UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

“APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA”

ANA GABRIELA ARGUETA BLAS

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

GUATEMALA, JULIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

“APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA”

TESIS

PRESENTADA A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

POR

ANA GABRIELA ARGUETA BLAS

PREVIO A CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

ADMINISTRADORA DE EMPRESAS

EN EL GRADO ACADÉMICO DE

LICENCIADA

GUATEMALA, JULIO DE 2022

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

Decano:	Lic. Luis Antonio Suárez Roldán
Secretario:	Lic. Carlos Roberto Cabrera Morales
Vocal I	Dr. Byron Giovanni Mejía Victorio
Vocal II	MSc. Haydeé Grajeda Medrano
Vocal III	Vacante
Vocal IV	PAE. Olga Daniela Letona Escobar
Vocal V	P.C. Henry Omar López Ramírez

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ

EL EXAMEN GENERAL DE TESIS SEGÚN

EL ACTA CORRESPONDIENTE

Presidente:	MSc. Luis Manuel Vásquez Vides
Secretaria:	Licda. María Carolina Sotoj Ortega
Examinador:	Lic. Axel Humberto Marroquín Reyes

Guatemala, 28 de julio de 2021

Licenciado
Carlos Alberto Hernández Gálvez
Director de la escuela de administración de empresas
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala
Su despacho

Estimado Señor director:

De conformidad con el dictamen emitido, el 10 de Marzo del año dos mil veintiuno en el que se me designa como asesora de tesis de la estudiante **ANA GABRIELA ARGUETA BLAS**, registro académico 201405149 con el tema **"APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA"**, 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 con los requisitos reglamentarios de la facultad, por lo que me permito recomendarlo para que sea discutido en Examen privado de tesis, previo a optar al título de Administradora de Empresas en el grado académico de licenciada. Sin otro particular, me suscribo con las muestras de mi consideración y estima.

Atentamente,

f) _____
Licda. Flor De María Gómez Xiquín
Administradora de Empresas
Colegiado No. 19,468

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS
Edificio "S-8"
Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

J.D-TG. No. 0508-2022
Guatemala, 05 de julio del 2022

Estudiante
ANA GABRIELA ARGUETA BLAS
Facultad de Ciencias Económicas
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estudiante:

Para su conocimiento y efectos le transcribo el Punto Quinto, inciso 5.1, subinciso 5.1.1 del Acta 12-2022, de la sesión celebrada por Junta Directiva el 23 de junio de 2022, que en su parte conducente dice:

"QUINTO: ASUNTOS ESTUDIANTILES

5.1 Graduaciones

5.1.1 Elaboración y Examen de Tesis

Se tienen a la vista las providencias de las Escuelas de Contaduría Pública y Auditoría, Administración de Empresas y Economía; en las que se informa que los estudiantes que se indican a continuación, aprobaron el Examen de Tesis, por lo que se trasladan las Actas del Jurado Examinador y los expedientes académicos.

Junta Directiva acuerda: 1º. Aprobar las Actas de los Jurados Examinadores de Tesis. 2º. Autorizar la impresión de tesis y la graduación a los siguientes estudiantes:

ESCUELA DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS

NOMBRES Y APELLIDOS	REGISTRO ACADÉMICO	TEMA DE TESIS:
ANA GABRIELA ARGUETA BLAS	201405149-3	"APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA"

3º. Manifestar a los estudiantes que se les fija un plazo de seis meses para su graduación."

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

LIC. CARLOS ROBERTO CABRERA MORALES
SECRETARIO

DEDICATORIA

A DIOS: Por ser mí guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito todas mis metas propuestas.

A MIS PADRES: Hugo Armando y María Luisa por todo su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy, es un orgullo y privilegio el poder ser su hija.

A MIS HERMANOS: Mariela, Hugo Leonel, Manolo y Oscar gracias a ustedes el día a día fue más fácil, con su presencia, respaldo y cariño que me impulsaba para poder salir adelante, además de saber que mis logros también son los suyos.

AGRADECIMIENTOS

A MIS ASESORES DE TESIS:	Lic. Víctor Manuel Castro Sosa y Licda. Flor de María Gómez Xiquín gracias a ambos por su asesoría y guía en el transcurso de la elaboración del documento y por la aportación de su experiencia profesional.
A LA PROCESADORA DE LÁCTEOS:	Por su colaboración en la realización del presente trabajo de investigación y brindarme toda la información necesaria para tal efecto.
A MI PADRINO DE GRADUACIÓN:	Lic. Oscar Argueta, por haber recorrido todo este camino junto a mí, por todo su cariño y por haber sido uno de los pilares fundamentales para poder culminar con éxito esta meta propuesta.
A MIS AMIGOS:	De la vida y de la facultad, por haber ayudado a que la carga estudiantil fuera menos pesada, por tantos momentos de alegría y por su sincero cariño. Gracias por haber estado conmigo durante toda esta etapa.

Índice

Contenido		Página
Introducción		i
	CAPÍTULO I	
	MARCO TEÓRICO	
1.1	Empresa	1
1.1.1	Tipos de empresas	1
1.1.1.1	Empresas productoras	1
1.2	Métodos cuantitativos	2
1.2.1	Toma de decisiones	2
1.2.1.1	Estilo de toma de decisiones	3
a)	Estilo directivo	3
b)	Estilo analítico	3
c)	Estilo conductual	3
d)	Estilo conceptual	3
1.2.1.2	Proceso de toma de decisiones	4
a)	Identificar y analizar el problema	4
b)	Identificar los criterios de decisiones y ponderarlos	4
c)	Definir la prioridad para atender el problema	4
d)	Generar las opciones de solución	4
e)	Evaluar las opciones	5
f)	Selección de la mejor opción	5
g)	Evaluación de los resultados	5
1.2.1.3	Decisiones tomadas en el entorno empresarial	5
1.2.2	Investigación de operaciones	5
1.2.2.1	Importancia de la investigación de operaciones en la toma de decisiones	6
1.2.2.2	Modelos	6
a)	Clasificación de los modelos	7

	Contenido	Página
b)	Construcción de modelos	7
1.2.2.3	Programación lineal	9
a)	Supuestos de la programación lineal	9
b)	Forma de expresión	10
c)	Conceptos de formulación del modelo de programación lineal	10
d)	Utilización de la programación lineal para la toma de decisiones	11
e)	Métodos de solución a través de la programación lineal	11
f)	Función objetivo de los métodos de solución	12

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

Contenido **Página**

2.1 Metodología de la investigación 17
2.1.1 Método de investigación 17
2.1.1.1 Método científico 17
2.1.1.2 Método deductivo 17
2.1.2 Técnicas de investigación 18
2.1.3 Instrumentos de investigación 18
2.2 Unidad de análisis 18
2.2.1 Antecedentes 18
2.2.2 Filosofía empresarial 19
2.2.3 Estructura organizacional de la empresa 20
2.3 Situación actual de la producción de quesos 21
2.3.1 Proceso de producción de queso 21
2.3.2 Determinación de cantidades de materia prima por cada uno de los productos 22
2.3.3 Determinación de costos 23
2.3.4 Costo primo por queso 27
2.3.5 Utilidad de cada tipo de queso 31
2.3.6 Demanda mensual y semanal de quesos 31
2.4 Análisis de resultados 33

CAPÍTULO III

APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

Contenido **Página**

3.1 Justificación de la propuesta 35
3.2 Objetivo del método 35
3.3 Desarrollo del modelo matemático propuesto 35
3.3.1 Identificación de datos 35
3.3.2 Objetivo del modelo 36
3.3.3 Variables de decisión 36
3.3.4 Restricciones 36
3.3.5 Planteamiento del problema 36
3.3.6 Aplicación del modelo matemático simplex 37
3.3.6.1 Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones 37
3.3.6.2 Convertir las desigualdades en igualdades agregando variables de holgura 38
3.3.7 Construcción de tableros simplex 39
3.3.8 Combinación óptima 50
3.3.9 Comprobación de la función objetivo 50
3.3.10 Comprobación de las desigualdades 50
3.3.11 Análisis de la aplicación del modelo 52
3.3.12 Beneficios de la propuesta 52
CONCLUSIONES 53
RECOMENDACIONES 54
REFERENCIAS 55
ANEXOS 56

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Contenido	Página
1	Materia prima por queso	22
2	Costo de materia prima	23
3	Compra de materia prima en el año 2019	24
4	Mano de obra utilizada para producir 30 quesos naturales	26
5	Mano de obra utilizada para producir 40 quesos con loroco o 40 quesos con chiltepe	26
6	Utilidad de cada producto	31
7	Demanda mensual de queso (pedido variable)	32
8	Demanda semanal de queso (pedido fijo)	32
9	Planteamiento esquemático	37

Introducción

En el desarrollo de la administración empresarial, se amplían ciertos factores importantes como lo son: capital, producción y administración, que en determinadas situaciones se hace difícil el manejo de estos, uno de ellos es la optimización de la producción, ya que es fundamental para el desempeño eficiente de la misma.

En Guatemala las empresas que desean mantenerse en el mercado, deben buscar constantemente estrategias para elevar su producción, aplicando nuevos estudios y herramientas, que les ayuden a la obtención de mejores resultados, con la finalidad de producir excelentes bienes o servicios de óptima calidad, esto con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes actuales y potenciales.

Hoy en día las organizaciones requieren de otras disciplinas, con el fin de establecer nuevas herramientas y estrategias que permita optimizar recursos dentro de la empresa. La presente investigación, titulada “Aplicación del método simplex para optimizar la producción de quesos en una Procesadora de Lácteos, ubicada en el Municipio de Asunción Mita, Departamento de Jutiapa; tiene como objetivo proporcionar una herramienta que le permitirá a la unidad de análisis optimizar la producción y aprovechar los recursos con los que cuenta la unidad de análisis.

El presente documento se integra por tres capítulos los cuales se describen a continuación:

El **capítulo I** hace mención a los conceptos que fundamentan la investigación.

En el **capítulo II** presenta los resultados de la empresa, misión, visión, y la situación actual de la unidad de análisis, así como los resultados de la investigación de campo.

El **capítulo III** contiene la aplicación del modelo matemático simplex maximización para encontrar una solución óptima de la producción de quesos.

Como **parte final**, se incluyen las conclusiones, recomendaciones y bibliografía de la investigación.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

A continuación se presentan las principales teorías, principios y conceptos en los cuales se fundamentó el estudio, los que ayudaron a tener una mejor comprensión y análisis de la investigación realizada

1.1. Empresa

“Es una organización social por ser una asociación de personas para la explotación de un negocio y que tiene por fin un determinado objetivo, que puede ser el lucro o la atención de una necesidad social” (Chiavenato, 2011, p.4).

1.1.1. Tipos de empresas

Existes diferentes tipos de empresas las cuales pueden ser clasificadas de acuerdo con su funcionamiento o tipo de economía. Dentro de las que se pueden mencionar las empresas productoras.

1.1.1.1. Empresas productoras

Son aquellas organizaciones que se encargan de transformar las diferentes materias primas y convertirlas en un bien para cubrir diversas necesidades en el mercado, ya sea nacional o internacional.

a) Procesadora de lácteos

Empresas pertenecientes al sector agroindustrial que utilizan como materia prima la leche procedente de animales (por regla general vacas). Los sub-productos que genera esta industria se catalogan como lácteos e incluyen una amplia gama que va desde los productos fermentados como el queso, hasta los no fermentados como la mantequilla.

- **Productos lácteos**

Para trabajar en la elaboración de productos lácteos, se deben cumplir etapas básicas como: medir y colar la leche, calentar la leche, agregar cuajo, desuerar, salar, moler, moldear y empacar el producto.

Entre los principales productos lácteos se tienen:

- Queso: Alimento muy importante ya que es nutritivo, natural y fácil de elaborar; hacer quesos es una manera de preservar los principios nutritivos de la leche cuando ésta no se puede comercializar en forma líquida.
- Queso fresco: Se obtiene a partir de la coagulación de la leche y deshidratación de la cuajada; se puede conservar por varios días.
- Queso de capas: Es un queso de textura relativamente firme, no granular. Se prepara con leche semidescremada debidamente cuajada.
- Crema: Es conocida también como nata; es una sustancia de consistencia grasa y de tonalidad blanca o amarillenta que se encuentra de forma emulsionada en la leche recién ordeñada (cruda).
- Requesón: Es un subproducto de la elaboración de quesos que se obtiene mediante el calentamiento gradual del suero y la adición de sal, dejándolo enfriar antes de separarlo del suero, recogiéndolo con un colador fino o con una tela de manta y dejándolo escurrir por cuatro horas, al cabo de las cuales está listo para su consumo con sal, azúcar o miel.

1.2. Métodos cuantitativos

Son un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno o problema, utilizados en la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías. (Hernández, 2014, pág. 4)

1.2.1. Toma de decisiones

Se le conoce así al proceso que conlleva realizar una determinada elección entre un número de alternativas, mismas que pueden aparecer en cualquier contexto de la vida cotidiana por medio de una solución a nivel personal u organizacional.

Al momento de tomar una decisión, se ponen en juego diversos factores, entre ellos: la capacidad analítica (que también es conocida como razonamiento) que

es la ideal para escoger el camino adecuado, cuya función principal es ayudar a tener un mejor análisis y una adecuada solución a la hora de tomar la decisión.

Se deben de tomar decisiones de manera individual para que la persona haga el uso de su razonamiento para elegir la solución apropiada frente al problema a resolver, con ello se busca de que el individuo sea capaz de tomar decisiones correctas.

La importancia de tomar decisiones de manera correcta y oportuna, es sin duda uno de los más grandes retos a los que hace frente el ser humano, pues en su debido momento se deben de llegar a tomar sin olvidar que su resultado es delicado, pues de ellos depende en gran medida el rumbo de su destino; ya que toda decisión conlleva a la propia felicidad y a la de otras personas.

1.2.1.1. Estilo de toma de decisiones

Existen cuatro estilos de toma de decisiones, los cuales se detallan a continuación:

a) Estilo directivo

Este se caracteriza por contar con una baja tolerancia a lo ambiguo, son comunes en las personas que poseen un alto grado de razonamiento lógico y que son capaces de tomar decisiones rápidamente.

b) Estilo analítico

A diferencia del anterior, tiene una mayor tolerancia a lo ambiguo, ya que el tomador de decisiones debe de poseer la información necesaria para poder tomarla, debido al estado analítico con el que cuenta.

c) Estilo conductual

Está representado por aquellas personas que basan su modo de pensar en lo intuitivo, al igual que en sugerencias y en opiniones de otras personas.

d) Estilo conceptual

Es ideal para tomar decisiones que engloban a personas con una mayor tolerancia a lo ambiguo y a lo intuitivo. Se caracterizan por contar con gran

capacidad para poder procesar la toma de decisión desde una perspectiva más extensa enfocada en el largo plazo.

1.2.1.2. Proceso de toma de decisiones

a) Identificar y analizar el problema

Es aquella etapa en donde la condición del momento y la visualización del mismo, es poder encontrar el problema y reconocerlo para llegar a su solución El problema a solucionarse puede ser actual o antiguo, lo que importa es la conexión entre lo real y lo futuro para contar con una visión clara y objetiva hacia la solución.

b) Identificar los criterios de decisión y ponderarlos

Identificación de los aspectos que son relevantes al momento de llegar a tomar la decisión. Por su lado la ponderación se dará bajo un valor relativo al criterio de la decisión que se desea tomar, pues la identificación de estos no se debe de realizar de forma previa.

Es por medio de la experiencia donde se deben tomar decisiones que sean muy complejas, para llegar a evitar que se manipulen los criterios que sean favorecedores entre una u otra opción que se le piensa dar a la solución óptima.

c) Definir la prioridad para atender el problema

Se basa principalmente en el impacto y la urgencia que se tiene ante la problemática, pues describe el tiempo que se dispone para que se evite o se reduzca dicho impacto.

d) Generar las opciones de solución

La principal función en este punto de la investigación es el de encontrar distintos caminos ante la posible solución al problema, pues entre más opciones para solucionarlo se encuentren, será mucho más probable encontrar una que se acople al resultado en forma satisfactoria. Pero para tener un gran número de posibles soluciones se debe contar con un debido grado de creatividad (lluvia de ideas).

e) Evaluar las opciones

Se refiere al estudio detallado de posibles soluciones que se generan para resolver el problema, con el fin de medir las ventajas y desventajas que estén presentes.

f) Selección de la mejor opción

En esta parte se escoge la mejor opción que, según las evaluaciones, va a poder generar mejores resultados para el problema.

g) Evaluación de los resultados

Luego de encontrar la mejor opción, se evalúa si la solución al problema es la mejor, es decir, si la opción que se escogió está teniendo el resultado esperado, de no ser así, se procede a obtener otro y así iniciar todo el proceso nuevamente, hasta encontrar una mejor que se ajuste a la solución buscada.

1.2.1.3. Decisiones tomadas en el entorno empresarial

Aquí se aborda la importancia de los niveles jerárquicos de una organización, ya que a mayor nivel, mayor capacidad de poder tomar decisiones no programadas o no estructuradas, es por ello que a los gerentes se les debe de desarrollar las mejores habilidades para tomarlas, ya sea por medio de una forma sistemática o una lógica, pues de ello depende la buena gestión y el devenir de la organización.

1.2.2. Investigación de operaciones

La investigación de operaciones hace énfasis en el debido uso de modelos matemáticos, para contar con un mayor apoyo en la toma de decisiones; tiene un diseño cuya finalidad es resolver problemas con mayor grado de complejidad, sin dejar el de optimizar el objetivo definido, por medio de la ayuda de sus formas de optimización (maximización o minimización).

El estudio de las operaciones dentro de una empresa incluye el análisis de información real para tener un mejor alcance en las decisiones, por medio del adecuado uso de las restricciones; todo ello para llegar a determinar de mejor manera la maximización o minimización de los recursos.

1.2.2.1. Importancia de la investigación de operaciones en la toma de decisiones

La investigación de operaciones juega un rol importante en la solución de problemas, pues permite elegir la mejor opción dentro de un grupo de alternativas, con el fin de alcanzar un determinado objetivo, respetando los vínculos externos que no son controlables por la persona encargada de tomar la decisión.

> Su finalidad es encontrar la solución óptima, para un determinado problema (económico, de infraestructura, logístico, etcétera), y está establecida por un acercamiento científico a la solución de problemas complejos, tiene características profundamente multidisciplinarias y utiliza un conjunto variado de instrumentos, principalmente matemáticos, para la optimización y el control de problemas. En el caso particular de problemas de carácter económico, la función objetivo puede ser el máximo rendimiento o el menor costo. (Thierauf, 2008, p. 23)

En un plano empresarial, toda acción que se desea emprender debe estar respaldada con una decisión organizacional, de ahí la importancia dentro de la empresa de contar con una buena administración de decisiones a tomar, pues en parte estas ayudan al desarrollo y crecimiento de la misma, ya que se pone en juego la experiencia, intuición e información (datos históricos de la organización), estos últimos sirven para poder construir modelos matemáticos que ayuden a brindar un resultado para tomar la debida decisión.

1.2.2.2. Modelos

Según Hillier & Lieberman (2010), los modelos son representaciones idealizadas, que forman una parte integral de la vida diaria. Entre los ejemplos más comunes pueden citarse modelos de aeronaves, retratos, entre otros. De igual manera los modelos tienen un papel importante en la ciencia y los negocios, como la hacen patente los modelos del átomo, las gráficas, los organigramas y sistemas contables de la industria. Estos modelos son invaluables, pues extraen la esencia del material y facilitan el análisis

Son representaciones de la realidad que requieren de datos cuantificables, así mismo se establecen variables entre las que se pueden mencionar: de resultados, de decisión y no controlables; las anteriores se componen de ecuaciones y desigualdades cuya representación es la esencia del problema al cual se le busca solución, debido a que su aplicación se basa en dos propósitos: El poder establecer el problema y las relaciones que se dan entre las variables, al igual que la facilidad de la toma de decisiones para su estudio y análisis. (p. 12)

a) Clasificación de los modelos

De acuerde con su aplicación, estos se pueden clasificar de la siguiente manera:

I. Según la forma de su entrada

De acuerdo con Heizer & Render (2009), mencionan que la función de origen de los modelos pueden ser:

- **"Heurísticos:** son los que están basados en las explicaciones sobre las causas o mecanismos naturales que dan lugar al fenómeno estudiado.
- **Empíricos:** son los que utilizan las observaciones directas o los resultados de experimentos del fenómeno estudiado" (p. 368).

II. Según el tipo de representación

Dentro de los modelos matemáticos se encuentran distintas denominaciones y estas son aplicadas de la siguiente manera:

- **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. (Heizer & Render, 2009, p. 370)

III. Según la aleatoriedad

Según su situación inicial, los modelos se clasifican en:

- **Modelos determinísticos:** “son aquellos donde se supone que todos los datos pertinentes se conocen con certeza. Es decir, que cuando el modelo sea analizado se tendrá disponible toda la información necesaria para tomar las decisiones correspondientes” (Hillier & Lieberman, 2010, p.18). En ellos se identifican los procesos cuyos sucesos se producen entre valores que se repiten, es decir que ya se conocen sus resultados, dejando de lado la incertidumbre y el conocimiento de los datos del modelo a sustentar.
- **Modelos probabilísticos o estocásticos:** “algunos elementos no se conocen con certeza. 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” (Hillier & Lieberman, 2010, p.19).

  En consecuencia, los problemas determinísticos no cumplen ningún papel al azar ni de incertidumbre, por otro lado, los modelos probabilísticos se basan en la incertidumbre, de ahí se origina la importancia de la investigación de operaciones para llegar a disponer de elementos cuantitativos y así encontrar las mejores soluciones y contar con la optimización de los recursos.

b) Construcción de modelos

En un ambiente de negocios el contar con modelos cuantitativos es importante para lograr una mejor solución óptima. El modelo matemático se construye a partir de situaciones administrativas que conllevan a las variables de decisión, así mismo el identificar y definir de manera clara y precisa los objetivos, pero primordialmente el plantearlo de forma matemática, pues las restricciones son las condiciones o limitaciones del problema.

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. (Monks, 2006, p.11)

Dentro de los modelos matemáticos está el de programación lineal, llamado así porque las funciones son lineales. El aporte de este modelo a la solución de problemas empresariales es significativo, como se verá a continuación.

1.2.2.3. Programación lineal

La programación lineal es una técnica matemática que se encarga de solucionar problemas por medio de valores en aquellas variables involucradas en la decisión, todo ello para llegar al objetivo por medio de la construcción de las limitaciones o restricciones que ayuden a construir las reglas del juego. Esto permite tomar decisiones al analizar los recursos de producción disponibles en cualquier empresa, con el objetivo deseado de maximizar utilidades o minimizar costos.

De acuerdo con Thierauf (2008), este método utiliza el álgebra de matrices para dar solución a los problemas que contienen dos o más variables, una característica básica del método simplex es que la última solución produce una contribución tan grande o mayor que la solución previa en un problema, lo que da la seguridad de llegar finalmente a la respuesta óptima. (p.230)

a) Supuestos de la programación lineal

En la realidad, los supuestos de programación lineal están implícitos en la formulación de modelos; los supuestos simplemente son que el modelo debe tener una función objetivo lineal sujeta a restricciones lineales. Sin embargo, desde el punto de vista de modelación, estas propiedades matemáticas de un modelo de programación lineal implican que se deben considerar ciertos supuestos acerca de las actividades y datos del problema que será modelado,

incluso algunos acerca del efecto de las variaciones en el nivel de las actividades. (Mathur & Solow, 2005, p.97)

b) Forma de expresión

Según Taha (2009), estos modelos se expresan matemáticamente de la siguiente forma: cuando es lineal la función que se desea maximizar o minimizar (X, Y) tiene la siguiente forma de expresión en la cual a y b son constantes:

Max Z = ax+bx+cx o Min Z = ax+bx+cx. (p.12)

c) Conceptos de formulación del modelo de programación lineal

I. Función objetivo

Taha (2009), indica que dicho término se refiere a que la función objetivo define la efectividad del sistema como una función matemática de sus variables de decisión, ya sea maximizar o minimizar. Si se maximiza generalmente serán ganancias, rendimiento, eficiencia o efectividad; si, por el contrario, se minimiza será costo y tiempo. (p.12)

II. Variables de decision

“Constituye las incógnitas del problema, consiste básicamente en los niveles de todas las actividades que puedan llevarse a cabo en el problema a formular” (Thierauf, 2008, p. 231). Es decir, que son las interrogantes a determinar con la solución del modelo.

III. Restricciones

“Son limitaciones sobre las decisiones permisibles. Se presentan generalmente en dos formas: limitaciones y requerimientos. Pueden subdividirse aún más para reflejar las limitaciones y requerimientos físicos, económicos y exigencias de política operativa” Hillier & Lieberman, 2010, p. 147).

IV. Costo primo

Representa los costos en los que la empresa incurre durante la fabricación de productos o prestación de servicios, entre los que se tienen materiales directos o los costos de la mano de obra directa.

V. Solución óptima

Llamado así porque representa una solución factible que permite optimizar el objetivo de nuestro problema, dando un valor más favorable en la función objetivo.

VI. Combinación óptima

Aquella que ayuda a proporcionar un nivel máximo de producción a un costo dado o también es aquella que tiene un costo mínimo dado el nivel de producción.

d) Utilización de la programación lineal para la toma de decisiones

Estos instrumentos permiten solucionar problemas por medio de modelos matemáticos dentro de las organizaciones, para ello es importante establecer las causas y efectos que se den, para luego determinar el método que se aplicará. A continuación, se presentan algunos de los métodos más utilizados en la programación lineal:

e) Métodos de solución a través de la programación lineal

I. Método gráfico

También es conocido como método geométrico es aplicable en dónde únicamente se cuenta con la intervención de dos variables, en este método se busca maximizar o minimizar la función objetivo que está sujeta a ciertas restricciones lineales, el fin que busca es el de dar un conocimiento intuitivo de los conceptos que son usados en el algoritmo o en la secuencia de pasos.

II. Método simplex

De acuerdo con lo que indica Thierauf (2008), este método es factible para la solución de problemas de programación lineal que tienen más de dos variables de decisión. Respecto a otros métodos es más complejo en cuanto a sistemas reales, permite ir mejorando la solución a 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. (p.244)

Pasos para llevar a cabo el método simplex de manera manual:

Paso 1: identificar las variables a utilizar

Paso 2: contemplar las restricciones sujetas a resolver el problema

Paso 3: establecer nuestra función objetivo

Paso 4: cambiar el modelo a forma estándar

Paso 5: armar la tabla simplex

Paso 6: elegir el valor de Z más negativo

Paso 7: determinar las variables de salida y el elemento pivote

Paso 8: hacer ceros los demás valores de la columna entrada

Paso 9: la solución se da cuando todos los elementos de z son positivos

Nota: de haber números negativos en z, habría que repetir el procedimiento desde el paso 6.

f) Función objetivo de los métodos de solución

I. Minimización

Como lo indica Taha (2012), la minimización es el 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 qué, 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. (p.18)

Pasos para realizar una minimización de manera manual:

Paso 1: identificar

- Objetivo
- Variables de decisión
- Restricciones

Paso 2: plantear el problema

Paso 3: definir la función objetivo (FO) en forma matemática

Paso 4: definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones

Paso 5: formar una matriz inicial con los coeficientes y las constantes de las desigualdades y en el último renglón incluir el coeficiente de la función objetivo.

Paso 6: transportar la matriz inicial

Paso 7: construir el primer tablero simplex, con los valores de los elementos de la matriz transpuesta, e insertar una matriz identidad entre la penúltima y la última columna.

Paso 8: cambiar de signo los valores de los elementos del último renglón.

Paso 9: identificar la columna pivote (CP), la cual se identifica con el menor valor de los elementos de la fila de la función objetivo. Si existe empate con otra y otras columnas, se toma cualquier columna.

Paso 10: encontrar el elemento pivote (EP), lo cual se logra, dividiendo cada uno de los elementos de la última columna, llamada también constante, entre el elemento, mayor que cero, correspondiente de la fila, de la columna pivote, y el menor cociente indicará cual es el elemento pivote. Si existe más de un cociente de este tipo, se puede elegir cualquiera de ellos.

Paso 11: convertir en uno el elemento pivote, lo cual se logra multiplicando el inverso del valor del elemento pivote, por cada valor de los elementos de su fila, ordenando los resultados en una nueva fila del siguiente tablero, denominándosele a esta nueva fila pivote (FP).

Paso 12: convertir a cero los restantes valores de los elementos 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, sumándole los valores de los elementos correspondientes de la fila correspondiente del elemento a convertir en cero y el nuevo resultado se ordena en la fila de acuerdo con su orden.

Paso 13: de ser necesario repetir los pasos el 9 al 12, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex sean positivos o ceros. Si esto se ha logrado, entonces se tendrá el tablero que optimiza la FO, todo tablero anterior a este, es una función factible.

Paso 14: el valor para cada variable de decisión se localiza en el último renglón, en el lugar que ocupaba la matriz identidad, en forma correlativa (x1, x2, x3,…. xn) y el valor de Z en el último renglón y última columna.

Paso 15: comprobar en la FO, consiste en sustituir las variables e decisión por los valores de xn, de la solución óptima.

Paso 16: comprobar en las desigualdades, para verificar s se cumple con las condiciones restrictivas, consiste en sustituir las variables de decisión por los valores xn de la solución óptima.

Paso 17: respuesta o conclusión.

II. Maximización

Es un procedimiento algebraico que es utilizado para obtener una combinación óptima de las variables de decisión, con el fin de maximizar la función objetivo, como ejemplo, el rendimiento de utilidades. Según (Taha, 2012): 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 la M grande, se debe utilizar como característica esencial el signo menor o igual qué, 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.

Dependiendo de las necesidades de la empresa o sujeto; el objetivo principal de este procedimiento es conseguir el máximo beneficio de la función objetivo, como ejemplo, las ganancias y/o el beneficio. (p.15)

Pasos para realizar una maximización de manera manual:

Paso 1: identificar

- Objetivo
- variables de decisión
- restricciones

Paso 2: plantear el problema.

Paso 3: definir la función objetivo (FO) en forma matemática.

Paso 4: definir la función objetivo (FO) en forma matemática.

Paso 5: convertir las desigualdades restrictivas en igualdades, agregando variables de holgura, una por cada desigualdad.

Paso 6: igualar la función objetivo a 0.

Paso 7: construir un primer tablero simplex, ordenando los coeficientes y las constantes de las igualdades por renglones y en el último renglón incluir el coeficiente de la función objetivo igualada a cero.

Paso 8: determinar la columna pivote (CP), la cual se identifica con el menor valor (el más negativo), de los elementos de la función objetivo (última fila del tablero). Si existe más de una columna de este tipo, se puede elegir cualquiera de ellas.

Paso 9: encontrar el elemento pivote (EP), lo cual se logra, dividiendo cada uno de los elementos de la última columna, llamada también constante, entre el elemento, mayor que cero, correspondiente de la fila, de la columna pivote, y el menor cociente indicará cual es el elemento pivote. Si existe más de un cociente de este tipo, se puede elegir cualquiera de ellos.

Paso 10: convertir en uno el valor del elemento pivote, lo cual se logra multiplicando el inverso del valor del elemento pivote, por cada valor de los elementos de su fila, ordenando los resultados en la fila correspondiente del siguiente tablero, denominándosele a este nueva fila pivote (FP).

Paso 11: convertir e cero los restantes valores de los elementos 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, sumándole los valores de los elementos correspondientes de la fila correspondiente al elemento a convertir en cero y el nuevo resultado se ordena en la fila de acuerdo con su orden.

Paso 12: de ser necesario repetir los pasos el 8 al 11, hasta que todos los elementos de la última fila del tablero simplex (fila de la FO.) sean positivos o ceros. Si esto se ha logrado, entonces tendrá el tablero que optimiza la FO, todo tablero anterior a este, es una solución factible.

Paso 13: el valor para cada variable de decisión se localiza en el último renglón, en el lugar que ocupaba la matriz identidad, en forma correlativa (x1, x2, x3… xn) y el valor de Z en el último renglón y última columna.

Paso 14: comprobar en la FO, consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de xn de la solución óptima.

Paso 15: comprobar con las desigualdades, para verificar si se cumple con la condiciones restrictivas, consiste en sustituir las variables de decisión por los valores de xn de la solución óptima.

Paso 16: respuesta o conclusión.

CAPÍTULO II

DIAGNÓSTICO DE LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

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 a través de entrevista dirigida a los dueños y la guía de observación a proceso productivo.

2.1. Metodología de la Investigación

En esta investigación se utilizaron métodos, técnicas e instrumentos que permitieron la recolección de información necesaria, de la unidad de análisis, para dar la solución a la problemática planteada.

2.1.1. Método de investigación

Suelen valorarse como un conjunto de procedimientos ordenados que permiten orientar la agudeza de la mente para descubrir y explicar una verdad. Su utilidad consiste en que tienden al orden para convertir un tema en un problema de investigación y llevar a cabo la aprehensión de la realidad.

2.1.1.1. Método científico

Esté método se aplicó en la investigación, mediante el desarrollo de una serie de fases sistemáticas como lo son: Fase indagadora: se tomaron como fuentes de información las siguientes: fuentes primarias, entre las que se pueden mencionar a la organización en estudio. Fuentes secundarias; bibliografía. Fase demostrativa: a través de la comprobación de las hipótesis planteadas y Fase expositiva: los resultados que se obtuvieron de la investigación son presentados en el informe, donde se exponen las conclusiones y recomendaciones obtenidas.

2.1.1.2. Método deductivo

Es una estrategia de razonamiento empleada para deducir conclusiones lógicas a partir de una serie de premisas o principios, es un proceso de pensamiento que va de lo general (leyes o principios) a lo particular (fenómenos o hechos

concretos). Según el método deductivo, la conclusión se halla dentro de las propias premisas referidas o, dicho de otro modo, la conclusión es consecuencia de estas.

2.1.2. Técnicas de investigación

Las técnicas que se mencionan a continuación, se aplicaron para la recopilación de la información: Investigación documental: material de referencia que permitió la elaboración del marco teórico, el diagnóstico y la propuesta de solución. Trabajo de campo: recolección de información directamente del área donde se desarrolló la investigación. Observación directa: se aplicó en el recorrido de la empresa para conocer datos importantes de la organización que ayudaron a resolver la problemática existente.

2.1.3. Instrumentos de investigación

Para esta investigación se utilizó: Entrevista dirigida: consistió en una serie de preguntas dirigidas al administrador de la procesadora de lácteos, con el propósito de obtener información general y contable de la unidad de análisis.

2.2. Unidad de análisis

La empresa procesadora de lácteos, en la actualidad está ubicada en el Municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.

2.2.1. Antecedentes

La empresa está constituida como una pequeña asociación, la cual se dedica a la elaboración de productos lácteos. Esta misma fue fundada en el año 1999, sus instalaciones desde su inicio hasta el día de hoy son las mismas con ubicación aldea Tiucal del Municipio de Asunción Mita, departamento de Jutiapa.

El objetivo primordial de la procesadora es el de poder contar con una mayor cobertura en el mercado nacional su modo de alcanzar dicha acción es por medio de brindarles a sus clientes productos de primera calidad con precios accesibles a los bolsillos de estos.

A lo largo de sus ya 20 años ha logrado crecer de tal manera, que ahora distribuye sus productos en los municipios de Asunción Mita, Atescatempa, El

Progreso y Jutiapa; así como en algunos puntos de la Ciudad Capital. Entre sus metas propuestas a corto plazo tienen la distribución a otros municipios, así como, el poder agregar otros productos lácteos, para poder tener una mayor cartera de clientes y contar con productos para todos los gustos.

En la empresa se producen tres tipos de quesos frescos: natural (16 onzas), con loroco (12 onzas) y con chiltepe (12 onzas). Para su elaboración se requiere de las siguientes materias primas: leche, cuajo, sal, loroco y chiltepe; las cuales deben ser transformadas por medio de un proceso de producción que costa de las siguientes etapas: preparación, cuajado, exprimido, salado, molido, armado, empaquetado y limpieza.

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, produce los quesos utilizando sus ventas históricas.

2.2.2. Filosofía empresarial

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

a) Misión

“Ser una empresa dedicada a la elaboración y comercialización de productos lácteos que sean de la más alta calidad y a la vez contribuyendo al crecimiento y a la nutrición de una población saludable”. (Procesadora de Lácteos).

b) Visión

“Ser una empresa de lácteos líder en el mercado mediante la satisfacción de las necesidades alimentarias de la población, por medio de productos de primera calidad, pero principalmente manteniendo un alto enfoque en el apoyo a nuestra sociedad”. (Procesadora de Lácteos).

c) Valores

- **Transparencia**

Todos los trabajadores y directivos se comprometen a ser transparentes y claros en el desarrollo de sus funciones.

- **Excelencia**

En todo momento se plantean desafíos para la mejora de nuestros productos por medio de la diversidad, el buen trato, el respeto y la confianza.

- **Integridad**

Contar con las más altas normas de integridad tanto individual como grupal, por medio del cumplimiento de todas las políticas y leyes establecidas en la empresa.

- **Compromiso**

Con nuestros clientes, al momento de brindarles nuestros productos.

- **Honestidad**

Llevar a cabo nuestros negocios con una total honestidad e integridad por medio de las buenas prácticas empresariales.

- **Trabajo en equipo**

Valorando y fomentando el aporte de las personas en el logro de los objetivos comunes. (Procesadora de Lácteos)

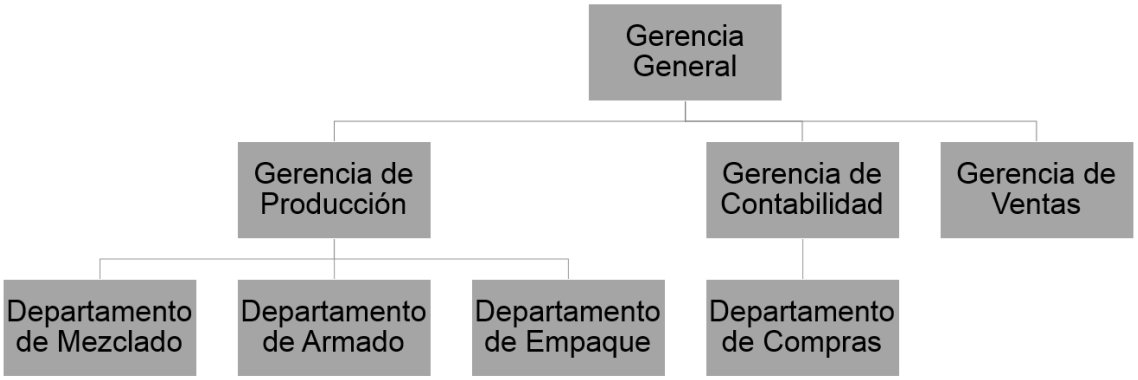
2.2.3. Estructura organizacional

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
- Gerencia de Contabilidad
- Gerencia de Producción
- Gerencia de Ventas

Gráfica 1

Organigrama General de la Empresa Procesadora de Lácteos



Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

2.3. Situación actual de la producción de quesos

La Procesadora de Lácteos elabora tres tipos de quesos: natural, con loroco y con chiltepe. En los siguientes incisos se detalla el proceso involucrado en la elaboración de los quesos, así como información relativa a la materia prima empleada, mano de obra, costo primo de cada tipo de queso y la utilidad devengada por la venta de cada uno.

2.3.1. Proceso de producción de queso

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

A continuación, se especifican las actividades necesarias para obtener una producción de quesos (por lote):

a) **Preparación:** Consiste en tener preparados todos los insumos necesarios para la elaboración de los quesos.
b) **Cuajado:** Es añadir fermentos o coagulantes. Es en este momento cuando el queso pasa de ser líquido a estar sólido o semisólido. Se crea así una especie de cuajada.
c) **Exprimido:** Es el drenado del suero utilizando un paño o lienzo para que el suero escurra totalmente.

d) **Salado:** Es el proceso más básico y fundamental para conservar bien el producto, para evitar que salgan microorganismos. Además se potencia el sabor y el aroma.
e) **Molido:** Se lleva a cabo colocando el queso ya salado en un molino para obtener una textura más fina. Asimismo, en esta etapa se agregan los ingredientes extra para darle otro sabor (loroco o chiltepe).
f) **Armado:** Se realiza utilizando aros de plástico para darle forma y ajustarlo al peso deseado.
g) **Empaquetado:** Consiste en envolverlo en hojas de plátano para el comercio local o en recipientes plásticos para su comercio fuera del municipio.
h) **Limpieza:** Se realiza el lavado de las herramientas empleadas y el área de trabajo.

2.3.2. Determinación de cantidades de materia prima por cada uno de los productos

A través de la entrevista dirigida a los dueños de la Procesadora de Lácteos, se obtuvo información sobre las cantidades de materia prima empleada para la producción de cada tipo de queso. Los productos que conforman la materia prima son leche, cuajo, sal, loroco y chiltepe; cuyas cantidades se presentan en el siguiente cuadro.

Cuadro 1.

Materia prima por queso

Insumo		**Queso**		
Concepto	**Medida**	**Natural**	**Loroco**	**Chiltepe**
Leche	Mililitro	4000	3000	3000
Cuajo	Mililitro	0.2	0.15	0.15
Sal	Onza	0.192	0.096	0.096
Loroco	Onza		0.5	
Chiltepe	Onza			0.25

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

2.3.3. Determinación de costos

En este punto se detalla el costo de la materia prima utilizada en la producción de los tipos quesos, los cuales incluye el costo de materia prima.

El siguiente cuadro detalla el costo de las materias primas antes mencionadas, así como la medida en que son adquiridas.

Las compras de materia prima las hace de la siguiente manera: leche la cual adquiere diariamente, cuajo lo compra trimestralmente, la sal es adquirida mensualmente, loroco si es temporada lo adquiere mensualmente, pero si es fuera de temporada lo compra 2 veces al mes y por último el chiltepe es adquirido semanalmente (toda la materia prima es llevada a las instalaciones de la Procesadora).

Cuadro 2

Costo de materia prima

Descripción	Medida	Costo
Leche	Litro	Q 3.00
Cuajo	Litro	Q 125.00
	Mililitro	Q 0.13
Sal	Libra	Q 1.00
	Onza	Q 0.06
Loroco	Libra	Q 15.00
	Onza	Q 0.94
Chiltepe	Libra	Q 14.00
	Onza	Q 0.88

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

El cuadro No. 3 detalla las cantidades de materia prima utilizada durante el año 2019. Se pude observar que las cantidades a comprar mensualmente son diferentes, esto se debe a que la demanda en el mercado es cambiante, existen meses de producción alta debido a fechas festivas por afluencia de vecinos mitecos residentes en otras partes del país.

La procesadora cuenta con un inventario mensual para cada materia prima que utiliza en la elaboración de los quesos, las cantidades son las siguientes: de leche cuenta con 5,000 litros, de cuajo con 1 bote (este mismo le rinde la producción de 3 meses) de sal 10 libras, de loroco 10 libras y de chiltepe 2 libras.

Cuadro 3

Compra de materia prima en el año 2019

Mes	Leche (lt)	Cuajo (lt)	Sal (lb)	Loroco (lb)	Chiltepe (lb)
Enero	5200	1	20	20	4.25
Febrero	5125		15	24.5	5
Marzo	5233		12	30	4
Abril	5175	1	19	14.5	2
Mayo	5375		21	12	2.5
Junio	5020		13	12	3.5
Julio	5215	1	17	12.5	4
Agosto	5244		17	16	5
Septiembre	5165		20	12.5	5.75
Octubre	5224	1	18	19.75	3.5
Noviembre	5246		19	16	3.25
Diciembre	5190		25	20	7.5
Total	*62412*	*4*	*216*	*25*	*50.25*
Promedio	***5201***	***1 lt/trimestral***	***18.000***	***17.479***	***4.188***
Promedio ml	**5201000**	**333.333**			
Promedio oz			**288**	**279.667**	**67**

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

En los cuadros 4 y 5 se presentan los datos de mano de obra expresada en horas hombre. Para esto se consideraron las actividades que conforman el proceso de producción de los tres tipos de quesos.

El proceso de producción de queso está conformado por las actividades de preparación de ingredientes, cuajado, exprimido, mezclado con sal, molido, armado, empaquetado y limpieza, cada una con un tiempo específico. En este proceso intervienen dos trabajadores.

El cálculo de mano de obra se realizó con la cantidad de quesos que se elaboran en un ciclo productivo. Durante cada ciclo se elaboran 30 quesos naturales con un peso de 16 onzas y 40 quesos con loroco o 40 quesos con chiltepe. De estos últimos, se producen más debido a que tienen un peso de 12 onzas cada uno.

La empresa labora todos los días en una jornada de 6:00 a 13:00 horas, realizando turnos entre los trabajadores y otorgando 30 minutos diarios para comer. Por tanto, la empresa dispone al mes de 390 horas hombre (este dato se obtiene multiplicando 6.5 horas diarias por 2 trabajadores por 30 días mensuales).

Cuadro 4

Mano de obra utilizada para producir 30 quesos naturales

Proceso	Preparación	Cuajado	Exprimido	Salado	Molido	Armado	Empaquetado	Limpieza	Total
Tiempo en minutos	10	45	10	5	25	25	25	10	155
Trabajadores	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HH (en minutos)	**20**	**90**	**20**	**10**	**50**	**50**	**50**	**10**	**310**

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

Para producir 30 quesos naturales se necesitan 310 minutos (horas hombre). Por tanto las horas hombre necesarias para un queso son 10.33 minutos.

Cuadro 5

Mano de obra utilizada para producir 40 quesos con loroco o 40 quesos con chiltepe

Proceso	Preparación	Cuajado	Exprimido	Salado	Molido	Armado	Empaquetado	Limpieza	**Total**
Minutos	10	45	10	5	25	25	25	10	155
Trabajadores	2	2	2	2	2	2	2	2	2
HH (en minutos)	**20**	**90**	**20**	**10**	**50**	**50**	**50**	**20**	**310**

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

Para producir 40 quesos con loroco o chiltepe se necesitan 310 minutos (horas hombre). Por tanto las horas hombre necesarias para un queso son 7.75 minutos.

2.3.4. Costo primo por queso

En este inciso se determina el costo primo de cada tipo de queso que produce la Procesadora de Lácteos. Este costo se conforma por la materia prima (leche, cuajo, sal, loroco y chiltepe), mano de obra y costos indirectos.

Los costos indirectos de la producción de quesos están integrados por los costos fijos y variables. Los costos fijos comprenden agua y energía eléctrica, Q 10.00 y Q 725.00 (promedio mensual) respectivamente. De estos, el 35% corresponde a la producción de quesos, ya que es el porcentaje que los quesos equivalen a la producción total de la procesadora de lácteos.

En cuanto a los costos variables, comprenden el recipiente donde se coloca el queso (Q 0.45 y Q 0.38), bolsa plástica (Q 0.06) y etiqueta con información de la empresa (Q 0.30).

a) Costo de queso natural

Materia prima		
Leche		
4 litros/queso		
Litro de leche Q 3.00		
4 litros * Q 3.00	12.00	
Cuajo		
0.20 militros/queso		
Litro Q 125.00		
Q 125.00 / 1000 ml * 0.2 ml/queso	0.03	
Sal		
0.192 onzas/queso		
Libra Q 1.00		
Q 1.00 / 16 oz * 0.192 oz/queso	0.01	12.04
Mano obra		
0.1722 HH/queso		
6.5 horas * 30 días * 2 trabajadores = 390 HH		

2 trabajadores * Q 1800.00 = Q 3,600.00			
Q 3,600.00 / 390 HH = Q 9.23/HH			
Q 9.23/HH * 0.1722 HH/queso			1.59
Costos indirectos			
0.1722 HH/queso			
Fijos			
Agua Q 10.00 + Luz Q 725.00 = Q735.00			
Q 735.00 * 35% = Q 257.25			
Q 257.25 / 390 HH = Q 0.66/HH			
Q 0.66/HH * 0.1722 HH/queso		0.11	
Variables			
Recipiente	Q 0.45		
Bolsa	0.06		
Sticker	0.25	0.76	0.87
Costo primo de queso natural			**14.50**

b) Costo de queso con loroco

Materia prima		
Leche		
3 litros/queso		
Litro de leche Q 3.00		
3 litros * Q 3.00	9.00	
Cuajo		
0.15 militros/queso		
Litro Q 125.00		
Q 125.00 / 1000 ml * 0.15 ml/queso	0.02	
Sal		
0.096 onzas/queso		
Libra Q 1.00		
Q 1.00 / 16 oz * 0.096 oz/queso	0.01	

Loroco		
0.5 onzas/queso		
Libra Q 15.00		
Q15.00 / 16 oz * 0.5 oz/queso	0.47	9.50
Mano obra		
0.1292 HH/queso		
6.5 horas * 30 días * 2 trabajadores = 390 HH		
2 trabajadores * Q 1800.00 = Q 3,600.00		
Q 3,600.00 / 390 HH = Q 9.23/HH		
Q 9.23/HH * 0.1292 HH/queso		1.19
Costos indirectos		
0.1722 HH/queso		
Fijos		
Agua Q 10.00 + Luz Q 725.00 = Q735.00		
Q 735.00 * 35% = Q 257.25		
Q 257.25 / 390 HH = Q 0.66/HH		
Q 0.66/HH * 0.1292 HH/queso	0.09	
Variables		
Recipiente Q 0.38		
Bolsa 0.06		
Sticker 0.25	0.69	0.78
Costo primo de queso con loroco		**11.47**

c) Costo de queso con chiltepe

Materia prima		
Leche		
3 litros/queso		
Litro de leche Q 3.00		
3 litros * Q 3.00	9.00	

Cuajo		
0.15 militros/queso		
Litro Q 125.00		
Q 125.00 / 1000 ml * 0.15 ml/queso	0.02	
Sal		
0.096 onzas/queso		
Libra Q 1.00		
Q 1.00 / 16 oz * 0.096 oz/queso	0.01	
Chiltepe		
0.25 onzas/queso		
Libra Q 14.00		
Q 14.00 / 16 oz * 0.25 oz/queso	0.22	9.25
Mano obra		
0.1292 HH/queso		
6.5 horas * 30 días * 2 trabajadores = 390 HH		
2 trabajadores * Q 1800.00 = Q 3,600.00		
Q 3,600.00 / 390 HH = Q 9.23/HH		
Q 9.23/HH * 0.1292 HH/queso		1.19
Costos indirectos		
0.1722 HH/queso		
Fijos		
Agua Q 10.00 + Luz Q 725.00 = Q735.00		
Q 735.00 * 35% = Q 257.25		
Q 257.25 / 390 HH = Q 0.66/HH		
Q 0.66/HH * 0.1292 HH/queso	0.09	
Variables		
Recipiente Q 0.38		
Bolsa 0.06		
Sticker 0.25	0.69	0.78
Costo primo de queso con chiltepe		**11.22**

El costo de producir un queso natural es de Q 14.50, el de queso con loroco es Q 11.47 y el de queso con chiltepe es Q 11.22.

2.3.5. Utilidad de cada tipo de queso

El precio al que la Procesadora de Lácteos vende cada queso es de Q 17.00 el queso fresco natural y Q 14.00 el queso con loroco o chiltepe.

Luego de determinado el costo primo de cada queso en el cuadro 6, en el siguiente cuadro se detalla la utilidad que obtiene la empresa por la venta de cada queso.

Cuadro 6

Utilidad de cada producto

	Queso natural	**Queso con loroco**	**Queso con chiltepe**
Precio venta	Q 17.00	Q 14.00	Q 14.00
Costo	Q 14.50	Q 11.47	Q 11.22
Utilidad	**Q 2.50**	**Q 2.53**	**Q 2.78**

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

2.3.6. Demanda mensual y semanal de quesos

El cuadro 7 representa la demanda de la empresa de un año, detallada por mes y por tipo de queso, indicando también la demanda promedio mensual de la empresa.

Esta información será de utilidad para determinar las restricciones de acuerdo a las necesidades de la empresa.

Cuadro 7

Demanda mensual de quesos (pedido variable)

Mes	Natural	Loroco	Chiltepe	Total
Enero	720	479	223	1422
Febrero	673	452	246	1371
Marzo	602	475	278	1355
Abril	634	459	185	1278
Mayo	661	446	198	1305
Junio	656	438	237	1331
Julio	664	466	225	1355
Agosto	692	462	230	1384
Septiembre	713	488	258	1459
Octubre	667	512	246	1425
Noviembre	696	539	266	1501
Diciembre	734	556	252	1542
Total	8112	5772	2844	16728
Promedio	**676**	**481**	**237**	**1394**

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

En el cuadro 8 se puede observar la cantidad de demanda semanal que la empresa tiene de los diferentes tipos de quesos.

Cuadro 8

Demanda semanal de quesos (pedido fijo)

Queso Natural	Queso con Loroco	Queso con Chiltepe
106	70	67

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos

2.4. Análisis de resultados

Para la elaboración de los tres tipos de quesos se utiliza como materia prima leche, cuajo, sal, loroco y chiltepe. Se utiliza 4 litros de leche para elaborar el queso natural y 3 litros para el queso con loroco y con chiltepe. De cuajo, se utiliza 0.2 mililitros para queso natural y de 0.15 para queso con loroco y chiltepe, de sal 0.192 onzas para queso natural y 0.096 para queso con loroco y chiltepe, de loroco 0.5 para queso con loroco y por último 0.25 de chiltepe para el queso con chiltepe.

En cuanto a la materia prima necesaria para llevar a cabo la producción mensual en la procesadora, en promedio se adquiere 5201 litros de leche, 1/3 litros de cuajo, 18 libras de sal, 17.48 libras de loroco y 4.19 libras de chiltepe.

Al llevar a cabo la elaboración de los quesos, en un ciclo de producción la procesadora puede elaborar 30 quesos naturales de 16 onzas cada uno y 40 quesos de chiltepe o loroco de 12 onzas cada uno.

En cuanto a mano de obra, para llevar a cabo todo el proceso de elaboración de un ciclo de 30 quesos naturales se necesitan 310 minutos (horas hombres), equivalente a 10.33 minutos por queso. De igual manera, se necesitan 310 minutos para elaborar los 40 quesos de chiltepe o loroco, lo cual equivale a 7.75 minutos por queso. Además, se estableció que dispone de 390 horas hombre mensualmente.

De parte de sus diferentes clientes ubicados en los municipios de Asunción Mita, Atescatempa, El Progreso, Jutiapa y Ciudad Capital, la procesadora tiene una demanda mensual promedio de 676 quesos naturales, 481 quesos con loroco y 237 quesos con chiltepe. Con un pedido semanal fijo de 106 quesos naturales, 70 quesos con loroco y 67 quesos con chiltepe.

Los datos de materia prima comprada, horas hombre y la demanda de los mismos se convierten en restricciones al momento de desarrollar el modelo matemático en el capítulo III, indicando las disponibilidades o limitaciones de recursos con los que la procesadora cuenta mensualmente para llevar a cabo la producción de quesos naturales, con loroco y con chiltepe.

La materia prima mencionada anteriormente, es adquirida de la siguiente manera: la leche es adquirida diariamente a Q3.00 el litro, cuajo lo compran trimestralmente a Q125.00 el litro, la sal es adquirida mensualmente a Q1.00 la libra. El loroco, si es de temporada lo adquieren mensualmente; de lo contrario lo compra 2 veces al mes a Q15.00 la libra. Por último, el chiltepe es adquirido semanalmente a Q14.00 la libra. El costo de mano de obra se determinó para cada queso con base en el salario de los dos trabajadores que participan en la elaboración de los quesos, así como en la cantidad de horas hombre utilizadas para producir cada unidad. De igual forma, los costos indirectos se establecieron con base al porcentaje que de agua y energía eléctrica se ocupa en dicha producción, prorrateado con base a las horas hombre empleadas.

El costo primo por cada queso se determinó a través del costo estañar, dando un costo de Q14.50 para el queso natura, Q11.47 para el queso con loroco y Q11.22 para el queso con chiltepe. Estos datos permiten establecer la utilidad a obtener por cada tipo de queso.

El precio de venta del queso natural es de Q17.00, el queso con loroco y queso con chiltepe a Q 14.00 cada uno. Por tanto, la utilidad obtenida es de Q2.50, Q2.53 y Q2.78 respectivamente. Esta utilidad se convierte en el principal objetivo a perseguir en esta investigación, pues se desea maximizar la utilidad mensual en la producción de quesos en la procesadora.

CAPÍTULO III
APLICACIÓN DEL MÉTODO SIMPLEX PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE QUESOS EN UNA PROCESADORA DE LÁCTEOS, UBICADA EN EL MUNICIPIO DE ASUNCIÓN MITA, DEPARTAMENTO DE JUTIAPA

3.1. Justificación de la propuesta

En la actualidad, uno de los mayores inconvenientes con que cuenta el área de producción en la Procesadora de Lácteos, es la falta de información veraz y oportuna, que permita una adecuada toma de decisiones sobre los recursos con los que se cuenta.

Con el fin de proporcionar a los propietarios de la Procesadora, información estadística para la toma de decisiones, se propone aplicar el método matemático simplex, como una herramienta técnica que permita determinar la cantidad de quesos a producir.

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, para alcanzar el objetivo trazado.

3.2. Objetivo del método

Aumentar la utilidad en la venta de quesos en un 10%, luego de un año de implementada la propuesta.

3.3. Desarrollo del modelo matemático propuesto

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

3.3.1. Identificación de datos

El modelo está aplicado a una procesadora de lácteos, específicamente para la producción de quesos frescos en sus tres presentaciones.

a. Queso fresco natural = 16 onzas
b. Queso fresco con loroco = 12 onzas
c. Queso fresco con chiltepe = 12 onzas

3.3.2. Objetivo del modelo

El objetivo que persigue es Maximizar las utilidades por medio de:

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

b) Estipular la cantidad de quesos a elaborar que permita obtener la máxima utilidad.

c) Cumplir con las restricciones establecidas para cada una de las variables.

3.3.3. Variables de decisión

Las variables tomadas para el análisis del problema, son las características de los productos, con los que se diferencia entre si los cuales se utilizarán en el modelo, se identifican como “Xn” para igualar la variable y el número correlativo asignado.

Quesos frescos

1. Natural (x_1)
2. Con loroco (x_2)
3. Con chiltepe (x_3)

3.3.4. Restricciones

a. Leche
b. Cuajo
c. Sal
d. Loroco
e. Chiltepe
f. Mano de obra
g. Demanda de queso natural
h. Demanda de queso con loroco
i. Demanda de queso con chiltepe

3.3.5. Planteamiento del problema

Con la información recabada en la investigación, se ha formulado el siguiente cuadro:

Cuadro 9

Planteamiento esquemático

Restricciones		Por cada tipo de queso			Disponibilidad	Signo
Concepto	**Medida**	**X_1**	**X_2**	**X_3**		
Leche	Mililitros	4000	3000	3000	5201000	≤
Cuajo	Mililitros	0.2	0.15	0.15	333.33	≤
Sal	Onzas	0.192	0.096	0.096	288	≤
Loroco	Onzas	0	0.5	0	279.67	≤
Chiltepe	Onzas	0	0	0.25	67	≤
Mano de obra	HH	0.1722	0.1292	0.1292	390	≤
Demanda x1	Unidades	1	0	0	676	≥
Demanda x2	Unidades	0	1	0	481	≥
Demanda x3	Unidades	0	0	1	237	≥
Utilidad	Q	2.50	2.53	2.78		

Fuente: elaboración propia (2020). Con base en información proporcionada por Procesadora de Lácteos.

Función objetivo

$$FO = \text{Maximizar } Z = 2.50x_1 + 2.53x_2 + 2.78x_3$$

3.3.6. Aplicación del modelo matemático simplex

3.3.6.1. Definir las restricciones en forma de desigualdades o inecuaciones

Las restricciones deben ser comprobadas 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.

1. $4000\ x_1 + 3000\ x_2 + 3000\ x_3 \leq 5201000$
2. $1/5\ x_1 + 3/20\ x_2 + 3/20\ x_3 \leq 1000/3$
3. $24/125\ x_1 + 12/125\ x_2 + 12/125\ x_3 \leq 288$
4. $1/2\ x_2 + \leq 839/3$
5. $1/4\ x_3 \leq 67$
6. $31/180\ x_1 + 31/240\ x2 + 31/240\ x_3 \leq 390$
7. $x1 \geq 676$
8. $x2 \geq 481$

9.					x3	≥	237
10.	x_1	,	x_2	&	x_3	≥	0

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

Esto se aplicará a las desigualdades 7, 8 y 9; que representan la condicionalidad de demanda de quesos, pues se espera que esta sea mayor o igual a la obtenida anteriormente.

1.	4000 x_1	+	3000 x_2	+	3000 x_3	≤	5201000
2.	1/5 x_1	+	3/20 x_2	+	3/20 x_3	≤	1000/3
3.	24/125 x_1	+	12/125 x_2		12/125 x_3	≤	288
4.			1/2 x_2	+		≤	839/3
5.					1/4 x_3	≤	67
6.	31/180 x_1	+	31/240 x2	+	31/240 x_3	≤	390
7.	- x1					≥	- 676
8.			- x2			≥	- 481
9.					- x3	≥	- 237
10.	x_1	,	x_2	&	x_3	≥	0

3.3.6.2. Convertir las desigualdades en igualdades agregando variables de holgura

Luego de definir las restricciones, en forma de desigualdades se deben convertir a igualdades, agregando variables de holgura, una por cada desigualdad.

1.	4000 x_1	+	3000 x_2	+	3000 x_3	+ h_1	=	5201000
2.	1/5 x_1	+	3/20 x_2	+	3/20 x_3	+ h_2	=	1000/3
3.	24/125 x_1	+	12/125 x_2		12/125 x_3	+ h_3	=	288
4.			1/2 x_2	+		+ h_4	=	839/3
5.					1/4 x_3	+ h_5	=	67
6.	31/180 x_1	+	31/240 x2	+	31/240 x_3	+ h_6	=	390
7.	- x1					+ h_7	=	- 676
8.			- x2			+ h_8	=	- 481
9.					- x3	+ h_9	=	- 237

3.3.7. Construcción de tableros simplex

Se procede a ordenar los coeficientes y las constantes en filas, agregando la función objetivo igualado a cero en la última fila, para formar el primer tablero simplex.

Primer tablero simplex

VB	Z	x1	x2	x3	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	C	EP
H1	0	4000	3000	3000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5201000	1733.67
H2	0	1/5	3/20	3/20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1000/3	2222.22
H3	0	24/125	12/125	12/125	0	0	1	0	0	0	0	0	0	288	3000.00
H4	0	0	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	839/3	
H5	0	0	0	0.25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	67	**268.00**
H6	0	31/180	31/240	31/240	0	0	0	0	0	1	0	0	0	390	
H7	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-676	
H8	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-481	
H9	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-237	
Z	1	-2.50	-2.53	-2.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

Primero es necesario determinar una la columna pivote (C.P.) tomando como base la última fila del tablero simplex y se elige el de menor valor, en este caso es de -2.78.

Luego se a busca el elemento pivote, dividiendo cada una de las constantes dentro de los valores de la columna pivote, eligiendo el resultado de menor valor, en este caso es 268.

Para construir el siguiente tablero, se debe convertir el elemento elegido como pivote en 1, para lo cual se multiplica dicha fila por el inverso del elemento pivote elegido. El inverso se obtiene dividiendo 1 entre el elemento pivote. En este caso, el inverso de 0.25 es 4. Posteriormente se convierten en 0 todos los elementos de la columna pivote.

Nueva fila pivote

H5	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268

Convirtiendo 3000 a cero

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000
Más	0	4000	3000	3000	1	0	0	0	0	0	0	0	0	5201000
Igual	0	4000	3000	0	1	0	0	0	-12000	0	0	0	0	4397000

3/20

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20
Más	0	1/5	3/20	3/20	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1000/3
Igual	0	1/5	3/20	0	0	1	0	0	- 3/5	0	0	0	0	4397/15

12/125 a cero

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125
Más	0	24/125	12/125	12/125	0	0	1	0	0	0	0	0	0	288
Igual	0	24/125	12/125	0	0	0	1	0	- 48/125	0	0	0	0	32784/125

31/240 a cero

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240
Más	0	31/180	31/240	31/240	0	0	0	0	0	1	0	0	0	390
Igual	0	31/180	31/240	0	0	0	0	0	- 31/60	1	0	0	0	21323/60

-1 a cero

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Más	0	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	-237
Igual	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	31

-2.78 a cero

FP	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
Por	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78
Más	1	-2.50	-2.53	-2.78	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Igual	1	-2.5	-2.53	0	0	0	0	0	11.12	0	0	0	0	745.04

Segundo tablero simplex

VB	**Z**	**x1**	**x2**	**x3**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**H7**	**H8**	**H9**	**C**	**E.P.**
H1	0	4000	3000	0	1	0	0	0	-12000	0	0	0	0	4397000	1465.67
H2	0	1/5	3/20	0	0	1	0	0	- 3/5	0	0	0	0	4397/15	1954.22
H3	0	24/125	12/125	0	0	0	1	0	- 48/125	0	0	0	0	32784/125	2732.00
H4	0	0	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	839/3	**559.33**
H5	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268	
H6	0	31/180	31/240	0	0	0	0	0	- 31/60	1	0	0	0	21323/60	2751.35
H7	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-676	
H8	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-481	
H9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	31	
Z	1	-2.5	-2.53	0	0	0	0	0	11.12	0	0	0	0	745.04	

El procedimiento de obtener la columna pivote, el elemento pivote y convertir a cero los elementos de la columna pivote se repite hasta conseguir que los resultados de la última fila del tablero sean ceros o negativos y de esta manera considerar una solución óptima, lo cual se presenta hasta en el quinto tablero simplex.

Nueva fila pivote

H4	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3

Convirtiendo 3000 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000	-3000
Más	0	4000	3000	0	1	0	0	0	-12000	0	0	0	0	4397000
Igual	0	4000	0	0	1	0	0	-6000	-12000	0	0	0	0	2719000

3/20 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20	-3/20
Más	0	1/5	3/20	0	0	1	0	0	- 3/5	0	0	0	0	4397/15
Igual	0	1/5	0	0	0	1	0	- 3/10	- 3/5	0	0	0	0	6277/30

12/125 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125	-12/125
Más	0	24/125	12/125	0	0	0	1	0	- 48/125	0	0	0	0	32784/125
Igual	0	24/125	0	0	0	0	1	- 24/125	- 48/125	0	0	0	0	26000/125

31/240 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240	-31/240
Más	0	31/180	31/240	0	0	0	0	0	- 31/60	1	0	0	0	21323/60
Igual	0	31/180	0	0	0	0	0	- 31/120	- 31/60	1	0	0	0	101880/360

-1 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Más	0	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	-481
Igual	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	235/3

-2.53 a cero

FP	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3
Por	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53	2.53
Más	1	-2.5	-2.53	0	0	0	0	0	11.12	0	0	0	0	745.04
Igual	1	-2.5	0	0	0	0	0	5.06	11.12	0	0	0	0	2160.15333

Tercer tablero simplex

VB	**Z**	**x1**	**x2**	**x3**	**H1**	**H2**	**H3**	**H4**	**H5**	**H6**	**H7**	**H8**	**H9**	**C**	**E.P.**
H1	0	4000	0	0	1	0	0	-6000	-12000	0	0	0	0	2719000	**679.75**
H2	0	1/5	0	0	0	1	0	- 3/10	- 3/5	0	0	0	0	6277/30	1046.17
H3	0	24/125	0	0	0	0	1	- 24/125	- 48/125	0	0	0	0	26000/125	1086.33
H4	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1678/3	
H5	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268	
H6	0	31/180	0	0	0	0	0	- 31/120	- 31/60	1	0	0	0	101880/360	1644.02
H7	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-676	
H8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	235/3	
H9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	31	
Z	1	-2.5	0	0	0	0	0	5.06	11.12	0	0	0	0	2160.15333	

Nueva fila pivote

H1	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75

Convirtiendo 1/5 a cero

FP	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
Por	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5	-1/5
Más	0	1/5	0	0	0	1	0	- 3/10	- 3/5	0	0	0	0	6277/30
Igual	0	0	0	0	-0.00005	1	0	0	0	0	0	0	0	73.2833333

24/125 a cero

FP	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
Por	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125	-24/125
Más	0	24/125	0	0	0	0	1	- 24/125	- 48/125	0	0	0	0	26000/125
Igual	0	0	0	0	-0.00004	0	1	0.096	0.192	0	0	0	0	78.064

31/180 a cero

FP	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
Por	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180	-31/180
Más	0	31/180	0	0	0	0	0	- 31/120	- 31/60	1	0	0	0	101880/360
Igual	0	0	0	0	-0.00004	0	0	0	0	1	0	0	0	166.068056

-1 a cero

FP	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
Por	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Más	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	-676
Igual	0	0	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	1	0	0	3.75

-2.5 a cero

FP	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
Por	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Más	1	-2.5	0	0	0	0	0	5.06	11.12	0	0	0	0	2160.15333
Igual	1	0	0	0	0.000625	0	0	1.31	3.62	0	0	0	0	3859.52833

Cuarto tablero simplex

VB	Z	x1	x2	x3	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	C
H1	0	1	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	0	0	0	679.75
H2	0	0	0	0	-0.00005	1	0	0	0	0	0	0	0	73.2833333
H3	0	0	0	0	-0.00004	0	1	0.096	0.192	0	0	0	0	78.064
H4	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	559.333333
H5	0	0	0	1	0	0	0	0	4	0	0	0	0	268
H6	0	0	0	0	-0.00004	0	0	0	0	1	0	0	0	166.068056
H7	0	0	0	0	0.00025	0	0	-1.5	-3	0	1	0	0	3.75
H8	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	78.3333333
H9	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	1	31
Z	1	0	0	0	0.000625	0	0	1.31	3.62	0	0	0	0	3859.52833

3.3.8. Combinación óptima

Los elementos de la última fila en el tablero anterior son ceros o positivos, por lo que las respuestas que brinda se pueden considerar como una solución factible.

El valor de cada variable de decisión con base a su ubicación, aso como el valor de Z es el siguiente:

a) x_1 = 679.75 quesos naturales
b) x_2 = 559.33 quesos con loroco
c) x_3 = 268 quesos con chiltepe

Con estos valores se debe comprobar la función objetivo, sustituyendo las variables de decisión por los valores de x_n de la solución óptima. De igual forma, se deben comprobar las desigualdades, para verificar su se cumple con las condiciones restrictivas.

3.3.9. Comprobación de la función objetivo

FO = Max Z =	$2.50x_1$	+	$2.53x_2$	+	$2.78x_3$
FO = Max Z =	2.50 (679.75)	+	2.53 (559.33)	+	2.78 (268)
FO = Max Z =	1699.375	+	1415.1049	+	745.04
FO = Max Z =	**3859.52**				

3.3.10. Comprobación de las desigualdades

1)	$4000\ x_1$	+	$3000\ x_2$	+	$3000\ x_3$	≤	5201000	
	4000 (679.75)	+	3000 (559.33)	+	3000 (268)	≤	5201000	
	2719000	+	1677990	+	804000	≤	5201000	
					5200990	≤	5201000	
								Si cumple

2)	$0.2\ x_1$	+	$0.15\ x_2$	+	$0.15\ x_3$	≤	333.33	
	0.2 (679.75)	+	0.15 (559.33)	+	0.15 (268)	≤	333.33	
	135.95	+	83.8995	+	40.20	≤	333.33	
					260.05	≤	333.33	**Si cumple**

3) $0.192\ x_1 + 0.096\ x_2 + 0.096\ x_3 \leq 288$

$0.192\ (679.75) + 0.096\ (559.33) + 0.096\ (268) \leq 288$

$130.512 + 53.69568 + 25.728 \leq 288$

$209.94 \leq 288$ **Si cumple**

4) $0.5\ x_2 \leq 279.67$

$0.5\ (559.33) \leq 279.67$

$279.67 \leq 279.67$ **Si cumple**

5) $0.25\ x_3 \leq 67$

$0.25\ (268) \leq 67$

$67 \leq 67$ **Si cumple**

6) $0.1722\ x_1 + 0.1292\ x_2 + 0.1292\ x_3 \leq 390$

$0.1722\ (679.75) + 0.1292\ (559.33) + 0.1292\ (268) \leq 390$

$117.05295 + 72.265436 + 34.6256 \leq 390$

$220.94 \leq 390$

Si cumple

7) $x_1 \geq 676$

$679.75 \geq 676$ **Si cumple**

8) $x_2 \geq 481$

$559.33 \geq 481$ **Si cumple**

9) $x_3 \geq 237$

$268 \geq 237$ **Si cumple**

10) $x_1 , x_2 \ \& \ x_3 \geq 0$

$679.75 , 559.33 \ \& \ 268 \geq 0$ **Si cumple**

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

3.3.11. Análisis de la aplicación del modelo

Se determinó que para que la procesadora de lácteos pueda maximizar su utilidad en **Q 3859.52** mensuales, través de la producción de los diferentes tipos de quesos frescos, se recomienda producir 679.75 quesos frescos naturales, 559.33 quesos frescos con loroco y 268 quesos frescos con chiltepe, teniendo en cuenta su disponibilidad o limitación de materia prima, mano de obra y demanda mensual.

3.3.12. Beneficios de la propuesta

Los beneficios que para la Procesadora de Lácteos conlleva el implementar el 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, reduciendo la merma y desperdicio de las mismas.
- Determinar la cantidad de tipos de quesos a producir para minimizar los costos de producción.
- La gerencia podrá llevar un control en la producción, satisfaciendo la demanda de sus clientes.

CONCLUSIONES

1. La empresa objeto de análisis carece de un instrumento técnico matemático, que permita planificar la producción de quesos, ordenar y a la vez, maximizar las ganancias. Se confirmó la hipótesis planteada y se determinó que esto ha causado elevados costos de operación y mala utilización de sus recursos disponibles, impactando así en los márgenes de ganancia.

2. Aplicando la herramienta matemática de programación lineal, a través del método simplex, se presenta una solución al problema y se pone a disposición de la empresa, un modelo matemático estadístico para optimizar los recursos y maximizar las utilidades. Se confirma la hipótesis planteada, ya que la empresa superará los problemas identificados de forma técnica, ya que podrá encontrar una combinación de producción óptima que maximice sus utilidades.

3. Se determinó que el resultado óptimo de la producción de bienes que maximiza la utilidad para el período, según las restricciones impuestas, es de 679.75 de quesos naturales (X1), 559.33 de quesos con loroco (X2) y 268 quesos con chiltepe (X3), un total de 1,394 quesos que genera una utilidad mensual de Q 3,859.52. Se determinó que existe un exceso de inventarios en los insumos, principalmente en leche, cuajo, sal, loroco, chiltepe y mano de obra.

4. El problema identificado ha surgido derivado de la carencia de planificación técnica de la producción, lo cual también condiciona toda la cadena de suministros de inventarios necesaria para determinado periodo. El control de los registros, la generación de estadísticas, la revisión y actualización periódica del modelo matemático estadístico, brindarán bases suficientes para evitar que este problema vuelva a suceder en el futuro.

RECOMENDACIONES

1. Programar la producción de quesos para los siguientes períodos, para reducir los costos de operación innecesarios e inadecuada utilización de sus recursos disponibles, actualizando los estándares de producción e información estadística necesaria. Lo cual mejorará la competitividad e incrementará los márgenes de ganancia.

2. Utilizar el método simplex en la programación de la producción de quesos, siguiendo de cerca los resultados obtenidos por dicho modelo. Esto permitirá mejorar el alcance de los objetivos esperados en términos de eficiencia, por ejemplo, en una mejor asignación y administración de los recursos disponibles.

3. Aplicar el método simplex en la producción de aquellos productos que deseen elaborar en un futuro, considerando todas aquellas variables que afectan el proceso de producción; ya que forman parte fundamental de una cadena de efectos que deben ser considerados en la administración y planificación de la producción., lo cual permitirá la maximización de las utilidades.

4. Contar con una base de datos sobre la cantidad de quesos a elaborar, la materia prima e insumos empleados en dicha producción, de tal manera que se cuente con información oportuna sobre el inventario de los mismos y necesidades de compra y con esto elaborar reportes periódicos para un eficiente manejo de la información sobre la producción de quesos.

REFERENCIAS

Chiavenato, I. (2011). Administración de Recursos Humanos. 9na. Edición. México: Editorial McGraw Hill.

García, M. Sabater, F. Et al. (2012). Modelos y métodos de Investigación de Operaciones. Procedimientos para pensar. Documento de trabajo. España.

Heizer, J. & Render B. (2011). Principios de administración de operaciones. 9na. Edición. México: Editorial Pearson.

Hillier, Frederick & Lieberman. (2010) Introducción a la investigación de Operaciones. 8va. Edición. México: Editorial McGraw Hill.

Instituto Técnico de Capacitación y Productividad (Intecap, 2005). Elaboración artesanal de productos lácteos. Guatemala: Editorial INTECAP: 83 págs.

Mathur, K. y Solow D. (2005). Investigación de operaciones. México: Editorial Prentice.

Monks, J. (2006). Administración de Operaciones. 10ma. Edición. México: Editorial McGraw Hill, Interamericana.

Procesadora de Lácteos. (2000). Guatemala

Quiñonez, O. y Marroquín, A. (2017) Métodos Cuantitativos III. Guatemala.

Taha, H. (2009). Investigación de Operaciones. 7ma. Edición. México: Editorial Pearson Educación.

Taha, H. (2012). Investigación de Operaciones. 9na. Edición. México: Editorial Pearson Educación.

Thierauf Robert J, (2008) Toma de decisiones por medio de investigación de operaciones. México:

ANEXOS

ANEXO

Guía de Entrevista
Procesadora de Lácteos
¿Productos que producen?
Cantidad requerida al mes de dichos productos
Mano de obra utilizada
Productos con mayor demanda
Producción por mes
Compra de materia prima
Cada cuánto adquieren materia prima
Costo primo unitario de materia prima

Guía de Observación

Tiempo de producción por cada tipo de queso
Cantidad exacta utilizada durante la producción
Tiempo requerido por cada actividad de producción