**Por cada libra de verdura (bandeja)**			**Disponibilidad en libras**	**Forma del signo ≤ o ≥**
	P (X_1)	**P (X_2)**	**P (X_3)**		
Zanahoria	1/2	2/5	1	3,556	≤
Arveja	1/4	1/5	0	995	≤
Ejote	0	2/5	0	1,040	≤
Elote	1/4	0	0	475	≤
Demanda X_1	1	0	0	1,640	≥
Demanda X_2	0	1	0	2,255	≥
Demanda X_3	0	0	1	1,387	≥
COSTO	Q 9.00	Q 8.00	Q 6.00		

Fuente: elaboración propia, con datos proporcionados por la empresa, referencia cuadro 2 y 5.

3.2.3 Definir la función objetivo en forma matemática

Se determinó que el costo de producción es uno de los factores que se debe minimizar, contemplando que la empresa desea conocer la combinación óptima de los productos en estudio, por lo tanto se llevará a cabo una minimización en la función objetivo.

FO: MIN Z = $9\,\mathbf{X_1} + 8\,\mathbf{X_2} + 6\,\mathbf{X_3}$

3.2.4 Definir las restricciones en forma de desigualdades

1)	$1/2X_1$	$+ 2/5X_2$	$+ X_3$	$\leq$	3,556
2)	$1/4X_1$	$+ 1/5X_2$		$\leq$	995
3)		$2/5X_2$		$\leq$	1,040
4)	$1/4X_1$			$\leq$	475
5)	X_1			$\geq$	1,640
6)		X_2		$\geq$	2,255
7)			X_3	$\geq$	1,387
8)	X_1;	X_2;	& X_3	$\geq$	0

3.2.5 Convertir en igualdades las desigualdades

1)	$1/2X_1$	$+2/5X_2$	$+X_3$	$+ H_1$										=	3,556
2)	$1/4X_1$	$+1/5\ X_2$			$+ H_2$									=	995
3)		$2/5X_2$				$+ H_3$								=	1,040
4)	$1/4X_1$						$+ H_4$							=	475
5)	X_1							$- E_1$	$+ A_1$					=	1,640
6)		X_2								$-E_2$	$+A_2$			=	2,255
7)			X_3									$- E_3$	$+ A_3$	=	1,387

3.2.6 Penalización en la función objetivo

Se penalizan a las variables artificiales, haciéndola aparecer en la función objetivo con un coeficiente de + M:

F.O: Minimizar Z: $9X_1 + 8X_2 + 6X_3 + MA_1 + MA_2 + MA_3$

El sistema de ecuaciones después de aumentar el problema artificial es

Z	$-9\mathbf{X_1}$	$-8\mathbf{X_2}$	$-6\mathbf{X_3}$	$-MA_1$	$-MA_2$	$-MA_3$							=	0
1)	$1/2\mathbf{X_1}$	$+ 2/5\mathbf{X_2}$	$+ \mathbf{X_3}$	$+ H_1$									=	3,356
2)	$1/4\mathbf{X_1}$	$+ 1/5\mathbf{X_2}$			$+ H_2$								=	995
3)		$2/5\mathbf{X_2}$				$+ H_3$							=	1,040
4)	$1/4\mathbf{X_1}$						$+ H_4$						=	475
5)	$\mathbf{X_1}$							$- E_1$	$+ A_1$				=	1,640
6)		$\mathbf{X_2}$								$-E_2$	$+ A_2$		=	2,255
7)			$\mathbf{X_3}$								$- E_3$	$+ A_3$	=	1,387

3.2.7 Construir el primer tablero simplex

Utilizando el método de la gran M para alcanzar una solución óptima por el método simplex, se obtiene el siguiente conjunto de tablas, las cuales deben cumplir con la condición simplex, la cual indica que toda variable básica debe tener un 1 en la intersección de su renglón y columna correspondiente y cero en los demás renglones incluido el renglón de Z.

El primer tablero no está en la forma apropiada, porque los coeficientes de A_1 y A_2 son diferentes de cero en la ecuación de Z, son M; y para hacer cero el coeficiente M, se utiliza el renglón de A_1 como renglón pivote multiplicándolo por –M y sumando el resultado al renglón de Z.

v. básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C
H_1	0	1/2	2/5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,556
H_2	0	1/4	1/5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	995
H_3	0	0	2/5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,040
H_4	0	1/4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	475
A_1	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640
A_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255
A_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387
Z	1	-9	-8	-6	0	0	0	0	0	0	0	-M	-M	-M	0

v. básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C
H_1	0	1/2	2/5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,556
H_2	0	1/4	1/5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	995
H_3	0	0	2/5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,040
H_4	0	1/4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	475
A_1	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640
A_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255
A_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387
Z	1	M-9	-8	-6	0	0	0	0	-M	0	0	0	-M	-M	1,640 M
	1	M-9	M-8	-6	0	0	0	0	-M	-M	0	0	0	-M	3,895 M
	1	M-9	M-8	M-6	0	0	0	0	-M	-M	-M	0	0	0	5,282 M

3.2.7.1 Identificar la columna pivote (CP)

La cual se identifica con el coeficiente positivo menor de los elementos de la fila de la función objetivo. Si existe un empate con otra u otras columnas, se toma cualquier columna.

3.2.7.2 Identificar el elemento pivote (EP)

El cual se logra, dividiendo cada uno de los valores de los elementos de la última columna, llamada también 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 cual es el elemento pivote, de existir empate se toma cualquiera.

Fila 1	3,556	÷ 1 =	3,556
Fila 7	1,387	÷ 1 =	1,387 menor cociente positivo

v. básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C
H_1	0	1/2	2/5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,556
H_2	0	1/4	1/5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	995
H_3	0	0	2/5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,040
H_4	0	1/4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	475
A_1	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640
A_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255
A_3	0	0	0	1 EP	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387
Z	1	M-9	M-8	M-6 CP	0	0	0	0	-M	-M	-M	0	0	0	5,282 M

3.2.7.3 Convertir en uno el elemento pivote

Lo cual se logra multiplicando el inverso del valor de este, por cada valor de los elementos de su fila, ordenando los resultados en una nueva fila del siguiente tablero, denominándosele fila pivote (FP). En este caso el elemento pivoto es 1 por lo que la nueva fila se integra de la manera siguiente:

1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 1	=	1
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * -1	=	-1
1 * 0	=	0
1 * 0	=	0
1 * 1	=	1
1 * 1,387	=	1,387

3.2.7.4 Convertir en cero los restantes valores

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.

Fila 1

-1 * 0	= 0 + 0	=	0
-1 * 0	= 0 + ½	=	1/2
-1 * 0	= 0 + 2/5	=	2/5
-1* 1	= -1 + 1	=	0
-1 * 0	= 0 + 1	=	1
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1 * -1	= 1 + 0	=	1
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1* 0	= 0 + 0	=	0
-1 * 1	= -1 + 0	=	-1
-1* 1,387	= -1,387 + 3,556	=	2,169

Fila 8

-M+6 * 0	= 0 + 1	=	1
-M+6 * 0	= 0 + M-9	=	M-9
-M+6 * 0	= 0 + M-8	=	M-8
-M+6 * 1	= -M+6 + M-6	=	0
-M+6 * 0	= 0 + 0	=	0
-M+6 * 0	= 0 + 0	=	0
-M+6 * 0	= 0 + 0	=	0
-M+6 * 0	= 0 + 0	=	0
-M+6 * 0	= 0 +(-M)	=	-M
-M+6 * 0	= 0 + (-M)	=	-M

-M+6 * -1	=	(M-6) + (-M)	=	-6
-M+6 * 0	=	0 + 0	=	0
-M+6 * 0	=	0 + 0	=	0
-M+6 * 1	=	(-M+6) + 0	=	-M+6
-M+6 *1,387	=	(-1,387M + 8322)+5,282M	=	3,895M + 8,322

v. básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C	
H_1	0	1/2	2/5	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	-1	2,169	
H_2	0	1/4	1/5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	995	
H_3	0	0	2/5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1,040	
H_4	0	1/4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	475	
A_1	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640	
A_2	0	0	1 EP	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255	(-1)
X_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387	(-1) (-M+6)
Z	1	M-9	M-8 CP	0	0	0	0	0	-M	-M	-6	0	0	-M+6	3,895M+8,322	

v.básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C	
H_1	0	1/2	0	0	1	0	0	0	0	2/5	1	0	- 2/5	-1	1,267	
H_2	0	1/4	0	0	0	1	0	0	0	1/5	0	0	- 1/5	0	544	
H_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2/5	0	0	- 2/5	0	138	
H_4	0	1/4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	475	
A_1	0	1 EP	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640	(1)
X_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255	(-2/5)(-1/5)(-2/5)(-M+8)
X_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387	
Z	1	M-9 CP	0	0	0	0	0	0	-M	-8	-6	0	-M+8	-M+6	1,640M+26,362	

3.2.8 Combinación óptima

Para encontrar la solución óptima realizar el mismo procedimiento, desde la elección de la columna pivote, hasta actualizar los datos del tablero y lograr que todos los coeficientes de la ecuación de la función objetivo, renglón de Z, sean ceros o negativos (≤0) y de esta manera considerar una solución óptima.

El tablero anterior aún tiene varios elementos positivos, por lo tanto no cumple con las características de la solución óptima y debe actualizarse para encontrar la combinación, por lo que se hace necesario repetir todos los pasos.

v.básica	Z	X_1	X_2	X_3	H_1	H_2	H_3	H_4	E_1	E_2	E_3	A_1	A_2	A_3	C	
H_1	0	0	0	0	1	0	0	0	1/2	2/5	1	- 1/2	- 2/5	-1	447	
H_2	0	0	0	0	0	1	0	0	1/4	1/5	0	- 1/4	- 1/5	0	134	
H_3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2/5	0	0	- 2/5	0	138	
H_4	0	0	0	0	0	0	0	1	1/4	0	0	- 1/4	0	0	65	
X_1	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	0	1,640	(-1/2)(-1/4)(-1/4)(-M+9)
X_2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	0	2,255	
X_3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	-1	0	0	1	1,387	
Z	1	0	0	0	0	0	0	0	-9	-8	-6	-M+9	-M+8	-M+6	41,122	

El tablero anterior cumple con las características de tener en la última fila números negativos o ceros, por lo tanto se debe dar valor a las variables de decisión y luego proceder a comprobar la función objetivo y las restricciones. Para determinar si cumple con ellas.

3.2.9 Valor de las variables en estudio

$$\mathbf{X_1} = 1{,}640$$

$$\mathbf{X_2} = 2{,}255$$

$$\mathbf{X_3} = 1{,}387$$

$$\mathbf{H_1} = 447$$

$$\mathbf{H_2} = 134$$

$$\mathbf{H_3} = 138$$

$$\mathbf{H_4} = 65$$

$$\mathbf{Z} = 41{,}122$$

3.2.10 Comprobación de los resultados en la función objetivo

$$\textbf{FO: MIN } \mathbf{Z} = 9\mathbf{X_1} + 8\,\mathbf{X_2} + 6\,\mathbf{X_3}$$

$$\mathbf{Z} = 9\,(1{,}640) + 8\,(2{,}255) + 6\,(1{,}387)$$

$$\mathbf{Z} = 14{,}760 + 18{,}040 + 8{,}322$$

$$\mathbf{Z} = 41{,}122$$

3.2.11 Comprobación de las restricciones

1) $\frac{1}{2}X_1 + \frac{2}{5}X_2 + X_3 + H_1 \leq 3{,}556$

$\frac{1}{2}(1{,}640) + \frac{2}{5}(2{,}255) + (1{,}387) + 447 \leq 3{,}556$

$820 + 902 + 1{,}387 + 447 \leq 3{,}556$

$3{,}556 \leq 3{,}556$ **Si cumple**

2) $\frac{1}{4}X_1 + \frac{1}{5}X_2 + H_2 \leq 995$

$\frac{1}{4}(1{,}640) + \frac{1}{5}(2{,}255) + 134 \leq 995$

$410 + 451 + 134 \leq 995$

$995 \leq 995$ **Si cumple**

3) $\frac{2}{5}X_2 + H_3 \leq 1{,}040$

$\frac{2}{5}(2{,}255) + 138 \leq 1{,}040$

$902 + 138 \leq 1{,}040$

$1{,}040 \leq 1{,}040$ **Si cumple**

4) $\frac{1}{4}X_1 + H_4 \leq 475$

$\frac{1}{4}(1{,}640) + 65 \leq 475$

$410 + 65 \leq 475$

$475 \leq 475$ **Si cumple**

5) $X_1 - E_1 + A_1 \geq 1{,}640$

$1{,}640 - 0 + 0 \geq 1{,}640$

$1{,}640 \geq 1{,}640$

$1{,}640 \geq 1{,}640$ **Si cumple**

6)	$X_2 - E_2 + A_2$	≥	2,255	
	2,255 - **0** + **0**	≥	2,255	
	2,255	≥	2,255	
	2,255	≥	2,255	**Si cumple**
7)	$X_3 - E_4 + A_4$	≥	1,387	
	1,387 - **0** + **0**	≥	1,387	
	1,387	≥	1,387	
	1,387	≥	1,387	**Si cumple**
8)	X_1, X_2 & X_3	≥	0	
	1,640; 2,255 & **1,387**	≥	0	**Si cumple**

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

3.2.12 Conclusión

Se determinó que para que la empresa procesadora de verduras pueda minimizar los costos de producción hasta en Q.41,122.00 mensuales, se recomienda producir 1,640 bandejas de verdura para arroz, 2,255 bandejas de verdura para ensalada rusa y 1,387 bandejas de verdura para ensalada de zanahoria; teniendo en cuenta su disponibilidad de materia prima en bodega.

3.3 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS

CUADRO 6
ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS COSTOS

COSTO TOTAL			
MENSUAL		ANUAL	
Sin el Modelo Matemático	Con el Modelo Matemático	Sin el Modelo Matemático	Con el Modelo Matemático
Q 47,818.42	Q 41,122.00	Q573,821.04	Q 493,464.00
Diferencia Q 6,696.42		Diferencia Q 80,357.04	

Fuente: elaboración propia, con datos históricos referencia anexo 4 y resultado de aplicación del modelo matemático simplex.

El cuadro anterior presenta los costos totales mensuales, en los que incurre la empresa procesadora de verduras actualmente, teniendo un promedio de Q.47,818.42; y posteriormente si se aplicará el modelo matemático simplex, sus costos se verían reducidos a Q 41,122.00, obteniendo un ahorro de Q 6,696.42 mensuales y Q 80,357.40 anuales.

3.4 VENTAJAS DE IMPLEMENTAR LA PROPUESTA

Las ventajas para la procesadora de verduras al implementar el uso del modelo matemático simplex en el desarrollo de sus operaciones, son las siguientes:

- Permite plantear matemáticamente la problemática actual.
- Establecer un orden para los procesos de producción y con ello optimizar los recursos de la empresa.
- Mejorar el manejo de las materias primas.
- Determinar la cantidad de bandejas de verdura a producir para minimizar los costos de producción.
- Disminución de la merma y desperdicio de las verduras.
- La gerencia podrá llevar un control en la producción.

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la empresa objeto de estudio carece de lineamientos para determinar y controlar la producción de bandejas de verduras, provocando así alza en los costos, merma y desperdicio de las materias primas, baja productividad, abastecimiento irregular a los clientes y como consecuencia una pérdida significativa de utilidades.

2. Se logró comprobar que una de las causas por la cual en la empresa procesadora de verduras, existen deficiencias en el abastecimiento de materia prima, es por desconocimiento del volumen de compra de los insumos y la ausencia de un instrumento técnico que permita determinar la producción óptima y a la vez, minimizar los costos.

3. El modelo matemático simplex facilita la determinación de productos que deben elaborar. Por lo que con la implementación del modelo se podrá optimizar los recursos y minimizar los costo, actualmente la empresa genera costos mensuales de Q.47, 818.42, luego de aplicar el modelo simplex se estableció que los costos se reducen a Q.43, 804. Obteniendo una diferencia significativa de Q.4, 014.42 mensuales, si los costos se mantiene constantes durante un año los ahorros serian de Q.48, 173.04.

4. La empresa actualmente no cuenta con un control de producción, lo que genera un descontrol en el inventario de materia prima y al momento de un pedido no se tiene contemplada la disponibilidad, lo que provoca que se realicen compras al precio del día. Además, existe una inadecuada manipulación de la verdura recolectada, provocando merma y desperdicio, todo esto se debe a la ausencia de supervisión en los procesos de recepción.

RECOMENDACIONES

1. Para mantener control en la producción de bandejas de verduras, es necesario crear una unidad encargada de determinar las cantidades óptimas que se necesitarán, para evitar los costos innecesario, baja productividad, abastecimiento irregulares a los clientes y con esto crear mejoras dentro de la organización.

2. Mantener el control de las cantidades a producir a través de la aplicación del modelo matemático simplex y con esto evitar el desabastecimiento de materia prima, pérdida de clientes y disminución de las utilidades de la empresa.

3. Utilizar métodos de análisis matemáticos para mejorar los procesos de producción y la toma de decisiones, de esta manera reducir la incertidumbre que se tenga sobre la totalidad de productos a elaborar. Además, se propone utilizar la herramienta del modelo matemático simplex y con esto contribuir a la optimización de los recursos, así también, a la minimización de los costos de producción en los que incurre la empresa.

4. Realizar supervisiones periódicas al personal de producción, para determinar y detectar posibles inconvenientes que pudiesen inferir en el proceso productivo, así mismo, realizar cotizaciones de precios de la materia prima con varios proveedores, a fin de adecuarlos a los cambios que más convenga a la empresa.

BIBLIOGRAFÍA.

1. Benavides Pañeda, Javier. 2004. **Administración.** Primera edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana. 364 p.

2. Eppen, G. 2000. **Investigación de operaciones en la ciencia administrativa.** Quinta edición. México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 702 p.

3. Everet, E. y Ronald, E. 1981. **Administración de la producción y las operaciones.** Primera edición. México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 791 p.

4. Heizer, J. y Render, B. 2009. **Principios de administración de operaciones.** Séptima edición. México. Editorial Pearson. 684 p.

5. Hillier, F. y Lieberman, G. 2006. **Introducción a la investigación de operaciones.** Octava edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana. S.A.de C.V. 1021 p.

6. Kamlesh, M. y Solow, D. 1996. **Investigación de operaciones.** Primera edición. México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 977 p.

7. Monks, J. 1994. **Administración de operaciones.** Novena edición. México. Editorial McGraw Hill, Interamericana. 412 p.

8. Sociedad Anónima. Procesadora de Verduras.

9. Taha, H. 1998. **Investigación de operaciones.** Sexta edición. Naucalpan de Juárez, Estado de México. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. 944 p.

ANEXOS

ANEXO 1

ENTREVISTA NO ESTRUCTURADA

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

Entrevista no estructurada

Introducción: la presente entrevista se realizará con el objetivo de conocer la producción, determinar cantidades, precios de materia prima y establecer los costos en los que incurre la empresa.

Fecha: _______________

Nombre: ____

Puesto que desempeña: ____

Años de trabajar en la empresa: ____

1. ¿Cuál es la función principal de la empresa?

____

____

2. ¿Cuáles son los productos que ofrecen a sus clientes?

____

3. ¿cuáles son los costos de las bandejas de verduras que producen?

____

____

4. ¿Cuál es el margen de utilidad para los productos de más demanda?

____

5. ¿Cuáles son los recursos limitados para la producción? Y ¿Por qué?

____

6. ¿Quiénes son sus principales proveedores?

____

7. ¿Cómo es el mercado en el que se encuentra y sus competidores?

____

8. ¿Cuál es la forma de distribuir los productos?

____

ANEXO 2

GUÍA DE ENTREVISTA

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

Cuestionario

Dirigido al personal de la procesadora de verduras.

Instrucciones: a continuación se presentan una serie de preguntas las cuales debe completar con la mayor objetividad posible, el propósito de las mismas servirá de base para la elaboración de tesis de grado.

1. ¿Podría mencionarme brevemente cuál es la historia de la empresa?

____

____

2. ¿Cuáles son los departamentos que conforman la empresa?

____

____

3. ¿De cuantos colaboradores se dispone en la procesadora de verduras?

____

4. ¿Cuál es su función principal dentro de la empresa?

____

5. ¿Con que áreas tiene relación? y ¿Por qué?

____

____

6. ¿Puede indicar cuál es el proceso que se sigue para preparar las bandejas de verduras?

____

7. ¿Cuántas bandejas de verduras se elaboran durante la jornada laboral?

100 a 150 ____________ 160 a 200 _____________ 250 a más ________________

8. ¿Cuáles son los inconvenientes que se le han presentado en el proceso actual de producción?

____

9. ¿Qué aspectos considera que se pueden mejorar para la realización de las bandejas de verduras?

____

ANEXO 3
PROMEDIO DE PRODUCCIÓN MENSUAL
ENERO A DICIEMBRE 2014
CIFRAS EXPRESADAS EN UNIDADES

MES	P(x1) Bandeja de verdura para arroz	P(x2) Bandeja de verdura para ensalada rusa	P(x3) Bandeja de verdura para ensalada de zanahoria	TOTAL DIARIO
1	1,500	2,298	1,500	5,295
2	1,530	2,400	1,605	5,535
3	1,500	2,475	1,500	5,475
4	1,875	2,475	1,605	5,955
5	1,995	2,325	1,590	5,910
6	2,100	2,550	1,605	6,255
7	1,875	2,700	1,500	6,075
8	2,025	2,550	1,560	6,135
9	2,100	2,775	1,500	6,375
10	1,875	2,820	1,620	6,315
11	2,175	2,820	1,605	6,600
12	2,250	3,000	1,602	6,855
Σ	**22,800**	**31,188**	**18,792**	**72,780**
	22,800 / 12	**31,188 / 12**	**18,792 / 12**	**72,780 / 12**
×	**1900**	**25,99**	**1,566**	**6,065**

Fuente: elaboración propia, con datos históricos proporcionados por la empresa.

ANEXO 4
COSTOS TOTALES MENSUALES DE PRODUCCIÓN
ENERO A DICIEMBRE 2014
CIFRAS EXPRESADAS EN QUETZALES

MES / COSTO/LB	ZANAHORIA PRECIO	ARVEJA PRECIO	EJOTE PRECIO	ELOTE PRECIO	COSTO MP BANDEJA 1	COSTO MP BANDEJA 2	COSTO MP BANDEJA 3	C PRIMO + C INDIRECTOS 1	C PRIMO + C INDIRECTOS 2	C PRIMO + C INDIRECTOS 3	COSTO DE PRODUCCION 1	COSTO DE PRODUCCION 2	COSTO DE PRODUCCION 3	COSTO TOTAL MENSUAL
Enero	Q 1.67	Q 4.00	Q 1.50	Q 7.00	Q 3.59	Q 2.07	Q 1.67	Q 7.59	Q 6.07	Q 5.67	Q 11,377.50	Q 13,944.26	Q 8,505.00	Q 33,826.76
Febrero	Q 1.67	Q 4.00	Q 2.50	Q 7.00	Q 3.59	Q 2.47	Q 1.67	Q 7.59	Q 6.47	Q 5.67	Q 11,605.05	Q 15,523.20	Q 9,100.35	Q 36,228.60
Marzo	Q 1.67	Q 4.00	Q 2.50	Q 7.00	Q 3.59	Q 2.47	Q 1.67	Q 7.59	Q 6.47	Q 5.67	Q 11,377.50	Q 16,008.30	Q 8,505.00	Q 35,890.80
Abril	Q 2.00	Q 12.00	Q 2.50	Q 10.00	Q 6.50	Q 4.20	Q 2.00	Q 10.50	Q 8.20	Q 6.00	Q 19,687.50	Q 20,295.00	Q 9,630.00	Q 49,612.50
Mayo	Q 2.00	Q 7.00	Q 3.00	Q 8.00	Q 4.75	Q 3.40	Q 2.00	Q 8.75	Q 7.40	Q 6.00	Q 17,456.25	Q 17,205.00	Q 9,540.00	Q 44,201.25
Junio	Q 1.83	Q 5.00	Q 3.00	Q 8.00	Q 4.17	Q 2.93	Q 1.83	Q 8.17	Q 6.93	Q 5.83	Q 17,146.50	Q 17,676.60	Q 9,357.15	Q 44,180.25
Julio	Q 2.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 7.00	Q 4.00	Q 3.80	Q 2.00	Q 8.00	Q 7.80	Q 6.00	Q 15,000.00	Q 21,060.00	Q 9,000.00	Q 45,060.00
Agosto	Q 2.00	Q 5.00	Q 5.00	Q 7.00	Q 4.00	Q 3.80	Q 2.00	Q 8.00	Q 7.80	Q 6.00	Q 16,200.00	Q 19,890.00	Q 9,360.00	Q 45,450.00
Septiembre	Q 2.17	Q 5.00	Q 5.00	Q 8.00	Q 4.34	Q 3.87	Q 2.17	Q 8.34	Q 7.87	Q 6.17	Q 17,503.50	Q 21,833.70	Q 9,255.00	Q 48,592.20
Octubre	Q 2.33	Q 10.00	Q 4.00	Q 7.00	Q 5.42	Q 4.53	Q 2.33	Q 9.42	Q 8.53	Q 6.33	Q 17,653.13	Q 24,060.24	Q 10,254.60	Q 51,967.97
Noviembre	Q 2.33	Q 20.00	Q 7.00	Q 10.00	Q 8.67	Q 7.73	Q 2.33	Q 12.67	Q 11.73	Q 6.33	Q 27,546.38	Q 33,084.24	Q 10,159.65	Q 70,790.27
Diciembre	Q 2.33	Q 15.00	Q 7.00	Q 10.00	Q 7.42	Q 6.73	Q 2.33	Q 11.42	Q 10.73	Q 6.33	Q 25,683.75	Q 32,196.00	Q 10,140.66	Q 68,020.41
	Q 2.00	**Q 8.00**	**Q 4.00**	**Q 8.00**	**Q 5.00**	**Q 4.00**	**Q 2.00**				**Q 17,353.09**	**Q 21,064.71**	**Q 9,400.62**	**Q 47,818.42**

Fuente: elaboración propia, con datos históricos proporcionados por la empresa, septiembre 2015