



UNIVERSIDAD DE SONORA

DIVISIÓN DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS

POSGRADO MAESTRÍA EN FINANZAS

**DETERMINACIÓN DEL NIVEL ÓPTIMO DE INVERSIÓN
EN MATERIA PRIMA USANDO RENDIMIENTO DE
ESQUEMAS ÓPTIMOS DE PRODUCCIÓN CON
INCERTIDUMBRE DE PRECIOS: EL CASO DE UNA
MICROEMPRESA DE CONFECCIÓN DE CORTINAS**

TESIS PRESENTADA POR:

CAROLINA ADILENE REYES BRIONES

**COMO REQUISITO PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO
EN FINANZAS**

DIRECTOR:

DR. JOSÉ ARTURO MONTOYA LAOS

HERMOSILLO, SONORA

AGOSTO 2021

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES: TALLER DE CORTINAS DECORATIVAS.....	5
1.1 Introducción: Empresa bajo estudio	5
1.1.1. Generalidades de la empresa.....	5
1.1.2. Mercado de la empresa	6
1.1.3. Estructura empresarial.....	8
1.1.4. Sistema de producción	9
1.1.5. Proveedores	10
1.2 Definición del problema.....	11
1.3 Justificación.....	12
1.4 Objetivos	14
1.5 Alcances del estudio	15
2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Teoría económica de los costos de producción	17
2.2 Modelo de programación lineal para optimización de producción.....	18
2.3 Análisis de sensibilidad: Método Monte Carlo.....	21
2.4 Razones financieras.....	21
2.4.1 Razones financieras de rentabilidad.....	23
2.4.2 Razones financieras de riesgo: Coeficiente de variación	25
3 Capítulo III. Marco metodológico.....	27
3.1 Modelo de programación lineal: Método simplex	27
3.2 Escenarios: Flujos de inversión.....	31
3.3 Análisis de sensibilidad: Método Monte Carlo.....	32
3.4 Indicadores financieros	32
3.5 Implementación de la metodología.....	33
3.5.1 Diagnóstico de la empresa	33
3.5.2 Construcción del modelo	36

3.5.3	Análisis de sensibilidad.....	40
3.5.4	Implementación del modelo usando el software R	41
4	CAPITULO IV. RESULTADOS.....	42
5	CAPITULO V. CONCLUSIONES	47
6	REFERENCIAS.....	48

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Clasificación de las empresas mexicanas por número de empleados.....	8
Tabla 3.1: Datos del ejemplo ilustrativo.	29
Tabla 3.2: Funcionamiento del método simplex para un modelo de optimización de producción: demostración gráfica.	29
Tabla 3.3: Modelos de cortinas.....	33
Tabla 3.4: Costo unitario de los insumos al comprar por mayoreo.	35
Tabla 3.5: Escenarios de inversión en recursos necesarios.	35
Tabla 3.6: Costo unitario de producción, taller de cortinas.	36
Tabla 3.7: Matriz A, parte I: Variables base y restricciones, taller de cortinas.....	37
Tabla 3.8: Matriz A, parte II: Variables base y restricciones, taller de cortinas.....	38
Tabla 3.9: Matriz B: Recursos disponibles.....	39
Tabla 3.10: Mínimo de producción por modelo de cortina.	40
Tabla 4.1: Rendimientos sobre la inversión propuesta.	43
Tabla 4.2: Rendimientos sobre las inversiones.....	44
Tabla 4.3: Producción óptima del flujo de inversión 1.....	46

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Clasificación del sector Industrial manufactureras SCIAN.	6
Figura 3.1: Región factible.....	30
Figura 3.2: Óptimo de la función objetivo.....	30
Figura 3.3: Estructura general de los costos de producción.	34
Figura 4.1: Utilidad bruta en diferentes escenarios de inversión propuesta.	42
Figura 4.2: Rendimientos sobre la inversión propuesta e inversión real.....	45
Figura 4.3: Rendimientos sobre la inversión propuesta e inversión real (en orden ascendente).....	45

1. CAPÍTULO I. ANTECEDENTES: TALLER DE CORTINAS DECORATIVAS

En este capítulo se describen aspectos generales del presente proyecto de tesis. En particular, se da una introducción donde se explican detalles de la empresa bajo estudio, los cuales servirán para definir con claridad el problema de interés de este trabajo de investigación aplicada. Además, se mencionará la relevancia de este trabajo de tesis, se dan los objetivos y alcances del estudio.

1.1 Introducción: Empresa bajo estudio

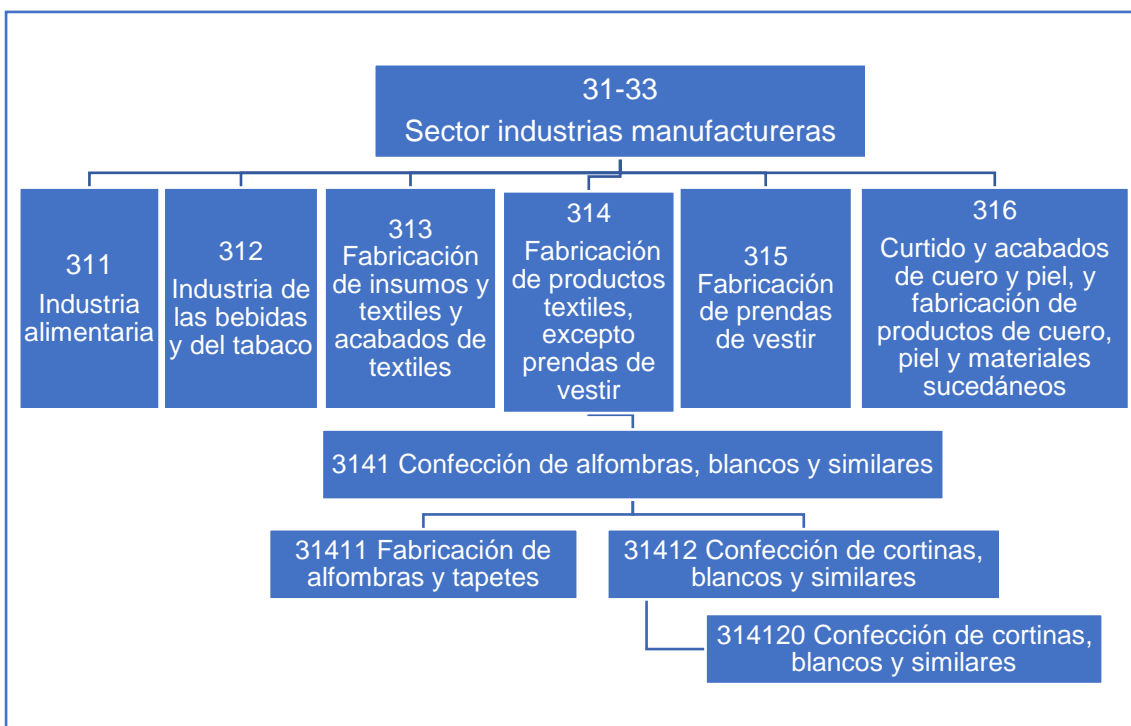
1.1.1. Generalidades de la empresa

El sujeto de estudio en este trabajo de tesis es una microempresa familiar que se dedica exclusivamente a la confección de cortinas decorativas para los hogares en distintos textiles y modelos. Esta empresa pertenece a la clasificación 314120, según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte 2018 “SCIAN 2018”, la cual corresponde a la clase de actividad “confección de cortinas, blancos y similares”, que corresponde a unidades económicas dedicadas principalmente a la confección de cortinas de tela y plástico, del sector 31-33 industrias manufactureras; cómo podemos apreciar en la Figura 1.1.

La empresa inició en la década de los años 90 como una actividad extra para una ama de casa. En los últimos años su hija, comenzó a colaborar con ella. En la actualidad han ubicado y adaptado su domicilio familiar como taller de confección de cortinas, en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

Los principales productos que maneja la empresa consisten en cinco modelos distintos de cortinas (en dos diferentes tamaños): cortina para recámara, paneles en ojillos, ondas tradiciones, ondas en cortinero de madera y persiana romana. Esto con base en las características de las viviendas hermosillenses del nivel económico en el que la empresa se ha desenvuelto durante sus años de vida y de donde desea ganar mayor aceptación.

Figura 1.1: Clasificación del sector Industrial manufactureras SCIAN.



Fuente: Elaboración propia con base en Sistema de Clasificación Industria de América del Norte, México SCIAN 2018 (véase INEGI 2018).

La empresa se encuentra registrada en el Servicio de Administración Tributaria (SAT) bajo un régimen de persona física desde hace más de 15 años. En todo el tiempo de vida de esta empresa sus ventas han sido constantes, incluso los clientes han sido casi en su totalidad los mismo en más de 10 años. Sin embargo, en la actualidad la empresa se ha visto en la necesidad de crear y competir de forma eficiente en su mercado adquiriendo nuevos clientes, buscando nuevas formas de administración, realizando colaboraciones con personajes como *influencers* y diseñadores de interiores locales, etc.

1.1.2. Mercado de la empresa

La empresa bajo estudio se ubica en la ciudad de Hermosillo, capital del Estado de Sonora. El municipio de Hermosillo, el cual concentra muchas de las actividades económicas de Sonora, está ubicado en el centro del Estado y a 270 km del límite con Estados Unidos de América, a una distancia de 95 km de la

costa del océano Pacífico (Cobelli, 2020). Más aún, a partir de estudios realizados por la CONAPO (2014) se estima que la población de Hermosillo crezca a una tasa promedio de 1.3 por ciento hasta 2030. Hermosillo tiene un grado de consolidación importante y la mancha urbana es continua en el territorio, la ciudad ha visto proliferar la construcción de barrios de uso exclusivamente residencial, fraccionamientos cerrados, centros comerciales y autopistas urbanas, siguiendo el modelo de expansión suburbano de las ciudades norteamericanas más cercanas, como Tucson y Phoenix (Davis *et al.*, 2017). Un estudio realizado en el 2016 por la firma *Standard & Poor's*, ubica a Hermosillo como el tercer municipio más rico de México (El Financiero, 2016).

El municipio de Hermosillo se beneficia de una economía dinámica que le permite mantener un elevado nivel de ingresos propios, Cañizares *et al.* (2017). Es una ciudad atractiva para los inversionistas y emprendedores. En el reporte de *Doing Business* en México (2016), publicado anualmente por el Banco Mundial, en su clasificación agregada para la facilidad de hacer negocios, la ciudad de Hermosillo aparece en el puesto número 12, sólo después de Guadalajara. La clasificación agregada analiza cuatro áreas: 1) apertura de negocios, 2) manejo de permisos de construcción, 3) registro de propiedades y 4) cumplimiento de contratos.

La empresa, materia de estudio en este trabajo de tesis, ha diseñado sus productos para dirigirlos a clientes de un nivel socio económico o clase media (C) y media alta (C+), según la clasificación del nivel socioeconómico en México, determinada por la Asociación Mexicana de Agencias de Investigación y Opinión Pública A.C. (AMAI, 2021). En el 2018 el 14% de la población del Estado de Sonora correspondía a la clasificación C+ y el 18% a la clasificación C (véase AMAI, 2018).

De acuerdo con los datos históricos obtenidos en el análisis de la empresa bajo estudio se concluye que las ventas se han concentrado en un grupo de clientes muy específico; clientes de sexo femenino mayores a 45 años. Sin embargo, una

nueva meta a corto y mediano plazo de la empresa en cuestión es aumentar las ventas en los demás grupos de clientes como, por ejemplo, matrimonios y adultos jóvenes solteros.

1.1.3. Estructura empresarial

La empresa bajo estudio está constituida por un núcleo familiar, donde colaboran entre sí para la realización del proceso productivo. En el presente trabajo, esta empresa se clasifica como una “microempresa”, con base en los criterios para la estratificación de la industria según su tamaño (véase Tabla 1.1). Cabe mencionar que, en México como en muchos otros países, las micro y pequeñas empresas son el mayor número de unidades económicas en los distintos sectores económicos, con uno de los mayores porcentajes de personal ocupado en cada uno de ellos.

Tabla 1.1: Clasificación de las empresas mexicanas por número de empleados.

Tamaño	Sector		
	Estratificación por Número de Trabajadores		
	Industria	Comercio	Servicios
Micro	De 0 a 10	De 0 a 10	De 0 a 10
Pequeña	De 1 a 50	De 11 a 30	De 11 a 50
Mediana	De 51 a 250	De 31 a 100	De 51 a 100

Fuente: Elaboración propia con base en el Diario Oficial de la Federación (DOF, 2002).

Las ventas de la empresa son estacionarias (por temporadas dentro de un año). Durante los 12 meses del año podemos identificar claramente tanto una temporada alta como una temporada baja. La temporada alta, donde las ventas se incrementan a más del doble de las ventas promedio, es de octubre a diciembre, principalmente por las fiestas decembrinas y otros eventos característicos de esas fechas en la ciudad de Hermosillo, como bodas y graduaciones. Además, se puede identificar como la época del año en donde los trabajadores tienen un mayor ingreso o un ingreso extra a su sueldo base; como

aguinaldos y cajas de ahorros entre otros. Para esta época del año, se contrata a uno o máximo dos ayudantes y a un instalador extra.

1.1.4. Sistema de producción

En general, el sistema de producción para una empresa textil de la clasificación 314120 incluye: realizar el corte de los lienzos de tela a la medida requerida, coser uniones y bastillas, y agregar detalles finales de cada modelo o tipo de cortina, para finalizar el producto planchándolo.

Para la empresa bajo estudio, la planeación de la producción se lleva a cabo principalmente con base en los presupuestos realizados a los clientes. La realización de un presupuesto consiste en visitar a un cliente potencial, tomar medidas del área donde iría el producto ya terminado (alto y ancho de la ventana, y alto y ancho de las medidas que llevaría la cortina), proponer un modelo de cortina basándose en un catálogo diversificado de opciones en telas, cortineros, terminaciones, rieles, etc., acorde al resto de la decoración del área donde se instalaría el producto. Una vez aprobado el presupuesto realizado, se procede con la confección del producto en caso de contar con toda la materia prima e insumos requeridos; de no ser así, se realiza la compra de estos.

El proceso de confección de cortinas, considerado en este trabajo de tesis, se divide en tres etapas generales:

- 1) Con base en las medidas tomadas de ventana y modelo de cortina, el primer paso es cortar los lienzos y piezas de telas necesarios para la confección de los paneles de cortina y cornisas.
- 2) Se confeccionan los lienzos de tela para unirlos, así como coser las bastillas laterales y superior. Parte del proceso del control de calidad es ir planchando cada una de las costuras que se vayan realizando, esto con el propósito de ir supervisando cada costura realizada para asegurar que se cumplan los criterios de calidad establecidos por la empresa. Antes de pasar a la tercera etapa es necesario proceder a los detalles específicos

de cada modelo de cortina como, por ejemplo, colocar ojillos, formar ondas y corbatas, engrapar y clavar las cornisas.

- 3) La etapa final, consiste en tomar altura a los paneles de cortina, coser bastillas inferiores y volver a planchar tanto bastillas realizadas, como las cortinas completas.

Para finalizar con el proceso de producción de la empresa, es necesario preparar los cortineros con base en modelos y medidas de las cortinas; es decir, cortar y pintar los cortineros, seleccionar el material de instalación adecuado para cada caso, para posteriormente instalar las cortinas en tiempo y forma de acuerdo con lo programado y acordado con el cliente.

1.1.5. Proveedores

Para que una unidad económica logre el éxito es necesario una sana y continua interacción entre cliente, empresa y proveedores; ninguno de ellos podría existir sin el otro, y ninguna empresa podría alcanzar el éxito sin el apoyo de su base de proveedores, tanto a nivel operacional como estratégico, a corto y largo plazo. El enfoque que tome la compañía con respecto a los proveedores, los procesos y políticas de adquisición y la relación profesional entre empresa-proveedor, tendrá un efecto tanto en el desempeño de los proveedores mismos como en el de la organización (Leenders, 2012).

Desde los inicios de la empresa bajo estudio, los proveedores han sido principalmente tiendas locales de la ciudad de Hermosillo, como por ejemplo:

- Grupo Telas Parisina. Es una cadena de tiendas que se dedica al *retail* de textiles, con más de 75 años en el mercado. A la fecha existen más de 600 sucursales con presencia en todos los estados de la República Mexicana, más una tienda virtual que le permite a esta compañía tener presencia en los nuevos mercados de *e-commerce*.
- Modatelas. Fundada en 1991, también es una cadena de tiendas mexicanas que se dedica a la venta al menudeo de textiles y algunos artículos de mercería y decoración.

- Decoglobal. Es una tienda local de decoración que se dedica al *retail* de textiles y otros accesorios de decoración, así como a la fabricación e instalación de cortinas y persianas, se especializan en cortinas de doble altura.
- La Rumba. Es una ferretería local, una empresa sonorense dedicada a la venta de una amplia gama de productos, principalmente materiales para la construcción, enseres para el hogar y equipo de seguridad. Es una empresa reconocida en el mercado regional por ofrecer una gran diversidad de productos.
- *Home Depot*. Es una cadena internacional que se dedica al *retail* de materiales y herramientas para la construcción y decoraciones de inmuebles. Fue fundado en Atlanta, Georgia en 1978, y en el 2001 entra a México, expandiéndose por todo el territorio mexicano desde entonces (El portal Inmobiliario, 2019).

Cabe mencionar que la empresa también tiene como proveedores a carpinteros y herreros. El carpintero se encarga de las terminaciones para los cortineros de madera y el herrero es quien se encarga de soldar los soportes (para modelos de ojillo y hondas) en dichos cortineros de madera. Al igual que la empresa bajo estudio, este tipo de proveedores son típicamente microempresas familiares que pertenecen al sector industrial.

1.2 Definición del problema

El mercado hermosillense de cortinas y persianas tiene un incremento significativo en la demanda durante la segunda mitad de cada año. Durante este periodo es fundamental una planeación estratégica que posibilite el crecimiento de la empresa y su sostenibilidad en el tiempo. Sin embargo, en la actualidad, el problema de la planeación radica en la ausencia un diseño apropiado de las estrategias administrativas, ya que desconoce el nivel óptimo de producción, bajo sus oportunidades de inversión en materia prima, su capacidad de producción, la variabilidad en los precios de los insumos de producción y

restricciones impuestas por la demanda del mercado. Específicamente, el problema consiste en la ausencia de aplicación de metodologías que permitan determinar un flujo de inversión óptima, con respecto a la situación financiera de la empresa, pero que logre incrementar el nivel de producción de modo que se pueda satisfacer la demanda del mercado y minimizar los costos de producción en un escenario de precios de materia prima variable.

1.3 Justificación

Se cree que, tanto en la actualidad como en el pasado, uno de los principales problemas de decisión de las microempresas, como de las grandes empresas del sector manufacturero, es determinar el nivel de producción que permita optimizar los costos de producción y las ganancias o utilidades. Llevar adelante una empresa en un contexto dinámico, con constantes cambios en el mercado y con consumidores que se vuelven más exigentes día a día, requiere de un administrador habilidoso que desempeñe papeles y funciones que ayuden a gerenciar y a dirigir a la empresa al éxito (Lana, 2008). En este contexto, una herramienta de gestión que guía al administrador es la administración estratégica.

Agreda (2016) menciona que adquirir nuevas tecnologías de fabricación (maquinaria, equipos, infraestructura, etc.) no es una solución al problema de maximizar utilidades; por el contrario, obligan a ejecutar programaciones que presenten alternativas para incrementar la productividad y poder competir en el mercado. En general, el problema demanda administradores preparados para tomar las mejores decisiones con ayuda de herramientas disponibles, como los modelos de programación lineal que son ampliamente utilizados para optimizar los recursos, maximizar las ganancias y minimizar los costos de producción, según sea el resultado deseado. Todo esto forma parte de la administración estratégica.

La administración estratégica se encarga de definir las metas, la visión y misión, los objetivos tanto a corto como a largo plazo, así como las estrategias a

implementar. Es un instrumento útil a la hora de realizar un análisis situacional de la empresa, o en la toma de decisiones. La administración estratégica como un proceso administrativo se encarga de crear nuevas estrategias tomando en cuenta la situación actual de los mercados, la globalización y la competencia, donde interactúan entre sí las decisiones, el compromiso y las acciones que se necesitan para la sobrevivencia y superación de una empresa (Hill *et al.*, 2011).

Además, Oliveira (2007) expone que los beneficios que la administración estratégica puede proporcionar a las empresas, cuando está correctamente implementada, son los más diversos y amplios posible dentro de los métodos administrativos actuales. Dichos beneficios son:

- a) Modelos de gestión más flexibles, sustentables y simples.
- b) Fácil identificación de las capacidades e incapacidades de los profesionales de las empresas.
- c) Consolidación de la postura empresarial para actuar dirigiéndose a las necesidades y expectativas, presentes y futuras, del mercado.
- d) Ascenso de la calidad de las empresas, al mejorar los niveles de motivación, compromiso y productividad.
- e) Incremento en los resultados, en el mercado, por las actuaciones de las empresas.

Al proceso de elaborar estrategias que mejorarán el desempeño de una empresa y, por consiguiente, elevar el valor de la empresa para sus propietarios, se le identifica como liderazgo estratégico. Los gerentes o administradores para crecer las ganancias de las acciones deben efectuar estrategias que incrementen la rentabilidad de la empresa y aseguren el incremento de las utilidades. El liderazgo estratégico propone la forma más eficaz de administrar el proceso de elaboración de estrategias de una empresa para crear una ventaja competitiva (Hill *et al.*, 2011).

Las estrategias empresariales se elaboran para alcanzar los objetivos globales de la empresa; las estrategias de negocios son formuladas para ayudar a cada

división de la empresa, con el propósito de auxiliar de la manera más efectiva posible en la organización; y las estrategias funcionales son definidas por especialistas de cada área de la empresa, orientadas a mejorar la eficacia de las operaciones como: finanzas, marketing, recursos humanos, manufacturas, administración de materiales, desarrollo de productos y servicio al cliente. Aunque se puedan llegar a analizar por separado, las tres estrategias deben estar sincronizadas y coordinadas para lograr la eficiencia máxima de la empresa (Lana, 2008).

Las propietarias de la empresa bajo estudio no cuentan con un diseño apropiado de las estrategias administrativas, sobre todo de las estrategias funcionales; porque desconocen el nivel óptimo de producción que se podría alcanzar con las oportunidades de inversión en materia prima y su capacidad de producción actual. Teniendo esto en cuenta más la importancia de aplicar una correcta administración estratégica, nace el deseo de mejorar tanto las estrategias administrativas como las estrategias funcionales, de producción, y poder lograr un crecimiento económico y un crecimiento en la aceptación del producto en el mercado local, para posteriormente conseguir un posicionamiento firme en la industria de cortinas decorativas en la ciudad de Hermosillo, Sonora.

1.4 Objetivos

Objetivo general

El objetivo general del presente trabajo de tesis es determinar un flujo de inversión en materia prima óptimo, con respecto a la situación financiera de la empresa, que logre incrementar el nivel de producción, satisfacer restricciones de producción, la demanda del mercado y minimizar el costo de producción en un escenario de precios de materia prima variable. Es decir, determinar la inversión que se debe hacer en materia prima para maximizar el rendimiento, tomando en cuenta un esquema óptimo de producción donde se maximice la utilidad de la empresa sujeta a restricciones de producción, demanda del mercado y escenarios de precios aleatorios de materia prima.

Objetivos específicos

- i. Realizar una revisión bibliografía sobre los temas de administración estratégica, métodos de optimización, análisis de sensibilidad y análisis financiero.
- ii. Realizar un diagnóstico de la situación económica y financiera actual de la empresa bajo estudio.
- iii. Determinar la estructura de costos de producción de la empresa (costos variables y costos fijos de producción).
- iv. Determinar el óptimo de producción para la empresa a un nivel determinado de inversión en materia prima.
- v. Estimar la rentabilidad financiera de la empresa.

1.5 Alcances del estudio

Para poder realizar el estudio, la empresa estuvo bajo observación y análisis por un periodo mayor a 6 meses; además de, entrevistar a las propietarias e interactuar en el proceso de producción, para poder determinar las ventas históricas, los insumos necesarios en cantidad y especie (restricciones necesarias) para cada producto de los que ofrecen, el grado de dificultad de confección de cada uno de los productos, los costos variables (mano de obra e instalación), los costos fijos (pagos y servicios), etc.

Por otro lado, las propietarias de la empresa realizaron diferentes presupuestos de los materiales de instalación con distintos proveedores; así como también cotizaron las principales telas, como lo es el tergal francés y la tela tipo *blackout*, directamente en fábricas de las ciudades de Guadalajara, Jalisco y del Estado de México. Además, se diseñaron diez distintos escenarios de flujo de inversión en materia prima, basándose en la información recopilada y analizada.

En el presenta trabajo de investigación se formula un modelo con la problemática de optimización de producción y determinación de la rentabilidad de una microempresa manufacturera; dicho modelo se fue desarrollando de manera

concreta, con base en los temas de administración estratégica, métodos de optimización, análisis de sensibilidad y análisis financiero; de modo que, cualquier otra microempresa manufacturera, no solo textil de la clasificación 314120, que presente una problemática similar podría realizar el mismo tipo de análisis y metodología empleado aquí. Para la implementación computacional del modelo se utilizaron herramientas del lenguaje de programación R y el entorno de desarrollo integrado llamado R-Studio. El modelo al resolverse con programación lineal y analizarse los resultados por medio de razones financieras de rentabilidad hereda las limitaciones de dichos métodos. Por ejemplo, en el caso de la programación lineal se tiene que cumplir con los supuestos de proporcionalidad y aditividad (Hillier *et al.*, 2010). Las razones financieras tienen también ciertas limitaciones, como por ejemplo, para la predicción del éxito o fracaso de una empresa por sí solas no son suficiente; es por ello necesario emplearlas en forma de base de datos para la construcciones de modelos, y estudiarlas de forma estadística (Caballero, 2016).

2. CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Una manera de medir la rentabilidad de las empresas es mediante un análisis financiero; técnica que, mediante la utilización de razones o métricas financieras, herramientas con bases matemáticas, permiten comprender de una manera clara y sencilla la situación económica y financiera actual de una empresa. Mediante las razones financieras podemos analizar cuatro principales puntos de la situación de la empresa: liquidez, endeudamiento, cobertura y rentabilidad. También mediante un análisis de inversión podemos visualizar los beneficios de posibles proyectos o escenarios de inversión a un corto, mediano o largo plazo.

Para poder realizar la selección de un escenario de inversión mediante la comparación de las razones de rentabilidad primero hay que definir los parámetros que tendrá dicho escenario, así como las limitaciones y alcances. Si se habla de escenarios sobre distintos niveles de producción y, por ende, distintos niveles de inversión en materia prima y/o maquinaria, un método muy utilizado en distintas áreas es la programación lineal, más específicamente método simplex y método Monte Carlo. Por otra parte, el analista o empresario requiere tener conocimientos previos sobre el costo total de producción, costos variables y costos fijos de producción del producto o bien a manufacturar.

2.1 Teoría económica de los costos de producción

La disciplina que se encarga de estudiar las decisiones que toman las unidades económicas; consumidores, trabajadores, inversores, propietarios de recursos y empresas, es la microeconomía. La microeconomía hace uso de teorías, con la intención de ayudar a explicar de manera simple y clara cómo se comportan y se comportarían las unidades económicas; además de usar modelos, que son representaciones matemáticas de las mismas teorías, con la intención de ayudar en el proceso de explicación y predicción (Pindyck *et al.*, 2009).

Para algunos economistas actuales, como Pindyck *et al.* (2009), es recomendable utilizar el coste variable de producción en análisis de la

producción, en lugar del coste total para evitar el problema de tratar de atribuir el coste fijo del proceso de producción sí una empresa fabrica más de un producto. Además, en un corto plazo al menos uno de los factores del proceso de producción es fijo. A largo plazo, todos los factores pueden llegar a ser variables.

Para Pindyck *et al.* (2009) las empresas que se dedican a producir algún bien (para su venta) tienen limitantes. Para producir es necesario tener recursos, los cuales se pueden dividir en 4 tipos: tierra, trabajo, capital y tecnología. La disponibilidad de los recursos para las empresas manufactureras forma parte del esquema de funcionamiento para producir lo deseado y lo necesario.

Economistas como Pindyck *et al.* (2009) exponen que la teoría de la empresa se fundamenta en el supuesto de que las empresas eligen los recursos de producción, insumos o factores de producción, que minimicen el coste de producción. En una función de producción hay mínimo dos factores, capital (K) y trabajo (L); por consiguiente, la función de producción describe el nivel máximo de producción que puede lograrse con cada combinación específica de K y L .

Una función de costos relaciona el coste de producción con el nivel de producción y otras variables que puede controlar la empresa, mientras que una curva de costos (resultado de la función de costos) describe el coste mínimo con el que una empresa puede obtener diferentes cantidades de producción. Una combinación óptima de factores es una combinación minimizadora de los costos.

Finalmente, cabe mencionar que los clientes tienen diferentes preferencias y necesidades; sin embargo, un producto de calidad a menor costo es lo que la mayoría de los consumidores buscan. La disponibilidad y la calidad de la materia prima influyen directamente en los costes variables de producción.

2.2 Modelo de programación lineal para optimización de producción

La programación lineal es uno de los métodos más utilizados, especialmente en el sector industrial, para la planificación de producción y toma de decisiones que requieren una elección entre un gran número de posibilidades. La importancia

de la aplicación de la programación lineal reside en su facilidad para modelar problemas complejos y la oportunidad que tienen los interesados de resolverlos mediante software de computadora, apoyados para su resolución en el método simplex (Boirivant, 2011). La programación lineal, definitivamente, es aquella herramienta utilizada para resolver problemas de optimización que surgen en la planeación de la producción (Bofill *et al.*, 2019). Uno de sus objetivos es el de minimizar los costos que intervienen en la producción (Reyes *et al.*, 2014). En el área de las finanzas se ha llegado a utilizar en la determinación de fronteras eficientes (Font, 2016).

Para Boirivant (2011) también se puede definir a la programación lineal como ese método matemático utilizado para la resolución de problemas, donde el objetivo es optimizar, ya sea maximizar o minimizar, un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto de variables de decisión, bajo las restricciones correspondientes y respetando la disponibilidad de recursos, así como las especificaciones técnicas u otras condicionantes que limiten la libertad de decisión.

Una definición un poco más enfocada al área económica administrativa es la de Reyes *et al.* (2014). En este trabajo, los autores definen a la programación lineal como una estrategia que tiene el objetivo de brindar soluciones óptimas a los problemas económicos con recursos limitados, como por ejemplo materia prima, tiempo de producción, nivel de gasto, flujos de inversión, etc.

La problemática que representa la optimización de la producción de una empresa es posible resolverse mediante la implementación de la programación lineal, a través de la creación de un modelo constituido por una función objetivo y por un conjunto de restricciones lineales (Boirivant, 2011). La función objetivo describe la esencia del problema (Hillier *et al.*, 2010) y es la ecuación matemática que se busca optimizar, minimizar o maximizar, bajo las restricciones determinadas por las circunstancias y realidad de la empresa.

Con base en la Real Academia Española (2014), las limitaciones son aquellas restricciones impuestas a una facultad o derecho; una restricción es la acción de reducir algo a una cantidad menor. En la programación lineal, para la creación de modelos, se requieren limitaciones o restricciones que definan un panorama más cercano a la realidad del problema a resolver como, por ejemplo, limitaciones de insumos en la producción manufacturera. Según Beneke *et al.* (1984), citados por Boirivant (2009), existen tres tipos básicos de restricciones: de máximo (\geq), de mínimo (\leq) e igualdad ($=$); estas pueden ser clasificadas en función de su objetivo.

Método simplex

El método simplex es utilizado como una herramienta de programación lineal, desarrollada en la década de 1940 por el matemático George Dantzing, para obtener soluciones óptimas a problemas planteados fundamentalmente en modelos de programación lineal, las cuales se obtienen de forma sistemática y a través de una búsqueda intensiva sobre las posibles soluciones. Debido a su eficiencia es de gran utilidad en la ciencia, además de ser relativamente fácil programarlo en una computadora personal (Collazo, 2012).

Para Agreda (2016) el método simplex es un método analítico utilizado por las empresas para encontrar soluciones óptimas a problemas; además, lo hacen de forma rápida y sencilla. Boirivant (2011) menciona que el método simplex es un método de interacción en el que en cada paso se van dando los resultados de la función objetivo, los cuales se irán mejorando hasta encontrar una solución óptima. Boirivant (2011) coincide con Agreda (2016) en que el método simplex utiliza la analítica en la programación lineal, lo que permite a quien lo aplique la capacidad de resolver situaciones complejas con un mínimo de información, y con resultados que mejorarán la producción de una empresa y por ende la productividad y los resultados de rentabilidad de la esta.

2.3 Análisis de sensibilidad: Método Monte Carlo

El nombre método 'Monte Carlo' surge en la Segunda Guerra Mundial y en sus inicios se aplicó a problemas relacionados con el desarrollo de la tecnología de la bomba atómica. Actualmente se usa en varias áreas como lo son las finanzas, en la producción manufacturera, en proyectos de petróleo y gas, etc. El método Monte Carlo permite considerar el riesgo de la variabilidad en un análisis cuantitativo para la toma de decisiones (EALDE, 2020). El método Monte Carlo está constituido por técnicas de matemáticas y computación, que normalmente se implementan mediante programas informáticos como Excel y R-Studio.

El método Monte Carlo consiste en crear modelos de posibles resultados por medio la sustitución en un rango de valores dado según la situación analizada, para cualquier variable con un grado o nivel de incertidumbre. Se calculan los resultados con diferentes valores aleatorios por cada una de las veces definidas con anterioridad (EALDE, 2020). Schervish *et al.* (2015) explican que mientras más veces se haga la repetición o simulación con las series aleatorias, el resultado final tendrá mayor confiabilidad.

2.4 Razones financieras

En el mundo de las finanzas se utilizan herramientas como las razones financieras, las cuales son indicadores que permiten medir o cuantificar la realidad económica y financiera de una empresa, más la capacidad para asumir las diferentes obligaciones a las que se enfrente la empresa. Las razones financieras permiten a los administradores financieros vigilar el desenvolvimiento de la empresa y su progreso hacia el cumplimiento de los objetivos estratégicos (Gitman *et al.*, 2016).

Para Morales (2007) una razón financiera se obtiene del resultado de la división de dos cantidades procedentes de los estados financieros. Uno de los propósitos de las razones financieras es el reducir la cantidad de datos a una forma más práctica, al mismo tiempo de darle un mayor significado a la información

obtenida. Morales (2007) explica en su trabajo de tesis que las razones financieras comenzaron a usarse, a finales del siglo XIX en E.U.A., como herramienta de análisis y evaluación de información contable de las empresas; principalmente por las compañías que hacían fusiones y adquisiciones de otras empresas, por los bancos, y por los analistas que estudiaban a las empresas que cotizaban en la bolsa de valores. A finales de la década de 1920, la información que brindan las razones financieras ya era utilizada por individuales e instituciones. La crisis económica de 1929 (que inició en E.U.A.) ocasionó que empresas fueran a la quiebra, evidenciando la necesidad de contar con mecanismos de análisis y medición del desempeño financiero de las empresas.

La técnica de razones financieras consiste en que por medio de cocientes geométricos se mida la situación económica y financiera de una empresa, mediante relaciones entre distintos datos contables, ya que, dichos cocientes o razones no son elementos ni información dispersa. Las razones financieras son de gran importancia en el mundo de las finanzas, ya que con su ayuda se pueden direccionar las decisiones de las empresas hacia un camino determinado y deseado (Ibarra, 2006). Es importante que al tener los resultados de las razones financieras estos sean comparados con algún estándar o patrón seleccionado, contra datos del mercado o contra sí mismas históricamente; con el propósito de obtener una mejor interpretación de los resultados (Gitman *et al.*, 2016).

Las razones financieras se pueden clasificar según el tipo de datos que se utilizan para su cálculo, de corto y de largo plazo. Las razones financieras de corto plazo son: de liquidez, de actividad y de rendimiento. Las razones financieras de largo plazo son: de endeudamiento, de productividad, de crecimiento, de apalancamiento y de generación de valor (Caballero, 2016).

Conforme vaya creciendo el éxito de las empresas se irán adquiriendo mayores beneficios y mayores responsabilidades; la cuestión es sí: ¿el efectivo generado por las ganancias de las empresas podrá cubrir las obligaciones contraídas por la operación?, ¿el capital de trabajo como las utilidades del ejercicio serán

positivos?, ¿el nivel de deuda o apalancamiento de la empresa se podrá conservar en niveles sanos y posibles de cubrir con los flujos de efectivo?, etc. Mediante las razones financieras el analista obtiene una idea de la estabilidad y capacidad financiera de las empresa, ya que miden la situación económica y financiera de estas, además de mostrar cuantitativamente el desempeño financiero de la mismas (Morales, 2012).

2.4.1 Razones financieras de rentabilidad

Según la Real Académica Española (2014) la rentabilidad de un negocio es cuando este tiene la cualidad de proporcionar un rendimiento atractivo, una ganancia o utilidad que proviene de una inversión realizada. Para Morales *et al.* (2014) el concepto de rendimiento, bajo un enfoque financiero, hace referencia al beneficio que genera una inversión.

Gitman *et al.* (2016) explica que existen muchas medidas de rendimiento, y que en conjunto esas medidas permiten a los analistas evaluar las utilidades de las empresas a un nivel dado de ingresos por ventas, a un cierto nivel de activos o en relación con la inversión de los propietarios. La administración de la empresa, así como sus propietarios y acreedores, prestan mucha atención en el nivel de utilidades obtenido, incremento o decremento; el mercado también da gran importancia a las ganancias.

Las razones financieras más utilizadas son las siguientes (Moncayo, 2015):

- Margen de utilidad bruta (MUB). Indica que el costo relativo de la mercancía vendida es menor, es decir, cuánto porcentaje de cada peso ingresado por ventas es para la empresa después de descontar el costo de producción del bien vendido; así, mientras más alto es el margen de utilidad bruta es mejor. En las ecuaciones (2.1) y (2.2) se presentan dos fórmulas matemáticas equivalentes, para el cálculo del margen de utilidad bruta:

$$MUB = \frac{Ventas - \text{Costo de los bienes vendidos}}{Ventas} * 100, \quad (2.1)$$

$$MUB = \frac{Utilidad\ bruta}{Ventas} * 100. \quad (2.2)$$

- Margen de utilidad operativa (MUO). Indica cuanto porcentaje de cada peso ingresado por ventas es para la empresa después de descontar todos los costos y gastos, excluyendo los intereses e impuestos. Al igual que el margen de utilidad bruta, mientras más alto sea el margen de utilidad operativa es mejor. En la fórmula (2.3) se presenta la forma de calcularla:

$$MUO = \frac{Utilidad\ operativa}{Ventas} * 100. \quad (2.3)$$

- Margen de utilidad neta (MUN). Indica la tasa de utilidad obtenida de las ventas y de otros ingresos, después de descontar todos los costos, gastos, intereses e impuestos. En la fórmula (2.4) se muestra como calcularla:

$$MUN = \frac{Utilidad\ neta}{Ventas} * 100. \quad (2.4)$$

- Rotación de activos totales (RAT). Indica la eficiencia con la que se usan los activos para respaldar las ventas. La fórmula para el cálculo del RAT se presenta en (2.5):

$$RAT = \frac{Ventas}{Total\ activos\ promedio}. \quad (2.5)$$

- Rendimiento sobre los activos (RSA). Deja ver la eficacia de la administración para adquirir utilidades a partir de los activos disponibles y es una de las medidas de rendimiento individual más importantes. En (2.6) y (2.7) se presentan dos expresiones matemáticas equivalentes, para el cálculo del RSA:

$$RSA = \frac{Utilidad\ neta}{Activos\ totales\ promedio}, \quad (2.6)$$

$$RSA = Margen\ de\ utilidad\ neta * RAT. \quad (2.7)$$

- Rendimiento sobre el capital (RSC). Es una medida del rendimiento general de la empresa. El rendimiento sobre el capital, o rendimiento sobre la inversión, mide los beneficios monetarios disponibles para los

accionistas de la empresa; relaciona las utilidades con el capital de los accionistas. Para obtener el rendimiento sobre el capital es necesario dividir la utilidad neta obtenida sobre el capital de los accionistas, como se expresa en la fórmula (2.8):

$$RSC = \frac{Utilidad\ neta}{Capital\ de\ los\ accionistas\ promedio}. \quad (2.8)$$

- Rendimiento sobre la inversión (RI). Es la razón financiera que indica el retorno de la inversión. Para el cálculo de este indicador, se debe conocer la inversión que se realizó o que se realizará y las utilidades obtenidas o que se esperan obtener (Morales *et al.*, 2014). La fórmula para el cálculo del RI es la (2.9) y (2.10):

$$RI = \frac{Utilidad\ neta}{Inversión} * 100, \quad (2.9)$$

$$RI = \frac{Utilidad\ bruta}{Inversión} * 100. \quad (2.10)$$

2.4.2 Razones financieras de riesgo: Coeficiente de variación

Para Gitman et al. (2016) es necesario tomar a consideración principalmente dos factores al momento de tomar decisiones financieras importantes, dichos factores son el riesgo y el rendimiento. Cada una de la posibles decisiones financieras llevan una combinación de ambos, dicha combinación puede actuar en favor o en contra de la rentabilidad de las empresas. En un lenguaje financiero el término de riesgo representa la incertidumbre que se tienen en una inversión por la variabilidad de los rendimientos asociados a una inversión.

El riesgo de una inversión puede medirse, de manera cuantitativa, por medio de estadísticas. La desviación estándar (σ) es la medida estadística más utilizada para referir el riesgo de una inversión; esta medida indica la dispersión que existe alrededor del valor deseado, es decir, alrededor del rendimiento promedio esperado obtenido a largo tiempo por una inversión (Gitman et al., 2016). Sin embargo, una medida de la dispersión relativa útil para la comparación de los riesgos de inversión con diferentes rendimientos deseados es el coeficiente de variación (Cv).

Con base en la definición de razones financieras de Gitman et al. (2016), mencionada en el primer párrafo de la Sección 2.4 del presente trabajo, se considerará al coeficiente de variación como una razón financiera de riesgo. En (2.11) se presenta la fórmula del coeficiente de variación:

$$Cv = \frac{\sigma_X}{\mu_X} * 100, \quad (2.11)$$

donde σ_X y μ_X son estimaciones de la desviación estándar y el valor esperado de la variable de interés (X), respectivamente. Cabe mencionar que, en términos de interpretación del riesgo, mientras menor sea Cv entonces la inversión presente un menor riesgo.

3 Capítulo III. Marco metodológico

3.1 Modelo de programación lineal: Método simplex

Como se explicó en el Capítulo 1, en el presente trabajo de investigación se formula un modelo lineal con la problemática de optimización de producción, el cual se resolverá con el método simplex. Por tal motivo, en esta sección se presenta la metodología general para el planteamiento y solución de este tipo de modelos.

Modelo de optimización

Hillier *et al.* (2010), Boirivant (2011), Hazell (1986), entre otros autores, exponen la siguiente manera de representar un modelo lineal, la función objetivo y las restricciones:

Función objetivo: maximizar.

$$Z_n = d_1X_1 + d_2X_2 + \dots + d_nX_n,$$

o

$$Z_n = \sum_{j=1}^n d_jX_j.$$

Restricciones del modelo.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1,$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2,$$

...

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m.$$

Restricciones de no negatividad.

$$X_1, X_2, \dots, X_n \geq 0.$$

En este contexto general, se tiene que:

Z_n = Función objetivo, utilidad bruta máxima.

d_j = Utilidad bruta unitaria.

X_j = Variables base asociadas al proceso de producción.

a_{ij} = Cantidad de recursos necesarios.

b_i = Cantidad de recursos disponibles.

Solución del modelo

En el presente trabajo de tesis se usará el método simplex para solucionar el modelo optimización planteado en la sección anterior. A continuación se ilustra el funcionamiento de este método, desde un punto de vista gráfico, con base en un ejemplo simple. En la actualidad el método simplex se resuelve de manera sencilla con ayuda de distintos programas de computación, por ejemplo, Excel, el software libre R, entre otros.

Ejemplo ilustrativo:

Una pequeña empresa manufacture de manteles cuenta con 29 metros de tela disponibles y con 3 horas (180 minutos) restantes para terminar el último turno antes del cierre de mes. El encargado de producción no está seguro de que hacer; se producen dos tamaños de manteles, mediano y grande; el mantel mediano deja una ganancia o utilidad por pieza de \$100.00 MN y el mantel grande \$130.00 MN.

En la Tabla 3.1 se resumen los datos del ejemplo descrito en el párrafo anterior y en la Tabla 3.2 se resume el funcionamiento del método simplex al resolverse el problema del ejemplo de manera gráfica.

Tabla 3.1: Datos del ejemplo ilustrativo.

Recursos disponibles:	Mantel		Recursos disponibles
	Mediano	Grande	
Metros de tela	2	3	29 metros
Minutos de trabajo	10	20	180 minutos
Utilidad por mantel	\$ 100.00	\$ 130.00	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.2: Funcionamiento del método simplex para un modelo de optimización de producción: demostración gráfica.

<p>Función objetivo: esta ecuación representa la utilidad de la empresa, la cual se desea maximizar.</p>	$Z = 100X_1 + 130X_2.$ <p>X_1 = Cantidad producida de manteles de tamaño mediano. X_2 = Cantidad producida de manteles de tamaño grande. Z = Utilidad por producción.</p>
<p>Restricciones del modelo: son aquellas limitaciones presentes para la resolución del modelo de programación lineal. En este ejemplo de maximización de la producción, las restricciones son las horas disponibles para producir y los metros de tela en existencia.</p>	$2X_1 + 3X_2 \leq 29,$ $10X_1 + 20X_2 \leq 180.$
<p>Restricciones de no negatividad: el modelo requiere restricciones de no negatividad ya que las variables base (X_1 y X_2) no pueden ser menores que cero.</p>	$X_1 \geq 0$ $X_2 \geq 0.$

Región factible: es el área que se forma con todas aquellas posibles respuesta o soluciones al problema de programación lineal (véase Figura 3.1). Nótese que la teoría matemática determina que el valor máximo de la función objetivo en este tipo de región factible (conjunto cerrado, acotado y convexo) se encuentra en uno de sus vértices, en este caso se trata del vértice con coordenadas (4,7).

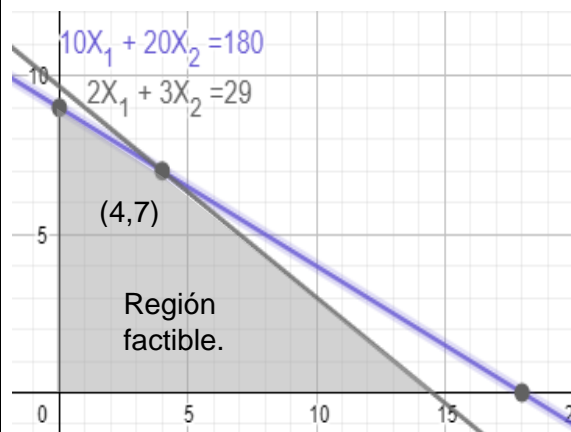


Figura 3.1: Región factible.

Interpretación de los resultados: los valores que optimizan la función objetivo son $X_1 = 4$ y $X_2 = 7$ (véase Figura 3.2); es decir, se tiene que producir 4 manteles de tamaño mediano y 7 manteles de tamaño grande. Así la empresa podrá obtener una ganancia de \$1,310.00 MN.

$$Z = 100X_1 + 130X_2,$$

$$Z = 100(4) + 130(7),$$

$$Z = 400 + 910,$$

$$Z = 1,310.$$

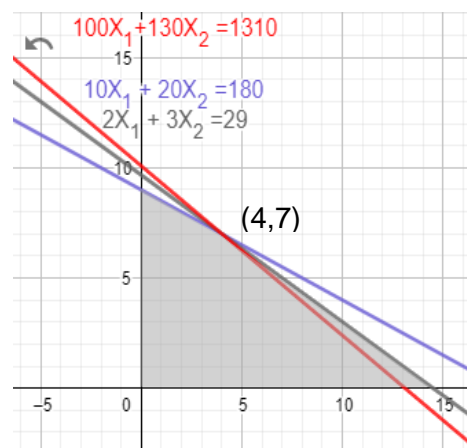


Figura 3.2: Óptimo de la función objetivo.

Fuente: *Elaboración propia.*

Es importante mencionar que en este trabajo de tesis se usará el software libre R para implementar el método simplex, ilustrado en el ejemplo anterior de manera gráfica. Se usará este software ya que el problema real que se desea resolver requiere una implementación computacional del método puesto que dicho problema involucra un mayor número de variables y restricciones, lo que hace que el proceso de búsqueda del óptimo, en la región factible, sea complejo

de resolver desde un punto de vista gráfico. Sin embargo, la idea de donde se busca (vértices) el valor que optimiza la función objetivo es la misma que la ilustrada en nuestro ejemplo anterior.

3.2 Escenarios: Flujos de inversión

La solución del modelo de optimización del presente trabajo, a través del método simplex, depende del flujo de inversión especificado. Esto es así porque con base en los insumos o materiales disponibles para la producción (los cuales tienen un costo de inversión) el método simplex comenzará a calcular los posibles resultados o combinaciones de producción en cantidad y forma de bienes, que generarán una mayor utilidad para la empresa. Es decir, cambios en la cantidad de los recursos disponibles (b_i) provocados por un escenario de inversión, suelen producir soluciones óptimas diferentes. Cabe mencionar que esta forma de plantear el contexto del problema y usar el método es poco convencional en los ámbitos donde se suele aplicar el método simplex. Se trata más bien de un enfoque *ad hoc* para un entorno financiero.

Se considerarán distintos escenarios de inversión en cantidad de recursos disponibles de materia prima, con el objetivo de comparar la rentabilidad que la empresa podría obtener bajo cada uno de ellos. Se propone que los escenarios sean especificados basándose en datos históricos de compras de materiales realizadas por la empresa; así como la capacidad actual de inversión con que cuenta la empresa. Además, la cantidad de escenarios a considerar se fijará de manera que se tenga una partición apropiada del intervalo formado por la mínima y máximo gasto factible para la empresa. Aquí se busca que la partición sea tal que proporcione suficientemente información para representar los cambios continuos en el comportamiento de los índices de rentabilidad. En este caso, los índices o métricas de rentabilidad son las razones financieras.

3.3 Análisis de sensibilidad: Método Monte Carlo

La solución del modelo de optimización también depende del costo de adquisición de los recursos necesarios, del costo de mano de obra y del precio de venta del producto final, con base en dichos costos se determina la utilidad unitaria (d_j). Las empresas se encuentran en un mercado en constante movimiento, se dice que los mercados no duermen; y como se señala en la Sección 3.2, el método simplex proporciona una solución óptima y fija para el modelo de optimización con cada escenario de inversión, por lo que se tiene la necesidad de implementar un análisis de sensibilidad, para lo que se seleccionó al método Monte Carlo. Aquí se propone introducir variabilidad en la solución que proporciona el método simplex, para cada escenario, a través de modificar aleatoriamente las variables asociadas a la utilidad del modelo de optimización.

En particular en este trabajo se considerará una utilidad bruta unitaria aleatoria (d_j). Esto permitirá heredar dicha variabilidad al índice de rentabilidad que se calculará para cada escenario. Al final, con base en el comportamiento aleatorio resultante se podrán comparar y seleccionar el flujo de inversión en materia prima más redituable con respecto a una métrica financiera, la cual se explicará la siguiente sección.

3.4 Indicadores financieros

Existen muchas métricas o indicadores financieros que facilitan los análisis financieros. En el Capítulo 2, Sección 2.4.1, se definen las razones financieras de rentabilidad más comunes utilizadas por los analistas financieros; sin embargo, por simplicidad y por los objetivos de este trabajo se ha seleccionado el rendimiento sobre la inversión, Ecuación (2.10), para realizar la comparación de rendimientos entre los distintos flujos de inversión propuestos (véase Sección 3.5.1). Además, en este trabajo se ha elegido el coeficiente de variación (descrito en el Capítulo 2, Sección 2.4.2) para analizar el riesgo asociado a los rendimientos en los flujos de inversión propuestos.

3.5 Implementación de la metodología

3.5.1 Diagnóstico de la empresa

En esta sección se llevará a cabo un diagnóstico del proceso productivo de la empresa bajo estudio, con el objetivo de conocer los insumos y materia prima, en cantidad y forma, que se utilizan en la fabricación de los bienes; así como la disponibilidad de estas variables, el costo de producción, el precio de venta del producto final, etcétera. Todo esto permitirá construir el modelo de programación lineal descrito en la metodología (Sección 3.1).

En la actualidad la empresa bajo estudio maneja un catálogo de distintos modelos de cortinas. Para el presente trabajo se seleccionaron los más demandados por los clientes, un total de diez modelos de cortinas (véase Tabla 3.3). Por otra parte, la empresa tiene una capacidad de producción mensual de 20 cortinas terminadas e instaladas y la producción mensual promedio de la empresa es de diez cortinas confeccionadas e instaladas.

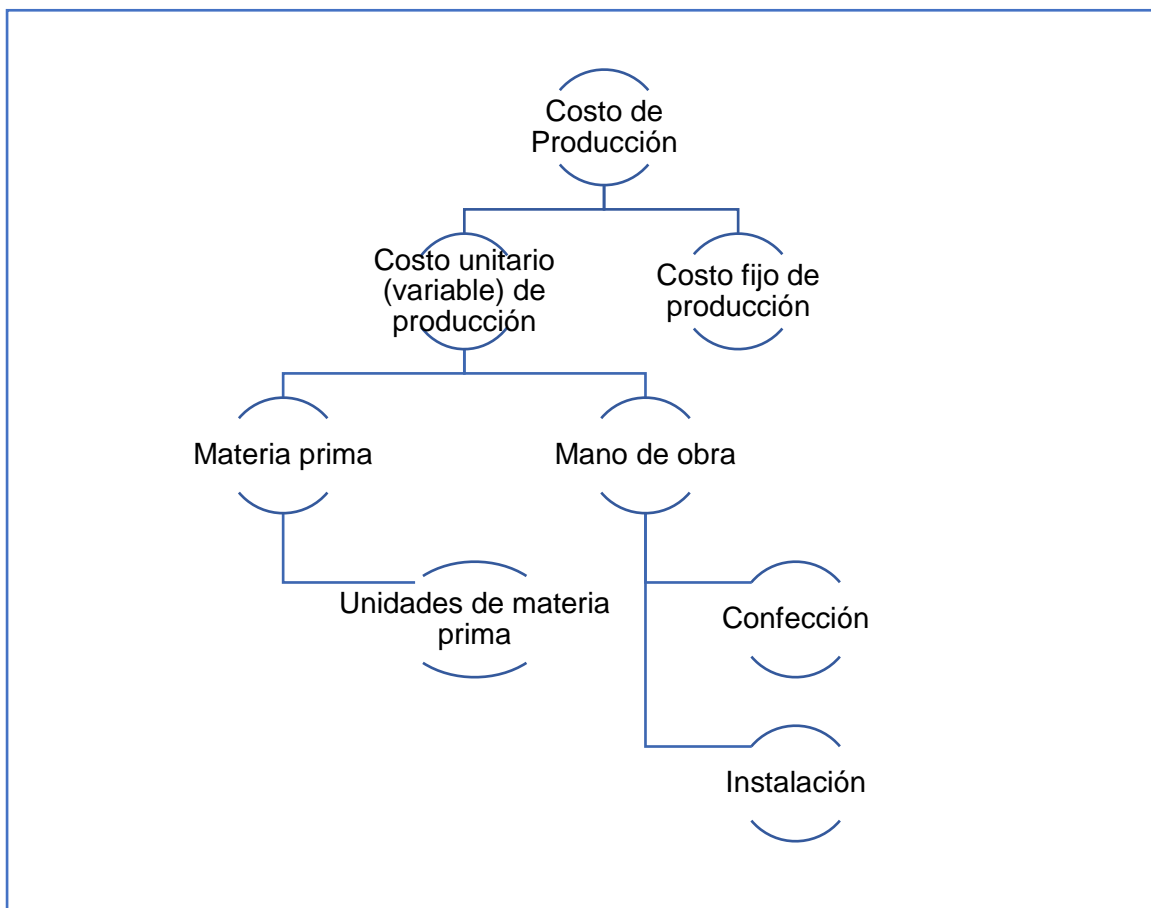
Tabla 3.3: Modelos de cortinas.

Modelo	Descripción
1	Recamara sencilla mediana
2	Recamara sencilla grande
3	Ojillos mediana
4	Ojillos grande
5	Tradicional ondas mediana
6	Tradicional ondas grandes
7	Ondas en madera mediana
8	Ondas en madera grande
9	Persiana romana chica
10	Persiana romana mediana

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada.

Por otro lado, cada producto se realiza con un conjunto de insumos y materia prima específico; sin embargo, hay ciertos insumos necesarios para todos los productos que ofrece la empresa. El costo final del producto, o costo de producción unitario (véase Figura 3.3), incluye los costos de la materia primas, más el costo de mano de obra de confección y el costo de la mano de obra de instalación. En la Tabla 3.4 se muestran los distintos insumos que se utilizan para la producción de los diferentes modelos de cortinas con su costo unitario al 31 de diciembre del 2020.

Figura 3.3: Estructura general de los costos de producción.



Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada.

Tabla 3.4: Costo unitario de los insumos al comprar por mayoreo.

Materiales	Costo Unitario
Caja de ojillos	\$ 650.00
Tela rígida metro	\$ 2.00
Tergal retro	\$ 25.00
Tela de cortina metro	\$ 80.00
Madera de 2" x 1" de ancho x 2.4 m de largo	\$ 100.00
Cortinero de madera 1.25" de diámetro	\$ 250.00
varilla fibra de vidrio metro	\$ 50.00
Par de ménsulas 12 cm	\$ 45.00
Par de ménsulas 6 cm	\$ 26.00
Soportes 12 cm	\$ 20.00
Soportes 6 cm	\$ 20.00
Par de soporte de herrería para cortinero	\$ 200.00
Varillas para cortina de 2.5 m	\$ 50.00

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada. Cantidades en moneda nacional.

Es importante mencionar que la empresa tiene un rango de posibilidades para un flujo de inversión. En la Tabla 3.5 se definen los montos propuestos para cada uno de los escenarios de inversión en recursos necesarios para la producción dentro del abanico de posibilidades según las razones expuesta en la Sección 3.2.

Tabla 3.5: Escenarios de inversión en recursos necesarios.

Escenarios	Monto
Flujo 1	\$ 52,370.00
Flujo 2	\$ 60,185.00
Flujo 3	\$ 66,995.00
Flujo 4	\$ 70,810.00
Flujo 5	\$ 74,135.00
Flujo 6	\$ 78,735.00

Flujo 7	\$ 87,670.00
Flujo 8	\$ 88,385.00
Flujo 9	\$ 93,740.00
Flujo 10	\$ 132,400.00

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada. Cantidades en moneda nacional.

Finalmente, para poder realizar el cálculo correspondiente para determinar la utilidad bruta unitaria (d_j) en cada uno de los productos se requiere el costo unitario de producción por modelo de cortina (véase Tabla 3.6) y el precio de venta (P_n), el cual la empresa determina con la Ecuación (3.1).

$$P_n = d_j + 1000. \quad (3.1)$$

Tabla 3.6: Costo unitario de producción, taller de cortinas.

Modelo de cortina	Costo mano de obra	Costo materia prima	Costo unitario de producción (d_j)
Recamara mediana	\$1,000.00	\$1,443.75	\$2,443.75
Recamara grande	\$1,200.00	\$1,758.75	\$2,958.75
Ojillos mediana	\$1,200.00	\$2,262.75	\$3,462.75
Ojillos grande	\$1,400.00	\$2,746.25	\$4,146.25
Tradicional ondas mediana	\$1,200.00	\$1,763.75	\$2,963.75
Tradicional ondas grandes	\$1,500.00	\$2,078.75	\$3,578.75
Ondas en madera mediana	\$1,200.00	\$2,373.75	\$3,573.75
Ondas en madera grande	\$1,500.00	\$2,678.75	\$4,178.75
Persiana romana chica	\$800.00	\$ 842.25	\$1,642.25
Persiana romana mediana	\$1,000.00	\$1,077.25	\$2,077.25

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada. Cantidades en moneda nacional.

3.5.2 Construcción del modelo

Función objetivo

La función objetivo de la empresa, dada en (3.2), se ha definido en función de los diez modelos de cortinas que se considerarán para el presente trabajo, con

el objetivo de determinar el número óptimo de producción de cada uno de ellos, en función a un nivel dado de inventario de materia prima disponible y así determinar la utilidad bruta máxima por producción.

$$Z_{10} = \sum_{j=1}^{10} d_j X_j. \quad (3.2)$$

Identificación de cantidades y variables del modelo

En la Tabla 3.7 y Tabla 3.8 se presenta la matriz de recursos necesarios, denotada como A. En la primera columna de esta matriz se indican las variables base (X_j) y en las siguientes columnas se presenta la cantidad de recurso necesario (a_{ij}) por cada uno de los modelos de cortinas.

Tabla 3.7: Matriz A, parte I: Variables base y restricciones, taller de cortinas.

Modelo	Paquetes de ojillos	Tela rígida metro	Tela tergal francés metro	Tela de cortina metro	Madera de 2" X 1" de ancho X 2.4 de largo	Bastón de madera 1.25" de diámetro
	1	2	3	4	5	6
Recamara mediana	0	0	6	12	1	0
Recamara grande	0	0	9	15	1	0
Ojillos mediana	0.75	9	6	9	0	1
Ojillos grande	1	12	9	12	0	1
Tradicional ondas mediana	0	0	6	16	1	0
Tradicional ondas grandes	0	0	9	19	1	0
Ondas en madera mediana	0	0	6	16	0	1

Ondas en madera grande	0	0	9	19	0	1
Persiana romana chica	0	0	0	3	1	0
Persiana romana mediana	0	0	0	5	1	0

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3.8: Matriz A, parte II: Variables base y restricciones, taller de cortinas.

Modelo	Varilla fibra de vidrio metro	Par de ménsulas 12 cm	Par de ménsulas 6 cm	SopORTE 12 cm	SopORTE 6 cm	Par de soporte de herrería para cortinero	Varillas para cortina de 2.5 m
	7	8	9	10	11	12	13
Recamara mediana	0	1	0	3	0	0	2
Recamara grande	0	1	0	3	0	0	2
Ojillos mediana	0	0	1	0	1	1	1
Ojillos grande	0	0	1	0	1	1	1
Tradicional ondas mediana	0	1	0	3	0	0	2
Tradicional ondas grandes	0	1	0	3	0	0	2
Ondas en madera mediana	0	1	0	2	0	1	2
Ondas en madera grande	0	1	0	2	0	1	2
Persiana romana chica	4	0	0	0	2	0	0

Persiana romana mediana	5.5	0	0	0	3	0	0
-------------------------	-----	---	---	---	---	---	---

Fuente: *Elaboración propia.*

Por otro lado, en la Tabla 3.9 se presenta la matriz de recursos, denotada por B, según los flujos de inversión. En la primera columna de esta matriz se indican los nombres de los recursos disponibles y en las otras columnas los flujos de inversión.

Tabla 3.9: Matriz B: Recursos disponibles.

Recursos requeridos	Flujos de inversión									
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7	No. 8	No. 9	No. 10
Caja de ojillos	10	10	13	15	13	18	19	15	22	20
Tela rígida metro	150	200	200	200	200	200	200	250	200	250
Tergal francés metro	150	200	180	150	180	150	160	210	150	250
Tela de cortina metro	200	260	330	300	330	250	350	320	300	500
Madera de 2" x 1" de ancho x 2.4 m de largo	20	20	10	10	10	10	15	15	10	50
Cortinero madera 1.25" de diámetro	15	20	20	30	30	35	30	35	35	50
Varilla fibra de vidrio metro	10	20	22	30	30	35	35	35	40	70
Par de ménsulas 12 cm	20	20	9	10	10	15	15	15	15	45
Par de ménsulas 6 cm	20	20	17	20	25	25	25	25	25	75
Soportes 12 cm	50	60	24	25	25	25	30	28	25	90
Soportes 6 cm	50	60	29	30	35	40	40	45	40	80
Par de soporte de herrería para cortinero	20	20	20	25	30	30	30	35	30	90
Varillas para cortina de 2.5 m	30	30	35	35	35	40	45	45	45	90

Fuente: *Elaboración propia con base en información recopilada. Cantidades en unidades.*

Restricciones de no negatividad

Finalmente, las restricciones de no negatividad del modelo se presentan en la Tabla 3.10. En la primera columna de esta tabla se indica el modelo de cortina, en la segunda se hace la breve descripción del modelo de cortina y en la tercera columna se da el valor correspondiente a la restricción de producción mínima para el periodo de tiempo de estudio.

Tabla 3.10: Mínimo de producción por modelo de cortina.

Modelo	Descripción	Producción mínima
1	Recamara sencilla mediana	1
2	Recamara sencilla grande	1
3	Ojillos mediana	0
4	Ojillos grande	2
5	Tradicional ondas mediana	2
6	Tradicional ondas grandes	2
7	Ondas en madera mediana	1
8	Ondas en madera grande	1
9	Persiana romana chica	0
10	Persiana romana mediana	0

Fuente: Elaboración propia con base en información recopilada.

3.5.3 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se llevó a cabo de la siguiente forma. Se generaron 10,000 simulaciones la utilidad bruta unitaria (d_j). Para hacer esto, se consideró que los costos y precios involucrados en el cálculo de d_j son variables aleatorias en intervalos especificados de acuerdo con la información recopilada para la investigación y la experiencia de los propietarios de la empresa. Se consideró que los costos y precios, por distintas circunstancias del mercado, pueden variar uniformemente entre una reducción a la mitad del valor vigente ($0.5 * V$) y un aumento de la mitad del valor vigente ($1.5 * V$), donde V denota el valor vigente.

Es decir, los costos y precios asociados al cálculo de la utilidad bruta unitaria (d_j) son variables aleatorias uniformes con límites dados por $0.5 * V$ y $1.5 * V$, donde V denota el valor vigente.

Posteriormente se procedió a encontrar las soluciones óptimas para el modelo propuesto y sus correspondientes razones financieras. Todo esto se realiza para cada escenario de inversión. Así, se producen 10,000 valores de razón financiera de rentabilidad para cada escenario de inversión.

3.5.4 Implementación del modelo usando el software R

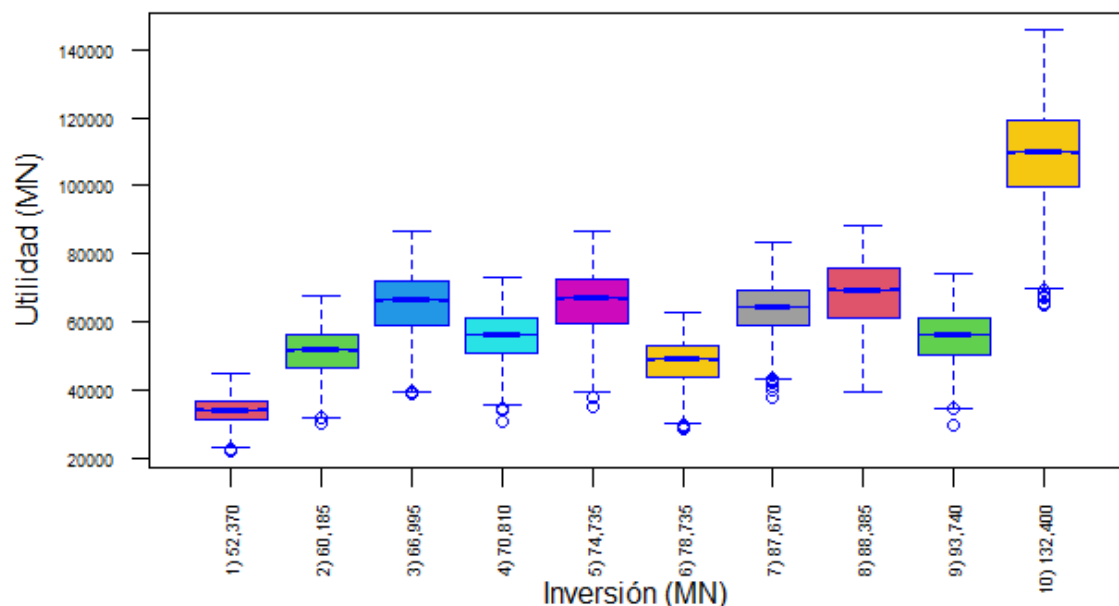
Se empleó el software libre R en el entorno R-Studio para solucionar el modelo de optimización de producción. En particular, se utilizó la función *simplex* de la librería *boot*. El software libre R también fue utilizado para llevar a cabo la simulación Monte Carlo y construir las gráficas para presentar los resultados del estudio.

4 CAPITULO IV. RESULTADOS

Se aplicó e implementó la metodología propuesta, al caso de estudio de la microempresa de confección de cortinas, con el objetivo de determinar el nivel de inversión que se debe hacer en materia prima para maximizar el rendimiento de la empresa, considerando un esquema óptimo de producción que maximice la utilidad de la empresa sujeta a las restricciones de producción, demanda del mercado y escenarios de precios aleatorios de materia prima.

En la Figura 4.1 se presentan gráficas de caja y bigotes de la utilidad óptima por producción (eje Y), obtenida por el método simplex en cada una de las 10,000 simulaciones Monte Carlo, correspondientes a los diferentes niveles de inversión propuestos (eje X). En esta figura se observa que diferentes escenarios de inversión (por ejemplo, 3, 5, 7 y 8) proporcionan una utilidad promedio similar. Por otro lado, el nivel de inversión más alto produce la utilidad promedio más alta. Sin embargo, la variabilidad más alta también le corresponde a este nivel de inversión. En la Tabla 4.1 se presenta el rendimiento sobre la inversión (RI) de cada uno de los flujos de inversión propuestos presentados en la Figura 4.1.

Figura 4.1: Utilidad bruta en diferentes escenarios de inversión propuesta.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4.1: Rendimientos sobre la inversión propuesta.

Escenarios	RI escenarios propuestos
Flujo 1	65.72%
Flujo 2	86.16%
Flujo 3	99.21%
Flujo 4	79.53%
Flujo 5	90.33%
Flujo 6	62.38%
Flujo 7	73.03%
Flujo 8	79.43%
Flujo 9	60.09%
Flujo 10	82.98%

Fuente: Elaboración propia.

Con base en estos resultados, se concluye que el rendimiento sobre las inversiones en materia prima, en el presente caso de estudio, es afectado directamente por la manera en que la empresa organice y diseñe su estrategia de producción y por la presencia de cambios aleatorios en los precios y costos que determinan la utilidad. En particular, se observa que el nivel o flujo de inversión propuesto más alto (Flujo 10) no tiene asociado el RI más alto.

Por otro lado, cuando se calculan los rendimientos con base en la inversión óptima asociada a la producción óptima del método simplex, en vez de calcularlos con base en la inversión propuesta, entonces ahora se obtiene que el flujo de inversión óptimo más alto (Flujo 10) tiene asociado el RI más alto; véase Tabla 4.2. Para fines de comparación, la Tabla 4.2 también contiene los RI calculados con base en los escenarios de inversión propuestos y presentados anteriormente en la Tabla 4.1.

Tabla 4.2: Rendimientos sobre las inversiones.

Escenarios	RI	RI
	escenarios propuestos	inversión óptima simplex
Flujo 1	65.72%	107.08%
Flujo 2	86.16%	110.51%
Flujo 3	99.21%	111.04%
Flujo 4	79.53%	111.39%
Flujo 5	90.33%	111.10%
Flujo 6	62.38%	111.31%
Flujo 7	73.03%	110.67%
Flujo 8	79.43%	108.55%
Flujo 9	60.09%	111.91%
Flujo 10	82.98%	114.79%

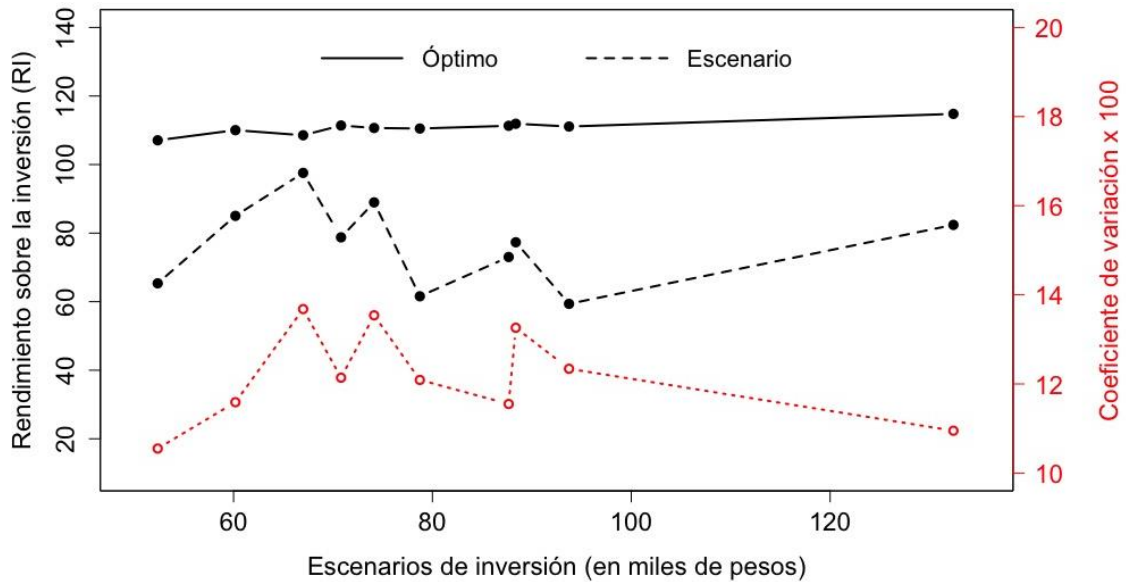
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 4.2 y 4.3 se presentan, de forma gráfica, los resultados correspondientes al retorno de inversión obtenidos hasta el momento. En ambas figuras se grafica, en el eje Y (del lado izquierdo), el RI calculado con la inversión propuesta (línea negra punteada) y el RI calculado con la inversión óptima asociada a la producción óptima del método simplex (línea negra sólida); el eje X en la Figura 4.2 corresponde a los escenarios de inversión propuestos, mientras que en la Figura 4.3 el eje X corresponde a la inversión óptima o inversión real. Además, en ambas figuras se grafica, en el eje Y (del lado derecho), el coeficiente de variación (Cv) correspondiente al RI calculado con la inversión óptima asociada a la producción óptima del método simplex.

En la Figura 4.2 y 4.3, la diferencia entre el RI calculado con la inversión propuesta (línea negra punteada) y el RI calculado con la inversión óptima (línea negra sólida) es un indicador del nivel de merma o desperdicio de recursos disponibles que pudiera existir en la empresa a causa de un gasto innecesario en materia prima. Además, en ambas figuras el RI calculado con la inversión óptima (línea negra sólida) exhibe una tendencia creciente muy suave. Más aún,

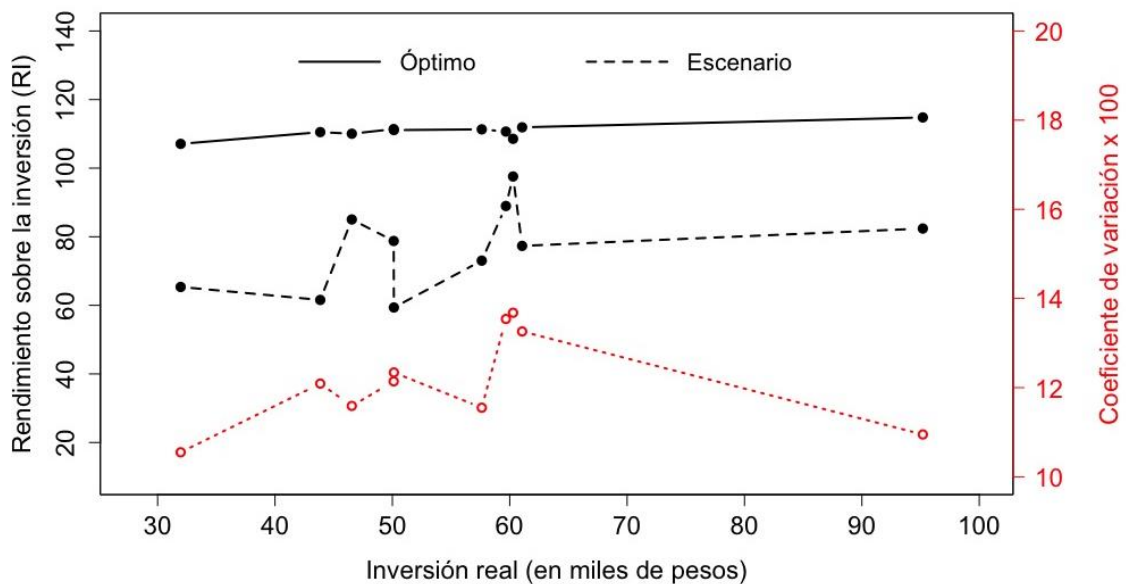
en ambas figuras, los coeficientes de variación más pequeños (que indican menos riesgo a la inversión) corresponden a los escenarios de inversión Flujo 1 y Flujo 10.

Figura 4.2: Rendimientos sobre la inversión propuesta e inversión real.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.3: Rendimientos sobre la inversión propuesta e inversión real (en orden ascendente).



Fuente: Elaboración propia.

En resumen, el flujo de inversión 10 es aproximadamente tres veces superior al Flujo 1; además, produce un RI levemente superior al RI que corresponde al Flujo 1; sin embargo, el riesgo que produce la inversión del Flujo 1 es ligeramente inferior al riesgo del Flujo 10. Así, con fundamento en esta información se selecciona al Flujo 1 como opción viable para la empresa.

Cabe mencionar que una vez elegido el nivel óptimo de inversión, se sugiere elaborar la cantidad de producción de cortinas correspondiente a la corrida de Monte Carlo que produce la utilidad óptima más cercana a la utilidad promedio y que haga sentido con la experiencia del tomador de decisiones. En este caso, la producción óptima (para el periodo de alta demanda) es la que se muestra en la Tabla 4.3. Así, el escenario 1 de inversión en materia prima propone una producción total de 16 unidades de cortinas entre los diez distintos modelo.

Tabla 4.3: Producción óptima del flujo de inversión 1.

Modelo de cortina	Unidades a producir
Recamara sencilla mediana	1
Recamara sencilla grande	1
Ojillos mediana	4
Ojillos grande	2
Tradicional ondas mediana	2
Tradicional ondas grandes	2
Ondas en madera mediana	1
Ondas en madera grande	1
Persiana romana chica	2
Persiana romana mediana	0

Fuente: Elaboración propia.

5 CAPITULO V. CONCLUSIONES

El funcionamiento básico general de una empresa así sea una micro, pequeña o mediana es similar al de una gran empresa; todas ofrecen a los clientes un producto o servicio que realizan, para lo que se necesitan ciertos insumos o recursos. En el presente trabajo de tesis se propuso una metodología general que consiste en utilizar el método simplex, el método Monte Carlo y las razones financieras de rendimiento sobre la inversión para ayudar en la toma de decisiones sobre inversión en recursos necesarios para la producción durante un periodo determinado, con el propósito de maximizar la utilidad bruta de la empresa. La metodología aquí propuesta es simple y fácil de implementar en una micro, pequeña o mediana empresa con enfoque manufacturero, principalmente.

El análisis realizado para el desarrollo de esta investigación acentúa la importancia de conocer a fondo el proceso de producción, los recursos necesarios para ello, así como los costos de producción y precios de venta (actuales y comportamiento histórico) para lograr una mayor utilidad bruta o beneficios para las empresas en cuestión, con base en una producción optimizada en medida a la oferta y demanda del mercado al que se pertenece. Otro punto importante para conocer como empresario o emprendedor: el mercado al que se pertenece, su comportamiento histórico, tendencias y preferencias de los clientes que conforman el mercado, la periodicidad de las ventas, etc.

Este estudio amplió la visión de las propietarias de la microempresa de confección de cortinas bajo estudio, a la cual se le aplicó la metodología propuesta, respecto a las futuras decisiones de inversión, y a la importancia de analizar las posibilidades y opciones desde una perspectiva estratégica.

6 REFERENCIAS

- Agreda, L. A. Q. (2016). *Aplicación del método simplex para maximizar los beneficios obtenidos por la fabricación de carrocerías en la empresa éxito S.A.* Universidad Técnica de Machala. Universidad Técnica Machala, Machala, Ecuador.
- Caballero, M. M. (2016). *Determinantes financieros que hacen que una Empresa cotice en forma exitosa en la Bolsa Mexicana de Valores.* Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
- Bofill, M., García, E., & Sariago, Y. (2019). Optimización en la producción de surtidos de helados Alondra. *Tecnología Química*, 39(2), 376–389.
- Boirivant, J. A. (2009). La programación lineal aplicación de la pequeñas y medianas empresas. *Reflexiones*, 88(1), 89–105.
- Boirivant, J. A. (2011). El análisis post-optimal en programación lineal aplicada a la agricultura. *Reflexiones*, 90(1), 161–173.
- Font, B. (2016). Bootstrap estimation of the efficient frontier. *Computational Management Science.*, 13(4), 541–570.
- Lana, R. A. (2008). La administración estratégica como herramienta de gestión. *Visión de Futuro*, 9(1), 20-40.
- Reyes, J., & Molina, C. (2014). Plan agregado de producción mediante el uso de un algoritmo de programación lineal : Un caso de estudio para la pequeña industria. *Revista EPN*, 34(1), 10–17.
- Gitman, L. J., & Zutter, C. J. (2016). *Principios de administración financiera.* Pearson Educación, México.
- Hazell, P. (2018). *Mathematical programming for economic analysis in agriculture.* Macmillan Publishing Company, EUA.
- Hill, C. W. L., & Jones, G. R. (2011). *Administración estratégica un enfoque*

- integral*. Cengage Learning, México.
- Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2010). *Introducción a la investigación de operaciones*. McGraw-Hill, México.
- Leenders, J. (2012). *Administración de compras y abastecimiento*. McGraw-Hill, México.
- Morales, A. (2012). *Apuntes digitales. Finanzas corporativas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Morales, J. A. (2007). *Razones financieras que describen y clasifican a las empresas financieras exitosas del sector comercial que cotiza en la Bolsa Mexicana de Valores*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Morales, J. A., & Morales, A. (2014). *Finanzas orientaciones teórico-prácticas*. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Oliveira, D. de P. R. de. (2007). *Planificación estratégica: Conceptos, metodología y prácticas*. Editora Atlas, Brasil.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (2009). *Microeconomía*. Pearson Educación, España.
- Schervish, M. J., Law, A. M., & Kelton, W. D. (2015). *Simulation modeling and analysis*. McGraw-Hill, EUA.
- AMAI. (2018). *Nota Metodológica NSE AMAI 2020*. <https://nse.amai.org>
- AMAI. (2021). *Descripción de Los Niveles Socioeconómicos*. <http://nse.amai.org>
- Collazo, A. R. (2012). *Apuntes sobre el método simplex de programación lineal*. <https://www.coursehero.com>
- Cobelli, C. (2020). *Las 5 actividades económicas de Sonora más importantes*. <https://www.lifeder.com>
- Davis, D., Vera, F., Tomateo, C., Silva, J., Santa María, J., Segovia, R., Chavez, A., & Arcia, D. (2017). *Rethinking Hermosillo*.

<http://www.implanhermosillo.gob.mx>

DOF. (2002). Ley para el desarrollo de la competitividad de la micro, pequeña y mediana empresa. *Diario Oficial de La Federación*.

<http://www.diputados.gob.mx>

EALDE. (2020). *En qué consiste el método de simulación de Monte Carlo*.

<https://www.ealde.es>

El Financiero. (2016). *Éste es el municipio más rico del país , según S & P*.

<https://www.elfinanciero.com.mx>

El portal Inmobiliario. (2019). Historia de The Home Depot Inc.

<https://www.elportalinmobiliario.com.mx>

INEGI. (2019). *ENOE Segundo Trimestre 2019*. <https://www.inegi.org.mx>

Moncayo, C. (2015). *¿Cuáles son las razones financieras de rentabilidad?*

<https://incp.org.co>

Real Academia Española. (2014). *Diccionario de la lengua española RAE - ASALE*. <https://dle.rae.es>

Standard & Poor's (2017) *Standard & Poor's confirma calificación de ' mxA ' del Municipio de Hermosillo ; la perspectiva es estable*. [Comunicado de prensa] <https://www.spglobal.com>