



**FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**SEDE QUITO**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO  
DE INGENIERO EN GESTIÓN EMPRESARIAL**

**TEMA:**

**“DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE  
INVESTIGACIÓN OPERATIVA, PARA EL DESARROLLO E  
INNOVACIÓN DE LA EMPRESA MOBILIARIA “CARPINTERÍA  
CRISTIAN” EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”**

**AUTOR:**

**BYRON ANTONIO RAMÍREZ SALVADOR**

**DOCENTE ASESOR:**

**ING. LUIS ALFONSO LLERENA SALAZAR**

**QUITO - 2020**

## **CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

Ing. Luis Alfonso Llerena Salazar, en calidad de docente tutor del trabajo de investigación indica:

Que el trabajo de investigación para obtener el título de Ingeniero en Gestión Empresarial cuyo tema es DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, PARA EL DESARROLLO E INNOVACIÓN DE LA EMPRESA MOBILIARIA “CARPINTERÍA CRISTIAN” EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, elaborado por el Sr. Byron Antonio Ramírez Salvador, ha sido debidamente revisada y está en condiciones de ser entregado para que continúe con el proceso de graduación de acuerdo con el Reglamento de la Universidad Metropolitana del Ecuador.

Atentamente,

---

Ing. Luis Alfonso Llerena Salazar  
TUTOR

## **CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Byron Antonio Ramírez Salvador, estudiante de la Universidad Metropolitana del Ecuador "UMET", Gestión Empresarial, declaro en forma libre y voluntaria que el presente trabajo de investigación que versa sobre: "DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, PARA EL DESARROLLO E INNOVACIÓN DE LA EMPRESA MOBILIARIA "CARPINTERÍA CRISTIAN" EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO" y las expresiones vertidas en la misma, son autoría del compareciente, las cuales se han realizado en base a recopilación bibliográfica, consultas de internet y consultas de campo.

En consecuencia, asumo la responsabilidad de la originalidad de la misma y el cuidado al referirme a las fuentes bibliográficas respectivas para fundamentar el contenido expuesto.

Atentamente,

---

Byron Antonio Ramírez Salvador  
**C.I. 1716388630**  
**AUTOR**

## CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo, Byron Antonio Ramírez Salvador, en calidad de autor y titular de los derechos morales y patrimoniales del trabajo de titulación, “DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE UN NUEVO MODELO DE INVESTIGACIÓN OPERATIVA, PARA EL DESARROLLO E INNOVACIÓN DE LA EMPRESA MOBILIARIA “CARPINTERÍA CRISTIAN” EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO”, modalidad Proyecto de Investigación, de conformidad con el Art. 114 del CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN, cedo a favor de la Universidad Metropolitana del Ecuador una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos. Conservo a mi favor todos los derechos de autor sobre la obra, establecidos en la normativa citada.

Así mismo, autorizo a la Universidad Metropolitana del Ecuador para que realice la digitalización y publicación de este trabajo de titulación en el repositorio virtual, de conformidad a lo dispuesto en el Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

El autor declara que la obra objeto de la presente autorización es original en su forma de expresión y no infringe el derecho de autor de terceros, asumiendo la responsabilidad por cualquier reclamación que pudiera presentarse por esta causa y liberando a la Universidad de toda responsabilidad.

---

Byron Antonio Ramírez Salvador  
**C.I. 1716388630**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por brindarme vida y salud, las cuales me han llevado a la consecución de esta logro importante.

A mis amados padres, Jeaneth y Byron quienes han sido pilar fundamental y artífices de mi crecimiento personal y ahora profesional.

A mi hermana, Paola por siempre brindarme su apoyo incondicional en todo momento, aportando de gran manera a la consecución de mis metas.

A mi hija Camila y a mis sobrinos Adrián, Valentina y Gregory, los cuales no me brindaron la fuerza necesaria para lograrlo.

**Byron Antonio Ramírez Salvador.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por bendecirme con la maravillosa familia que tengo, la misma que supo inculcarme principios y valores; pero sobretodo confi6 en m6 y me brind6 su apoyo incondicional en todo momento.

A mi tutor Ing. Luis Alfonso Llerena Salazar, por su asesor6a para la elaboraci6n del trabajo de titulaci6n, un especial agradecimiento por sus conocimientos y experiencias transmitidas.

**Byron Antonio Ram6rez Salvador.**

## ÍNDICE GENERAL

<b>CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....</b>	<b>II</b>
<b>CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA DE TRABAJO DE TITULACIÓN .....</b>	<b>III</b>
<b>CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR.....</b>	<b>IV</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE GENERAL.....</b>	<b>VII</b>
Índice de tablas.....	IX
Índice de gráficos.....	XI
Índices de ilustraciones .....	XI
Índice de anexos.....	XI
<b>RESUMEN .....</b>	<b>XII</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XIII</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>JUSTIFICACIÓN.....</b>	<b>3</b>
<b>SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....</b>	<b>4</b>
Árbol de problemas.....	4
Delimitación del problema .....	5
Delimitación espacial .....	5
Delimitación temporal.....	5
Formulación del problema científico .....	5
Objetivo general.....	6
Objetivos específicos.....	6
<b>MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>6</b>
Antecedentes de la investigación .....	6
Fundamentación contextual.....	9
Fundamentación legal .....	18
Fundamentación teórica .....	20
La empresa.....	20
Investigación operativa .....	21
Programación lineal .....	21
Optimización .....	30

Proceso.....	30
<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>30</b>
Enfoques .....	30
Enfoque cualitativo.....	30
Enfoque cuantitativo.....	31
Técnicas de la investigación.....	32
Investigación bibliográfica .....	32
Investigación de campo .....	32
Tipos de investigación .....	32
Investigación exploratoria .....	32
Investigación descriptiva .....	33
Investigación correlacional.....	33
Investigación explicativa .....	33
Investigación documental.....	33
Investigación de campo .....	34
Recolección de datos.....	34
Instrumentos de investigación utilizados.....	34
Validación del instrumento .....	34
Cronograma de actividades.....	35
Resultados.....	35
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>36</b>
<b>1. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL.....</b>	<b>36</b>
1.1. Análisis sectorial .....	36
1.2. Análisis del estado de la empresa Carpintería Cristian .....	37
1.2.1. Generalidades.....	37
1.2.2. Producción de muebles “Carpintería Cristian” .....	38
1.2.3. Proceso de producción detallado .....	39
1.2.4. Estructura organizacional.....	40
1.2.5. Cadena de valor de la empresa .....	41
1.2.6. Herramientas de análisis situacional usadas sobre la Carpintería Cristian .....	43
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>49</b>
<b>2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA.....</b>	<b>49</b>
2.1. Método gráfico .....	49



2.1.1. Minimización .....	49
2.1.2. Minimización .....	53
2.2. Método Simplex .....	58
2.2.1. Maximización .....	58
2.2.2. Minimización .....	63
2.2.3. Maximización .....	64
2.2.4. Redes de PERT .....	67
2.2.5. CPM .....	76
2.2.6. Transportes .....	82
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>86</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>87</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>88</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>94</b>

### Índice de tablas

Tabla 1. Justificación del proyecto .....	3
Tabla 2. Uso potencial y actual del suelo en el Ecuador .....	12
Tabla 3. Partidas y subpartidas utilizadas en el análisis .....	13
Tabla 4. Producción nacional de madera elaborada y su equivalente en trozas.....	14
Tabla 5. Cronograma de actividades.....	35
Tabla 6. Modelo de la matriz FODA .....	45
Tabla 7. Análisis FODA Carpintería Cristhian .....	45
Tabla 8. Lista de chequeo para la Carpintería Cristian.....	46
Tabla 9. Entrevista al gerente propietario de la Carpintería Cristían .....	47
Tabla 10. Modelo matemático para la minimización en WINQSB .....	51
Tabla 11. Solución planteada por el software .....	51
Tabla 12. Modelo matemático para la minimización en WINQSB .....	55
Tabla 13. Solución planteada.....	55
Tabla 14. Modelo matemático para la maximización en WINQSB .....	60
Tabla 15. Valores en columnados listos para pivotar .....	61
Tabla 16. Iteración 1. Valores en columnados listos para pivotar .....	61
Tabla 17. Identificación intersección columna-fila pivote.....	61

Tabla 18. Renglon Pivote $F3 * 1/4$ para obtener 1 del 4 intersecado .....	62
Tabla 19. Iteración 2.....	62
Tabla 20. Solución planteada.....	62
Tabla 21. Modelo matemático para la maximización en WINQSB .....	63
Tabla 22. Iteración 2.....	63
Tabla 23. Iteración 3.....	63
Tabla 24. Iteración 4.....	63
Tabla 25. Iteración 5.....	64
Tabla 26. Solución planteada.....	64
Tabla 27. Modelo matemático para la maximización por metodo Simplex en WINQSB .....	65
Tabla 28. Solución final planteada por WinSQB .....	65
Tabla 29. Valores encolumnados listos para pivotear .....	66
Tabla 30. Iteración 1. Valores en columnas, listos para pivotear .....	66
Tabla 31. Iteración 2.....	67
Tabla 32. Iteración 3.....	67
Tabla 33. Iteración 4.....	67
Tabla 34. Tabla con tiempos estimados y precedencia dependiente .....	68
Tabla 35. Análisis de actividades .....	69
Tabla 36. Tabla con tiempos estimados y precedencia dependiente .....	72
Tabla 37. Análisis de actividades .....	73
Tabla 38. ....	76
Tabla 39. ....	76
Tabla 40. ....	78
Tabla 38. ....	79
Tabla 39. ....	80
Tabla 40. ....	81
Tabla 45. Costos .....	83
Tabla 46. Método noroeste .....	83
Tabla 47. Método costo mínimo .....	84
Tabla 48. Método Vogel .....	84
Tabla 49. Métodos.....	85

## Índice de gráficos

Gráfico 1. Árbol de problemas.....	5
Gráfico 2. Presentación grafica de las ecuaciones resueltas problema 1 .....	53
Gráfico 4. Solución planteada por metodo grafico. Minimización .....	58
Gráfico 5. Grafo de actividades PERT .....	71
Gráfico 6. Grafo de actividades PERT .....	75
Gráfico 8.....	79
Gráfico 8.....	82

## Índices de ilustraciones

Ilustración 1. Gráfico representando la resolucion de una ecuación de programación lineal.....	24
Ilustración 2. Red PERT .....	28
Ilustración 3. Graficación de un nodo de Gannt .....	29
Ilustración 4. Organigrama de la empresa .....	40
Ilustración 5. Organigrama funcional.....	40
Ilustración 6 Cadena de valor Carpinteria Cristhian .....	42
Ilustración 7. Ingreso de datos en software WinSQB .....	51
Ilustración 8. Ingreso de datos software WinSQB .....	60
Ilustración 9. Ingreso de datos WinSQB.....	64
Ilustración 10. Ingreso de variables o actividades del problema .....	68
Ilustración 11. Ingreso de variables o actividades del problema .....	72

## Índice de anexos

Anexo 1.....	94
Anexo 2.....	94
Anexo 3.....	94
Anexo 4.....	95

## RESUMEN

**TÍTULO:** Diseño de una propuesta de un nuevo modelo de investigación operativa, para el desarrollo e innovación de la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” en el Distrito Metropolitano de Quito, sector Chillogallo.

**AUTOR:** Byron Antonio Ramírez Salvador

**TUTOR:** Ing. Luis Alfonso Llerena Salazar

El presente proyecto se desarrolló en la empresa CARPINTERIA CRISTIAN, ubicada en Chillogallo para aplicar técnicas de investigación operativa, mediante la aplicación de procesos de maximización y Minimización de tiempos muertos de la elaboración del producto, en los que se va utilizar el método gráfico, método simplex, dualidad, transportes, diagrama de PERT y CPM, lo que nos permitirá generar rentabilidad en la empresa.

La identificación de las diversas actividades, así como la capacidad de liderazgo, son aspectos fundamentales para adoptar nuevos modelos de trabajo, tanto para la ejecución de proyectos actuales como futuros que propone el presente trabajo. Mediante la Investigación Operativa, al ser aplicada en el entorno empresarial, permite la elaboración, desarrollo y puesta en marcha de diversos planes operativos, con el fin de alcanzar los objetivos y metas planteadas por la empresa.

En el capítulo I: En este capítulo se detallará todos los datos y el diagnóstico de la situación actual de la “Carpintería Cristian” el entorno que rodea el tipo de negocio y los procesos que se llevan a cabo dentro del mismo.

En el capítulo II, está contenida la propuesta de solución a través del uso de la Investigación Operativa, aplicando los diferentes métodos mencionados anteriormente, así como el resultado de la aplicación de los mismos y el análisis concluyente de su aplicación.

**PALABRAS CLAVE:** Investigación Operativa, Maximización, Minimización, Métodos y tiempos muertos.

## ABSTRACT

**TÍTULO:** Diseño de una propuesta de un nuevo modelo de investigación operativa, para el desarrollo e innovación de la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” en el Distrito Metropolitano de Quito, sector Chillogallo.

**AUTHOR:** Byron Antonio Ramírez Salvador

**TUTOR:** Ing. Luis Alfonso Llerena Salazar

This project was developed in the CARPINTERIA CRISTIAN company, it's located in Chillogallo, in this company intended to apply operation research techniques, through the application of maximization and minimization processes of downtime of the product production, the graphical method, simplex method, duality, transports, PERT diagram and CPM will be used, which will allow to generate a profitability company

The identification of the various activities, as well as the leadership capacity, are fundamental aspects in adopt new working models, both for the implementation of current and future projects proposed by this work. Through operation research, being applied in the business environment, it allows the elaboration, development and implementation of various operational plans, in order to achieve the objectives and goals set by the company.

Chapter I: This chapter will detail all the dates and diagnosis of the current situation of the “CARPINTERIA CRISTIAN “the environment surrounding the type of business and the processes that take place within it.

Chapter II contained the proposal for a solution through the use of operation research, applying the different methods mentioned above, as well as the result of their application and conclusive analysis of their implementation.

**KEY WORDS:** Operation Research, Maximization, Minimization, Methods and Downtime

## INTRODUCCIÓN

El sector empresarial y de la producción, al cual corresponden grandes medianas y pequeñas empresas, es uno de los motores económicos más fuertes del país; estas de manera general deben tener para poder subsistir, métodos, técnicas y estrategias para: el emprendimiento, la innovación, el mejoramiento de la calidad, de la producción, entre otras; en este sentido es necesario de acuerdo a los recursos que se tengan dentro de la empresa, disponer una parte de ellos al desarrollo y mejoramiento de la cadena productiva, siendo el beneficiario final el cliente o potencial cliente del producto que se oferte, ya que estos, pagarán por un bien o servicio de calidad, además la empresa obtendría una ventaja competitiva al momento de enfrentar el mercado, esperando finalmente que la mejor publicidad para un producto sea en si el producto mismo.

En el Ecuador las empresas instituidas legalmente tienen muchos problemas al momento de medir si de verdad están ganando o no con su producción; esto puede llevar a puntos sin retorno en el camino del crecimiento empresarial, es decir a quiebres inminentes o estancamientos empresariales que impiden a una empresa seguir creciendo. Las micro, pequeñas y medianas empresas, que conforman la mayoría de la masa empresarial en el país tampoco son la excepción, ni están lejos del riesgo de atrofiar su escalada por no mejorar sus áreas, especialmente la productiva.

La empresa “Carpintería Cristian” ubicada en el sur de Quito, encaja en la problemática descrita anteriormente a la perfección ya que esta empresa, la cual será el objeto de estudio e investigación en el presente documento, presenta problemas identificados en su cadena productiva; estos han sido considerados producto del crecimiento a través de los años de la empresa; esta empresa se dedica a la producción, comercialización y venta de muebles de madera. La empresa ha ido creciendo paulatinamente su nivel de ventas, sin embargo han realizado pocos estudios y mediciones de su cadena productiva y el crecimiento que debería tener en función de su crecimiento productivo; esto no ha sido notado sino hasta el año pasado cuando se prendió una alarma al notar que en los números contables que se vienen

generando en los últimos meses. Aunque la empresa sigue produciendo ganancias y cada vez su venta va en crecimiento.

La empresa desea evitar seguir perdiendo dinero en su producción a medida que aumenten las ventas; para lo cual se ha tomado la decisión de aplicar herramientas empresariales que ayuden a resolver esa fuga de capital de la manera mas optima posible. En el mundo empresarial existen varias herramientas de ayuda a las gestiones en diferentes áreas; en particular el caso en estudio demanda una que sea aplicada al análisis y control de la cadena productiva, lo que ha llevado a esta investigación a identificar que técnicas pueden cumplir con el requerimiento; así pues se puede ver que la gestión operativa es la gestión más óptima para optimizar la cadena productiva para la carpintería Cristian.

En este sentido el tema del presente proyecto surge con el motivo de brindar a la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” ubicada en el sur de Quito, una gestión de operaciones en el área de producción. Se estimará la aplicación de maximizar su producción, minimizar sus costos y maximizar sus utilidades a través de las redes de PERT y CPM y transportes se considerara Redes de PERT lo cual permitirá determinar la ruta crítica de los procesos de la empresa.

De esta forma se espera cumplir principalmente con el objetivo fundamental de Diseñar un sistema de investigación operativa para la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” para mejorar la productividad.

## JUSTIFICACIÓN

**Tabla 1. Justificación del proyecto**

Tema	Asignaturas	Proyectos de investigación de la Escuela de Gestión Empresarial	Línea de investigación de la Escuela de Gestión Empresarial	Programa de investigación	Línea de investigación de la Universidad Metropolitana	Zona de impacto	Fundamentación legal
Diseño de una propuesta de un nuevo modelo de Investigación Operativa, para el desarrollo e innovación de la empresa Mobiliaria "CARPINTERÍA CRISTIAN" en el Distrito Metropolitano de Quito	Investigación Operativa	Propuesta de un modelo de gestión empresarial con base a la situación actual de las PYMES del Distrito Metropolitano de Quito	Emprendimiento Productividad Competitividad	Programa de investigación científica y formación de PYMES	Transformación de la matriz productiva	Zona 2 Zona 9	Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021; objetivo 5

**Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

**Fuentes: (Ecuador, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017)**

La tabla 1 indica el trabajo de investigación llamado: Diseño de una propuesta de un nuevo modelo de Investigación operativa, para el desarrollo e innovación de la empresa Mobiliaria "CARPINTERÍA CRISTIAN" en el Distrito Metropolitano de Quito, esta investigación se basa en el conocimiento que contiene la materia de investigación operativa, la cual a su vez está contenida dentro del conocimiento y aplicación que debe brindar el profesional de la carrera de Gestión Empresarial, la cual dentro del medio en el cual se desarrolla este estudio, esta direccionada y enfocada en las PYMES del Distrito Metropolitano de Quito; cabe destacar que las técnicas y estudios realizados en esta línea de investigación abordan áreas relacionadas al emprendimiento, productividad e innovación. Dentro del aporte a la sociedad del conocimiento este estudio se integra al Programa de investigación científica y formación de PYMES de la Universidad Metropolitana, el mismo que aporta un estudio científico a la Universidad, que adopta proyectos que tienen que ver con la transformación de la matriz productiva, El area geográfica de la investigación o zona de impacto de la misma está contenida dentro de la zona 2 (Pichincha, Napo y Orellana) y zona 9 (Distrito Metropolitano de Quito), tomando en cuenta toda la normativa legal implicada en el area para la realización de la propuesta, además de apoyarse en el Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021, "Toda una vida", que mediante el planteamiento del objetivo 5, promueve: "Impulsar la productividad y competitividad para el crecimiento económico y sostenible de manera redistributiva y solidaria".



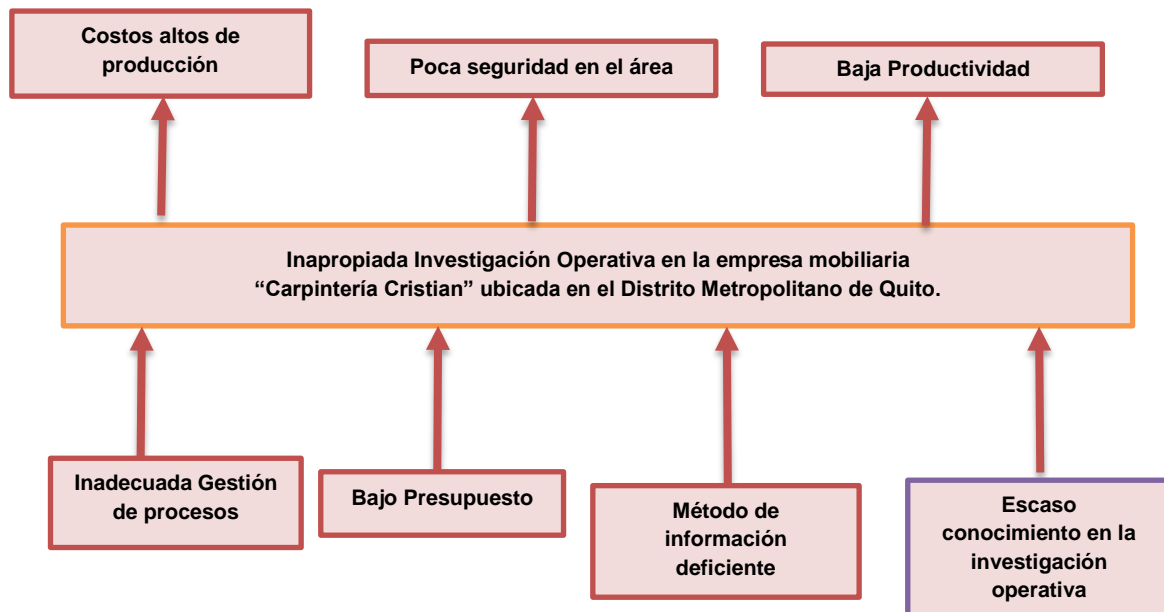
El trabajo de estudio mantiene su objetivo de estudio en la PYMES y su campo de estudios en Investigación Operativa, con la finalidad de utilizar herramientas y métodos para optimizar recursos y tiempos para desarrollar y reposicionar a la empresa mediante el diseño de un Plan de Investigación Operativa.

## **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

La carpintería Christian que ha ido creciendo en su línea de producción, presenta en la actualidad, un problema en mencionada área, ya que el aumento de la producción ha obligado por una parte, a cambiar los procesos productivos, es decir, el aumento de trabajo e incluso de trabajadores a provocado modificaciones improvisadas en el area de fabricación, como reducir áreas, esto deriva en varias consecuencias: principalmente que el tiempo de producción seria lento, lo cual aumenta el costo de producción, además del riesgo en la seguridad industrial de los trabajadores; a esto hay que sumar el hecho de que existe un bajo presupuesto en el area, comparado con el que debería existir en función del crecimiento de las ventas; en la visita de campo también se pudo observar que existe poca comunicación entre el area de producción, la bodega de materiales, y el almacén de despacho, lo cual deriva en errores de entregas, atrasos en las mismas, y muchas veces falta de materiales de producción. El conjunto de problemas que se presentan a manera de cascada, dan a notar claramente que existe un problema en la gestión de procesos del area productiva de la carpintería, así como un conocimiento pobre en la aplicación de la investigación operativa en dicha area.

### **Árbol de problemas**

Los problemas descritos en la situación problemática se ven reflejados para mayor entendimiento en el árbol de problemas que se presenta a continuación:



**Gráfico 1. Árbol de problemas**  
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### **Delimitación del problema**

#### **Delimitación espacial**

El trabajo de investigación se delimita de manera geográfica dentro de la provincia de Pichincha, en el Sur del Distrito Metropolitano de Quito, donde se ubica la empresa mobiliaria "Carpintería Cristian", específicamente en la Calle Carlos Freile y Pasaje los Libertadores Lote 1, sector Chillogallo.

#### **Delimitación temporal**

El trabajo de investigación se delimita en dos periodos académicos, abarcando al segundo semestre del año 2019 y el primer semestre del año 2020. Tiempo de duración del proceso de titulación del investigador.

#### **Formulación del problema científico**

¿De qué forma el diseño de un nuevo modelo de Investigación Operativa le permitirá a la empresa mobiliaria "Carpintería Cristian" alcanzar un adecuado manejo de operaciones en la producción de sus muebles?

## **Objetivo general**

Diseñar un sistema de Investigación Operativa para la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” que ayude a mejorar la productividad.

## **Objetivos específicos**

- Evaluar el conocimiento de investigación operativa en la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian” para generar competitividad.
- Determinar los costos de producción durante el periodo de estudio para trabajar con estrategias competitivas.
- Estudiar la relación que existe entre el conocimiento de investigación operativa y los costos de producción de la empresa mobiliaria “Carpintería Cristian”

# **MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN**

## **Antecedentes de la investigación**

Para apoyo de esta investigación se ha recurrido a la indagación de varios documentos e investigaciones similares a esta temática; de los cuales se ha podido destacar como antecedente a este mismo tipo de investigación los siguientes estudios:

De acuerdo a la investigación realizada por (Riveros Vásquez, 2015) donde se marca como objetivo principal “Mejorar la distribución en una empresa logística con el uso de la investigación de operaciones”, se puede determinar que este objetivo se cumple cuando en sus conclusiones define:

- La hipótesis (hipótesis general), quedó validada por la obtención de la solución en la meta de elegir la ruta que minimiza el recorrido de desplazamiento en la entrega de bienes, usando investigación de operaciones.
- La investigación de operaciones, es una buena alternativa para la solución de problemas en los procesos logísticos de distribución.
- La herramienta de gestión planteada en el trabajo de tesis, permite obtener resultados prácticos para la labor de la distribución.

El texto citado corrobora que los estudios basados en la investigación operativa pueden en gran medida optimizar procesos dentro una empresa, reduciendo gastos y por defecto aumentando la ganancia final en la venta; además se puede ver que la toma de decisiones es determinante cuando se basa en este tipo de investigación

En este sentido también es importante destacar el aporte realizado por (Montenegro Pérez, 2017) en el cual propone: “Estandarizar las operaciones y la distribución de la planta en las líneas de producción de la panificadora ARENAS”; este objetivo para cumplirse se traza la siguiente línea de tareas específicas:

- Realizar un diagnóstico de la situación inicial de la empresa para obtener información de los procesos y distribución física.
- Desarrollar el proceso productivo para la mejora de líneas de producción y aumento de la productividad.
- Proponer la organización de la planta y manejo de materiales de acuerdo a los procesos productivos.
- Implementar el proceso y distribución física propuesta (Montenegro Pérez, 2017).

La trazabilidad planteada da como resultados las siguientes conclusiones:

- A partir del desarrollo del proyecto se analizó la situación actual de la empresa para presentar las propuestas de mejora por cada proceso y distribución física, con el fin de contribuir al crecimiento, evolución y eficiencia de la empresa.
- El formalizar procesos representa el orden organizacional. Por ello es imprescindible identificar los procesos de valor y más aún formalizarlos conforme a un estándar aceptado; el no formalizarlos impedirá el monitoreo eficiente de las operaciones y entorpecerá la continuidad eficaz de los procesos.
- La gestión definida en los procesos debe aterrizar al ámbito de la operación, es decir, desarrollar documentación de soporte a la gestión referente a procedimientos, especificaciones, instructivos y demás información requerida acorde a la estructura de documentación definida en el manual de gestión.
- Los procesos implementados requieren de indicadores de gestión, los mismos que no necesariamente tienen que estar incluido en cada uno de los procesos, es decir, se debe asegurar la gestión en lugar de la operatividad del proceso.
- La implementación de la presente propuesta de estandarización, contribuye directamente a la Gestión del Conocimiento de la organización ya que el tener un

sitio único de resguardo y consulta de los procesos proveerá una herramienta poderosa en la toma de decisiones en cualquier nivel de la organización.

- Dentro de los cambios propuestos para la distribución de planta en la opción elegida, se logra obtener un diseño flexible de las instalaciones que permita atender y adaptarse a cambios en los volúmenes de producción o cambios referentes a la introducción de nuevos productos (Montenegro Pérez, 2017)

De todo el análisis hecho por el autor citado se puede ver que de manera teórica y práctica las ventajas sustanciales que brinda el análisis operativo para detectar fallos y aportar soluciones a procesos de producción.

De la misma forma cabe mencionar el estudio realizado por (Delgadillo Avila, 2007), que en su trabajo de titulación en investigación operativa menciona como objetivos primordiales:

- Cumplir con los pedidos de los clientes en forma oportuna y con porcentaje de error 0%.
- Lograr un incremento sostenido de las ventas que lleguen a un 5% mensual.
- Recuperar el liderazgo en el rubro de las Empresas gráficas.
- Lograr que los productos finales tenga una mayor aceptación en el mercado local.

Así con ese enfoque el trabajo concluye lo siguiente:

Con el presente estudio estamos demostrando que el análisis situacional es una herramienta muy potente poco explorada a nivel local, la cual nos brinda óptimos resultados que contribuyen al buen desarrollo de nuestro plan de producción ya que nos permite identificar cuándo, dónde y cómo se puede modificar los procesos y apoyados en la Programación Lineal podemos identificar nuestros modelos a solucionar y utilizando el métodos Simplex para obtener una solución factible que permita optimizar el consumo de los materiales para la producción (Delgadillo Avila, 2007).

Estudios como los mencionados en entornos similares han arrojado resultados que ayudan a optimizar los procesos y por ende mejorar la venta de cualquier tipo de negocio donde se requiera o se pueda implementar este tipo de análisis

## **Fundamentación contextual**

Es conocido de manera general que a pesar del pequeño territorio existente en el Ecuador, este se caracteriza por tener una enorme biodiversidad rica en recursos, entre las cuales por supuesto se encuentran los recursos forestales; estos representan un impacto de varios tipos, aunque de para intereses de este estudio se va a analizar su importancia en tres escalas: Ambiental.- Es importante saber que la industria maderera en el Ecuador donde se incluye la empresa en este estudio, están comprometidas con el respeto al medio ambiente; para lo cual esta investigación está regida por las normas internacionales, legales, y de sostenibilidad, ordenadas y sugeridas que implican una correcta responsabilidad ambiental de la empresa, para lo cual el proceso de producción comercial de la madera (proceso relacionado en esta investigación), debe cumplir con reducir el impacto ambiental negativo, tomando en cuenta que los proveedores legales y registrados cumplen con las normas legales ambientales, entre otras se encuentran la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre, la Ley de Gestión Ambiental, que promueven la extracción responsable de la materia prima, así como la reforestación; en este sentido las carta magna y todos los decretos que la acompañan velan esta norma legal en el entorno del marco legal ambiental, siendo su función primordial que la industria maderera se abastezca de recursos fuera de las normas, estos pueden provenir de: la tala ilegal, el contrabando de la madera desde otros países, etc. En este sentido cabe mencionar lo que describe la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004) donde destaca que:

Es necesario enfatizar que la gestión de la calidad ambiental está orientada al mejoramiento de la calidad de vida de la población unido a una mejor gestión ambiental en los centros urbanos y rurales del país, a través de la prevención y control de la contaminación, el fomento de cambios tecnológicos para una producción limpia, el auspicio de procesos productivos con impactos negativos mínimos al medio ambiente y al fortalecimiento de la capacitación y educación en la sociedad civil para su manejo responsable.

Otro factor que resulta de gran importancia para la industria forestal, es el económico, ya que el impacto que tiene la industria en la economía del país es altamente significativa, no solo por el hecho de la industria del mueble sino como lo indica en su

informe la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004):

Si se considera la participación del sector forestal en todos los procesos intersectoriales que se ocupa, esta provisión de bienes son: madera, productos medicinales, plantas ornamentales, artesanías, etc., mientras que en servicios tenemos: la regulación del ciclo hídrico, la mitigación de gases invernadero, belleza escénica, la investigación científica, etc., es por esto que se hace necesario la profundización del conocimiento de los distintos bienes y servicios que los bosques ofrecen a la sociedad, tanto en el contexto de consumo directo como en la producción de bienes y servicios derivados. Destacan varios especialistas que es necesario resaltar la importancia del capital natural en el Producto Interno Bruto (PIB), por lo tanto añaden que no solamente se debe establecer el valor agregado directo del capital natural, sino considerar su contribución en la generación de un valor agregado indirecto.

Resulta una decepción dentro de esta investigación contar con tan escasa información que no se ha actualizado desde hace varios años por parte de los gobiernos en el país, esto no ha permitido establecer una perspectiva apropiada, que de fe de la magnitud real del aporte a la economía de la industria forestal, sin embargo se ha intentado mediante la lectura y recopilación de distinta información en investigaciones particulares, tratar de aproximar a datos más reales esta contribución forestal a la economía. En este sentido si se relaciona la industria forestal solo con la producción de madera es subvalorarlo, ya que el bosque mantiene una amplia variedad de flujo de bienes y servicios que beneficia a la sociedad le agrega valor al bosque, desde su uso como recurso ecológico, turístico, medicinal, de investigación, proveedor de alimentos, etc..., resultan de forma directa un aporte significativo a la economía del país.

Datos referidos de la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004), manifiestan que: “El movimiento económico de US \$ 611.44 millones podría representar un aporte significativo importante para las finanzas fiscales del país, varios especialistas sostienen que esto permitiría al Estado el fortalecimiento de programas sociales básicos como: salud, infraestructura y educación”

Finalmente el impacto social de la industria forestal se ve reflejada en gran parte en la generación de empleos subyacentes de la industria proveniente de los bosques, ya que se estima que:

La industria forestal aporta aproximadamente con 235.000 empleos directos e indirectos, que representan más del 8% de la población económicamente activa (PEA), sin tomar en cuenta los empleos generados en otros sectores debido al encadenamiento productivo que proporciona la industria forestal.<sup>2</sup> Es evidente la importancia del bosque como fuente de generación de empleo y el riesgo asociado que implica la reducción sistemática de la cobertura forestal. Una alta proporción de estos empleos está conformada por personas de bajos ingresos económicos y que es la población más vulnerable del país, entonces se hace imperativo la necesidad de fortalecer las estrategias de manejo sostenible del bosque, para garantizar estabilidad laboral en el sector forestal y consecuentemente disminuir la vulnerabilidad socio económica de la población de bajos ingresos (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004)

La importancia forestal en el crecimiento de una nación dependen mucho de la cantidad de recursos con los que este cuenta, en este sentido de manera general se detalla los datos recopilados por (Guamán Lema & Jumbo Barre, 2013) donde refiere que:

El 42% de la superficie del Ecuador está cubierta por bosques. Más del 50 % de las tierras tiene aptitud forestal. La superficie forestal del país es aproximadamente 11,6 millones de hectáreas de las cuales el 99% es bosque nativo 4'510.000 has., pertenecen a bosque con potencial productivo, 164.000 has., disponibles para la reforestación.

En comparación con otros países se podría decir que la cantidad de bosques dedicados a la producción no es mucho, sin embargo la diversidad y abundancia de recursos hace que cada espacio del area dedicada pueda ser aprovechado al máximo en la producción de productos provenientes de los bosques Para poder saber la cantidad de area destinada en comparación con otros sectores se describe en la siguiente tabla:



Tabla 2. Uso potencial y actual del suelo en el Ecuador

CATEGORÍA DE USO	USO POTENCIAL*		USO ACTUAL**	
	Km <sup>2</sup>	%	Km <sup>2</sup>	%
<b>Agrícola</b>	59.510	27.11	87.634	34.18
<b>Pecuaria</b>	54.960	21.44	55.000	21.45
<b>Forestal</b>	106.630	41.59	88.470	34.51
<b>Improductiva</b>	17.260	6.73	17.256	6.73
<b>Galápagos</b>	8.010	3.12	8.010	3.12
<b>TOTAL</b>	<b>256.370</b>	<b>100</b>	<b>256.370</b>	<b>100</b>

Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004)  
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

De acuerdo a la información administrada por (Centro de Información e Inteligencia Comercial, 2009), determina que:

Gracias a la amplia diversidad maderera y a su tradición artesanal, el Ecuador ha logrado progresivamente destacarse en el mercado internacional de muebles alcanzando un crecimiento promedio aproximado del 11% en su volumen anual de exportaciones. A lo largo de los últimos años, mercados como Estados Unidos, Venezuela y México se han destacado en su relación comercial con el Ecuador en lo que respecta a este tipo de bienes. Paulatinamente estos países fueron convirtiéndose en socios comerciales reconocidos de nuestro país y abarcan una participación total del 51% en las exportaciones promedio de nuestra nación hacia el mundo. A pesar de las ventajas que poseen nuestros productos por sobre sus competidores directos, existen países que al igual que el Ecuador se han sabido destacar en el mercado mobiliario. China, Italia, Alemania hoy en día ocupan las primeras posiciones en cuanto a las exportaciones de este tipo de bienes, hecho que demuestra que nuestro país no está solo en la carrera por el mercado mundial pero que a pesar de esto ha logrado sobresalir lo suficiente como para mantenerse competitivo a nivel mundial.

Para el análisis del sector correspondiente a los muebles se han tomado en cuenta los siguientes capítulos:

Tabla 3. Partidas y subpartidas utilizadas en el análisis

Partida	Descripción
9403	Muebles y sus partes
<b>Subpartidas</b>	
940310	Muebles de metal del tipo de los utilizados en oficinas
940320	Muebles de metal.
940330	Muebles de madera del tipo de los utilizados en las oficinas
940340	Muebles de madera del tipo de los utilizados en las cocinas
940350	Muebles de madera del tipo de los utilizados en los dormitorios
940360	Demás muebles de madera
940370	Muebles de plástico
940389	Muebles de otras materias, incluido el roten, mimbre, bambú o materias similares

Fuente: (Centro de Información e Inteligencia Comercial, 2009)

Ecuador ha exportado un total de USD 22.7 millones en periodo 2004-2008, con un crecimiento promedio del 13%, el año de mayores exportaciones fue el 2007, con USD 6.54 millones, en el 2008 se registró un decrecimiento del 19% en las exportaciones, con USD 5.3 millones en valores exportados. En cantidades, las exportaciones de muebles registran un crecimiento promedio anual del 10.86% y un total de 4418 toneladas. El año de mayor exportación también fue el 2007, en el mismo que se exportaron 1,106 toneladas, al año siguiente, se exportaron 1,090 toneladas, lo que significó un decrecimiento del 1.44%. El cuadro 2 y el gráfico 1 muestran las exportaciones ecuatorianas de muebles en el periodo 2004-2008.

El principal producto de exportación ecuatoriano en el sector de muebles son los demás muebles de madera, de los cuales se exportaron USD 2.85 millones en el 2007 y USD 2.1 millones en el 2008, participando del 44% de las exportaciones totales de este sector. Son también importantes las exportaciones de partes de muebles, que representan el 14% de las exportaciones de muebles en el periodo 2004-2008 (USD 748 mil en el 2008). Los muebles de madera para dormitorios y oficinas representaron el 12% y 10% de las exportaciones de este sector, respectivamente. De los productos del sector exportados, los muebles de plástico experimentaron un crecimiento del 456% en el periodo 2004-2008, siendo el producto de mayor crecimiento en este periodo, también fue considerable el crecimiento de las exportaciones de muebles de metal (96%) y de los muebles de madera para cocina (67.7%), de los principales productos exportados, el que mayor crecimiento registro fueron los muebles de madera para dormitorio, con un 47.2%. El gráfico 2 y el cuadro 3 muestran las exportaciones totales del sector mobiliario por tipo de producto.

El Ecuador exporta anualmente muebles a más de 30 diferentes mercados; de los cuales Estados Unidos es el principal, con una participación del 29% de las exportaciones ecuatorianas entre los años 2004-2008 y más de USD 1.3 millones en el 2008. Son también considerables las exportaciones a Venezuela, que representan un 16% del total de las exportaciones de muebles en el periodo 2004-2008. A este mercado se exportaron más de USD 502 mil en 2008. Cifra incluso superior se exporto a Colombia (USD 664 mil) país que participa del 6% de las exportaciones totales de Ecuador en este sector. En el periodo 2004-2008, tanto Panamá como México tienen una participación mayor a la de Colombia, (7% cada uno) aunque, para el año 2008, se exportaron USD 421 mil, mientras que a México se exporto USD 104 mil (Centro de Información e Inteligencia Comercial, 2009).

Se ha sintetizado la información más relevante a la industria forestal, con el fin de tener un panorama amplio de toda la cadena de producción que implica la producción y comercialización maderera y/o de muebles en el Ecuador; así pues se puede decir que históricamente la producción maderera en el Ecuador ha ido en crecimiento de manera local e internacional, siendo en esta última en la que ha superado incluso a otros mercados internacionales en cuestión de exportaciones.

La industria maderera alimentada de la industria forestal, comercializa desde los bosques materiales para producción denominados productos forestales maderables, los cuales se clasifican en diversos tipos que de acuerdo a la (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004), se han dividido así:

**Tabla 4. Producción nacional de madera elaborada y su equivalente en trozas**

Tipo de Producto	Trozas ( m <sup>3</sup> )	Conversión	Elaborados	Residuos Leña	Total madera
Aserrados	3'489.000	3	1'163.000	2'326.000	3'489.000
Contrachapados	177.000	2,3	78.000		177.000
Aglomerados	110.000	1,9	58.000		110.000
Astillas	60.000	1	60.000		60.000
<b>TOTAL</b>	<b>3'836.000</b>		<b>1'359.000</b>	<b>2'326.000</b>	<b>3'836.000</b>

**Fuente: (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2004).  
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

Ante esto es importante conocer de la manera más amplia a la más específica como está distribuida la oferta y demanda del mercado de muebles; así pues de datos obtenidos del (Ecuador, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2019), la producción mobiliaria, está dentro de la industria manufacturera, de la cual existen

registrados de manera oficial 75.364 empresas dedicadas a esta industria de las 899.208 empresas registradas en la totalidad, lo que representa el 8.38% de la totalidad empresas; de estas se sabe de acuerdo al mismo documento que el 23,75% de las empresas registradas se concentran en la provincia de Pichincha. Este documento determina que la industria manufacturera representa el 21,43% de las ventas totales en el país; C16 Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables.

54.445 5,1% 59 de estas existen 8.876 industrias dedicadas a la fabricación de muebles de madera y/o a la producción de madera y productos derivados de la misma en el país; 2.564 de estas se encuentran en la provincia de Pichincha y 2315 de ellas esta ubicadas en Quito; esto nos demuestra claramente que el sector de la producción y venta de muebles está concentrado mayoritariamente en Quito.

Con respecto al control ambiental relacionado al tipo de negocio que aborda esta investigación existen normativas internacionales y locales que determinan el cumplimiento de distintos procesos y como realizarlos para llevar un correcto control ambiental pues es necesario conocer que:

Uno de los impactos ambientales asociado a la materia prima tanto en las carpinterías como en las fábricas de mueble tiene su origen en un mal aprovechamiento de la madera, por tanto, resulta evidente que una de las actuaciones pasa por optimizar su rendimiento. En este sentido, una acertada elección de las mismas contribuye a reducir el volumen de residuos generados, y a disminuir, al mismo tiempo, los costes de producción.

Como ocurre en el resto de las industrias del sector, es necesario concienciar a los propietarios y trabajadores sobre la importancia de utilizar, en la medida de lo posible, madera o productos de madera, procedentes de bosques sostenibles.

Por otra parte, el transporte de las materias primas, desde su lugar de suministro hasta los centros de trabajo, constituye una fuente de impactos medioambientales, relacionados fundamentalmente con emisiones a la atmósfera de gases contaminantes procedentes de la combustión del carburante utilizado por la maquinaria. En algunas empresas, el empleo de determinados productos, como colas de formaldehído, y barnices o pinturas con elevado contenido en COV, pueden

suponer un impacto ambiental negativo, debido a las características de peligrosidad de sus componentes. Es importante reducir el consumo de las que estén clasificadas como sustancias o preparados peligrosos, sustituyéndolas por otras de menor peligrosidad o, en su defecto, llevar a cabo su suministro de forma que se minimice la generación de residuos de los envases que las contienen (Confederación Española de Empresarios de la Madera, Confemadera, 2009).

Esta realidad es conocida en todo el mundo, y por ello se han dispuesto normas internacionales; una de las más importantes por no decir la más importante es la norma ISO 14001 que según la (Escuela Europea de Excelencia, 2018)

Esta norma de Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) consigue que las empresas puedan demostrar que son responsables y están comprometidas con la protección del medio ambiente. Anteriormente hemos mencionado que lo consiguen a través de la gestión de los riesgos medioambientales que puedan surgir del desarrollo de la actividad empresarial.

Podrán imaginarse que seguir una norma ISO puede presentar una dificultad añadida en la actividad de la empresa a la hora de implantarla, ya que podría modificar alguno o varios de los procedimientos frecuentes que sigue la empresa para cumplir con los requisitos exigidos. Sin embargo, también presenta una serie de beneficios. Además de proteger el medio ambiente, cumplir con esta norma permite a las empresas reforzar su imagen comercial de empresa sostenible y respetuosa con el medio ambiente, aumentando así la posibilidad de realizar ventas o prestar servicios en un futuro. Pues, como podemos apreciar, la tendencia actual de las empresas se basa en la preocupación por el medio ambiente y no solo en obtener beneficios.

La norma ISO 14001 ayuda a gestionar e identificar los riesgos ambientales que pueden producirse internamente en la empresa mientras realiza su actividad. Con la identificación y gestión de los riesgos que se consigue con esta norma, se tiene en cuenta tanto la prevención de riesgos como la protección del medio ambiente, siguiendo la normativa legal y las necesidades socioeconómicas requeridas para su cumplimiento.

La implementación de la norma ISO 14001 y un SGA es un activo de valor importantísimo para las empresas y organizaciones que lo poseen. Esto se debe a que genera una gran confianza en clientes, proveedores, sociedad, comunidad... en definitiva, en todo el entorno relacionado con la empresa. Tampoco debemos olvidar

que disponer de esta certificación supondrá beneficios económicos además de la mayor confianza generada

Además de estas, existen varias normativas ambientales dentro de las leyes emitidas en el Ecuador que se basan en estas y otras normativas internacionales para comercios, manufacturas, producción, y gestión de residuos. En este sentido existe una normativa que rige de manera directa los negocios de carpinteros y madereros; en Quito, (ciudad donde se desarrolla este estudio) esta es: “Guía de prácticas ambientales: Carpinterías, Tapicerías y Reparación de Muebles” emitida por (Ecuador, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, 2008), documento que tiene como objetivos:

- Reducir el consumo de agua y su contaminación
- Reducir el consumo de energía
- Disminuir la generación de residuos y facilitar su reutilización
- Disminuir las emisiones atmosféricas y el ruido
- Disminuir la contaminación del suelo

Para cumplir dichos objetivos en negocios como las carpinterías y la producción que se realiza en las mismas se determinó la siguiente normativa de acuerdo a (Ecuador, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, 2008):

Art. VII.- La Guía de Prácticas Ambientales para este sector es la siguiente:

### **1. Para reducir la contaminación al suelo**

**1.1.** Disponer de un lugar de almacenamiento de solventes, pinturas y lacas con señalización, alejado de fuentes de calor y de acopio de material combustible.

**1.2.** Los residuos de madera, polvo y aserrín, deben ser clasificados y almacenados en recipientes separados e identificados, y entregados a los gestores autorizados por la DMA.

**1.3.** El área de almacenamiento de residuos debe estar protegida de la lluvia y localizada en lugares donde no funcionen equipos eléctricos.

## **2. Para reducir la contaminación al agua**

**2.1.** Se prohíbe la evacuación en la vía pública (y en el sistema de alcantarillado) de cualquier efluente líquido procedente de las actividades.

**2.2.** Los solventes contaminados, producto de la limpieza y mantenimiento, serán almacenados en recipientes cerrados para ser entregados al gestor respectivo.

## **3. Para reducir la contaminación al aire**

**3.1.** Los equipos y máquinas que generan ruido se ubicarán en una área que cuente con aislamiento acústico, evitando la emisión de ruido al exterior, se evitará instalar la maquinaria al ingreso al establecimiento.

**3.2.** Dar mantenimiento periódicamente a los equipos o maquinaria.

## **4. Gestión ante riesgos**

**4.1.** Restricción de la circulación de personas al área de maquinarias y equipos (áreas específicas de trabajo).

**4.2.** No utilizar la acera o vía pública para realizar las actividades identificadas con este sector.

**4.3.** Acatar las disposiciones del Reglamento de Prevención de Incendios establecidas por el Cuerpo de Bomberos.

**4.4.** Contar con las instalaciones eléctricas debidamente aisladas, protegidas y fijas.  
(Ecuador, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito, 2008)

Cumpliendo estos parámetros además de todos los mencionados respecto al impacto ambiental, las leyes que lo rigen y la responsabilidad con el medio ambiente la producción de un negocio dedicado al estudio en cuestión podrán cumplir con normas ambientales en todos sus procesos de producción.

## **Fundamentación legal**

De acuerdo a lo establecido por el (Ecuador, Asamblea Nacional, 2010) respecto al Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones publica el siguiente suplemento referente a los negocios de manufactura:

**Art. 4. - Fines.** - La presente legislación tiene como principales, los siguientes fines:

- a) Transformar la Matriz Productiva, para que esta sea de mayor valor agregado, potenciadora de servicios, basada en el conocimiento y la innovación; así como ambientalmente sostenible y eco eficiente;
- b) Democratizar el acceso a los factores de producción, con especial énfasis en las micro, pequeñas y medianas empresas, así como de los actores de la economía popular y solidaria;
- c) Fomentar la producción nacional, comercio y consumo sustentable de bienes y servicios, con responsabilidad social y ambiental, así como su comercialización y uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas;
- d) Generar trabajo y empleo de calidad y dignos, que contribuyan a valorar todas las formas de trabajo y cumplan con los derechos laborales;
- e) Generar un sistema integral para la innovación y el emprendimiento, para que la ciencia y tecnología potencien el cambio de la matriz productiva; y para contribuir a la construcción de una sociedad de propietarios, productores y emprendedores;
- f) Garantizar el ejercicio de los derechos de la población a acceder, usar y disfrutar de bienes y servicios en condiciones de equidad, óptima calidad y en armonía con la naturaleza;
- g) Incentivar y regular todas las formas de inversión privada en actividades productivas y de servicios, socialmente deseables y ambientalmente aceptables;
- h) Regular la inversión productiva en sectores estratégicos de la economía, de acuerdo al Plan Nacional de Desarrollo;
- i) Promocionar la capacitación técnica y profesional basada en competencias laborales y ciudadanas, que permita que los resultados de la transformación sean apropiados por todos;
- j) Fortalecer el control estatal para asegurar que las actividades productivas no sean afectadas por prácticas de abuso del poder del mercado, como prácticas monopólicas, oligopólicas y en general, las que afecten el funcionamiento de los mercados;
- k) Promover el desarrollo productivo del país mediante un enfoque de competitividad sistémica, con una visión integral que incluya el desarrollo territorial y que articule en forma coordinada los objetivos de carácter macroeconómico, los principios y patrones básicos del desarrollo de la sociedad; las acciones de los productores y empresas; y el entorno jurídico -institucional;
- l) Impulsar el desarrollo productivo en zonas de menor desarrollo económico;



- m) Establecer los principios e instrumentos fundamentales de la articulación internacional de la política comercial de Ecuador;
- n) Potenciar la sustitución estratégica de importaciones;
- o) Fomentar y diversificar las exportaciones;
- p) Facilitar las operaciones de comercio exterior;
- q) Promover las actividades de la economía popular, solidaria y comunitaria, así como la inserción y promoción de su oferta productiva estratégicamente en el mundo, de conformidad con la Constitución y la ley;
- r) Incorporar como un elemento transversal en todas las políticas productivas, el enfoque de género y de inclusión económica de las actividades productivas de pueblos y nacionalidades;
- s) Impulsar los mecanismos que posibiliten un comercio justo y un mercado transparente; y,
- t) Fomentar y apoyar la investigación industrial y científica, así como la innovación y transferencia tecnológica.

## **Fundamentación teórica**

### **La empresa**

Para (García del Junco, Casanueva Rocha, Ganaza Vargas, & Alonso Rodríguez, 2000) en su obra definen a la empresa como: "Entidad que mediante la organización de elementos humanos, materiales, técnicos y financieros proporciona bienes o servicios a cambio de un precio que le permite la reposición de los recursos empleados y la consecución de unos objetivos determinados" (pág. 325).

Por su parte (Andrade Espinoza, 2006) es su obra Diccionario Económico determina que la empresa es "Aquella entidad formada con un capital social, y que aparte del propio trabajo de su promotor puede contratar a un cierto número de trabajadores. Su propósito lucrativo se traduce en actividades industriales y mercantiles, o la prestación de servicios" (pág. 125).

En función de las dos definiciones se puede concretar que la empresa está constituida como una entidad que fue creada para generar empleo y brindar un servicio de calidad a las personas, generando utilidades y rentabilidad para los fundadores de la misma.

## **Investigación operativa**

Según (Llangarí, 2014):

La investigación operativa es una disciplina moderna que utiliza modelos matemáticos, estadísticos y algoritmos para modelar y resolver problemas complejos, determinando la solución óptima y mejorando la toma de decisiones. Esta materia también recibe el nombre de investigación de operaciones, investigación operacional o ciencias de la administración.

Según (Pérez A. , 2014):

La investigación operativa es la aplicación del método científico por equipos interdisciplinarios a problemas que comprenden el control y gestión de sistemas organizados (hombre- máquina); con el objetivo de encontrar soluciones que sirvan mejor a los propósitos del sistema (u organización) como un todo, enmarcados en procesos de toma de decisiones.

## **Programación lineal**

Según (Superprof, 2020): “La programación lineal estudia las situaciones en las que se exige maximizar o minimizar funciones que se encuentran sujetas a determinadas limitaciones, que llamaremos restricciones”

Según (Picher Chuquival, y otros, 2020):

La programación lineal es el campo de la optimización matemática dedicado a maximizar o minimizar (optimizar) una función lineal, denominada función objetivo, de tal forma que las variables de dicha función estén sujetas a una serie de restricciones expresadas mediante un sistema de inecuaciones también lineales.

Para (May Zapata & Canul, 2013) la programación lineal se determina como: “un conjunto de técnicas racionales de análisis y de resolución de problemas que tiene por objeto ayudar a los responsables en las decisiones sobre asuntos en los que interviene un gran número de variables.”

Mientras que (Perez, 2015) define a la programación lineal como:

La técnica de la matemática que permite la optimización de una función objetivo a través de la aplicación de diversas restricciones a sus variables. Se trata de un modelo compuesto, por lo tanto, por una función objetivo y sus restricciones, constituyéndose todos estos componentes como funciones lineales en las variables en cuestión

### **Propiedades de la programación lineal**

De acuerdo a lo descrito por (Llangarí, 2014):

Las técnicas de PL han sido ampliamente utilizadas en ámbitos tan diferentes como el militar, industrial, financiero, de marketing, e incluso agrícola. A pesar de tal diversidad de aplicaciones, todos los problemas de PL tienen cuatro propiedades comunes:

1. Pretenden optimizar (maximizar o minimizar) alguna cantidad (función objetivo). Así, por ejemplo, el principal objetivo de un banquero sería maximizar beneficios, mientras que el principal objetivo de una empresa transportista podría ser minimizar los costes de los envíos.
2. Habrá que tener en cuenta las **restricciones** que limitan el grado en el cual es posible modificar las variables que afectan a nuestra función objetivo. Así, a la hora de decidir cuántas unidades de cada bien se han de producir, deberemos considerar, entre otras, las limitaciones de personal y maquinaria de que disponemos.
3. El problema debe presentar **distintas alternativas** posibles: si una compañía produce cuatro bienes diferentes, la dirección puede usar PL para determinar las cantidades de recursos que asigna a la producción de cada uno de ellos (podría optar por hacer una asignación ponderada, dedicar todos los recursos a la producción de un único bien abandonando la producción del resto, etc.).
4. En PL, la función objetivo debe ser una **función lineal**, y las restricciones deben ser expresables como **ecuaciones** o **inecuaciones lineales**.

### **Método gráfico**

Según (Rubiños, 2015):

Cada una de las ecuaciones que forman un sistema lineal de dos ecuaciones con dos incógnitas es la de una función de primer grado, es decir, una recta. El método gráfico para resolver este tipo de sistemas consiste, por tanto, en representar en unos ejes cartesianos, o sistema de coordenadas, ambas rectas y comprobar si se cortan y, si es así, dónde. Esta última afirmación contiene la filosofía del proceso de discusión de un sistema por el método gráfico. Hay que tener en cuenta, que, en el plano, dos rectas sólo pueden tener tres posiciones relativas (entre sí): se cortan en un punto, son paralelas o son coincidentes (la misma recta). Si las dos rectas se cortan en un punto, las coordenadas de éste son el par  $(x, y)$  que conforman la única solución del sistema, ya que son los únicos valores de ambas incógnitas que satisfacen las dos ecuaciones del sistema, por lo tanto, el mismo es compatible determinado. Si las dos rectas son paralelas, no tienen ningún punto en común, por lo que no hay ningún par de números que representen a un punto que esté en ambas rectas, es decir, que satisfaga las dos ecuaciones del sistema a la vez, por lo que éste será incompatible, o sea sin solución. Por último, si ambas rectas son coincidentes, hay infinitos puntos que pertenecen a ambas, lo cual nos indica que hay infinitas soluciones del sistema (todos los puntos de las rectas), luego éste será compatible indeterminado.

- El proceso de resolución de un sistema de ecuaciones mediante el método gráfico se resume en las siguientes fases:
- Se despeja la incógnita y en ambas ecuaciones.
- Se construye, para cada una de las dos funciones de primer grado obtenidas, la tabla de valores correspondientes.
- Se representan gráficamente ambas rectas en los ejes coordenados.

En este último paso hay tres posibilidades:

- Si ambas rectas se cortan, las coordenadas del punto de corte son los únicos valores de las incógnitas  $x$  e  $y$ . Sistema compatible determinado.
- Si ambas rectas son coincidentes, el sistema tiene infinitas soluciones que son las respectivas coordenadas de todos los puntos de esa recta en la que coinciden ambas. Sistema compatible indeterminado.
- Si ambas rectas son paralelas, el sistema no tiene solución. Sistema incompatible.

**Ilustración 1. Gráfico representando la resolución de una ecuación de programación lineal**



Fuente: (Ávila, 2018)

Según (Moreno, 2014):

El método gráfico es una forma fácil y rápida para la solución de problemas de Programación Lineal, siempre y cuando el modelo conste de dos variables. Para modelos con tres o más variables, el método gráfico es imposible.

Consiste en representar geoméricamente las restricciones, condiciones técnicas y función objetivo.

Por otra parte (Salazar López, 2019) define su punto de vista como:

El método gráfico es un procedimiento de solución de problemas de programación lineal muy limitado en cuanto al número de variables (2 si es un gráfico 2D y 3 si es 3D) pero muy rico en materia de interpretación de resultados e incluso análisis de sensibilidad. Este consiste en representar cada una de las restricciones y encontrar en la medida de lo posible el polígono (poliedro) factible, comúnmente llamado el conjunto solución o región factible, en el cual por razones trigonométricas en uno de sus vértices se encuentra la mejor respuesta (solución óptima).

Por otra parte también es necesario conocer acerca del método simplex lo cual distintos autores definen a este método como:

## **Método simplex**

Según (Salazar López, 2019):

El Método Simplex es un método analítico de solución de problemas de programación lineal capaz de resolver modelos más complejos que los resueltos mediante el método gráfico sin restricción en el número de variables. El Método Simplex es un método iterativo que permite ir mejorando la solución en cada paso.

Según (ZweigMedia, 2020):

El Método Simplex es un algoritmo de resolución para modelos de Programación Lineal desarrollado por George Dantzig en el año 1947. Como todo algoritmo cuenta con un proceso iterativo que secuencialmente a través de pasos o iteraciones va aproximando el valor óptimo del problema lineal en caso de existir este último.

Según (Martínez Obando, 2014):

El método Simplex es un procedimiento algebraico, Sin embargo, sus conceptos fundamentales son geométricos, por lo que la comprensión de estos conceptos geométricos nos proporciona una fuerte intuición sobre cómo opera el método Simplex y porque es tan eficiente.

Por otra parte la misma corporación (PHPSimplex, 2014) define al método simplex como:

Un procedimiento iterativo que permite mejorar la solución de la función objetivo en cada paso. El proceso concluye cuando no es posible continuar mejorando dicho valor, es decir, se ha alcanzado la solución óptima (el mayor o menor valor posible, según el caso, para el que se satisfacen todas las restricciones).

## **Dualidad**

Este concepto muy ligado a la programación lineal es la dualidad, que según (Orozco & Rodríguez, 2017)

Todo problema de programación lineal tiene asociado con él otro problema de programación lineal llamado DUAL. El problema inicial es llamado PRIMO y el problema asociado (sombra) es llamado el problema PRIMO. Los dos juntos son llamados problemas duales ya que ambos están formados por el mismo conjunto de

datos. La solución básica factible óptima de estos problemas es tal que una puede fácilmente ser usada para la solución de la otra. La dimensión del problema de programación lineal influye en la elección del cálculo del primal o del dual. Si el primal tiene más ecuaciones que variables, es frecuentemente más fácil obtener la solución del dual ya que menor número de iteraciones son requeridas. Además si el primal tiene solución, el dual tendrá solución. Una vez que el problema dual es formulado, el procedimiento de solución es exactamente el mismo que para cualquier problema de programación lineal.

El concepto de dualidad desempeña importantes papeles dentro de la programación lineal (también en la no lineal), tanto desde un punto de vista teórico como práctico. Todo programa lineal lleva asociado otro programa lineal conocido como su programa dual; el programa inicial se conoce también como programa primal.

### **Método transporte**

Según (Solís Herrera, 2015)

El problema general del transporte se refiere a la distribución de mercancía desde cualquier conjunto de centro de suministro, denominados orígenes (fuentes), hasta cualquier conjunto de centros de recepción, llamados destinos, de tal forma que se minimicen los costos totales de distribución. Cada origen tiene que distribuir ciertas unidades a los destinos y cada destino tiene cierta demanda de unidades que deben recibir de los orígenes.

En este sentido la página web (Blogger. Método de Transporte, 2011), menciona:

El objetivo primordial del modelo de transporte es buscar minimizar el costo de envío de la cantidad de elementos que se enviarán de cada fuente a cada destino, tal que se minimice el costo del transporte total de los envíos. Por otra parte el modelo de transporte establece un método que regula el transporte de mercancías de varias fuentes a varios destinos.

## Método PERT

Según (Villagómez, 2017):

El método Pert es una técnica que le permite dirigir la programación de su proyecto. Consiste en la representación gráfica de una red de tareas, que, cuando se colocan en una cadena, permiten alcanzar los objetivos de un proyecto.

Fue diseñada por la marina de los Estados Unidos para permitir la coordinación del trabajo de miles de personas que tenían que construir misiles con cabezas nucleares POLARIS.

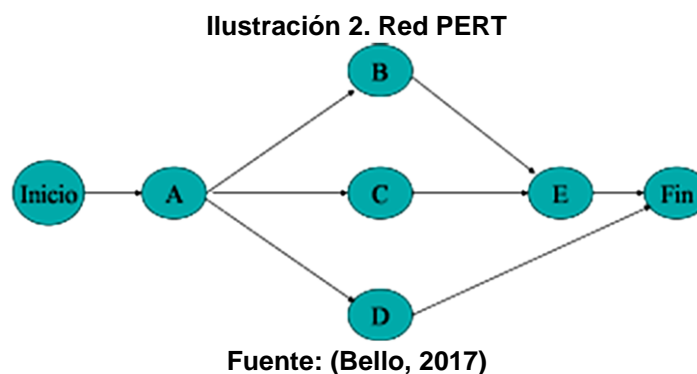
En su etapa preliminar, el método PERT incluye lo siguiente:

- Desglose preciso del proyecto en tareas.
- Cálculo de la duración de cada tarea.
- La designación de un director del proyecto que se haga cargo de asegurar la supervisión de dicho proyecto, de informar, en caso de ser necesario, y de tomar decisiones en caso de que existan variaciones de las proyecciones.

La red PERT (a veces denominada gráfico PERT) consta de los siguientes elementos:

- **Tareas** (a veces denominadas actividades o etapas), representadas por una flecha. Se le asigna a cada una de las tareas un código y una duración. Sin embargo, la longitud de la flecha es independiente de la duración de la tarea.
- **Etapas**, es decir, el inicio y el final de la tarea. Cada tarea tiene una etapa de inicio y una de finalización. Con excepción de las etapas iniciales y finales, cada etapa final es una etapa de inicio de la siguiente tarea. Las etapas generalmente están numeradas y representadas por un círculo, pero en algunos otros casos pueden estar representadas por otras formas (cuadrados, rectángulos, óvalos, etc.).
- **Tareas ficticias**, representadas por una flecha punteada que indica las limitaciones de las cadenas de tareas entre ciertas etapas.





(Rosales, 2020), describe que:

Según Waynel en su libro Investigación de operaciones año 1994, empezando con que: “Los modelos de red se pueden utilizar como una ayuda en la programación de proyectos complejos de gran tamaño que consisten de muchas actividades.” El autor describe en esta misma publicación editorial hace mención también al papel que desempeña cada método (siendo estos uno solo), de acuerdo a la necesidad, definiendo al respecto que: “El CPM, también se utiliza para determinar cuánto se puede retardar cada actividad del proyecto, sin retrasar la terminación del mismo.”

## CPM

Según (Bello, 2017):

El método CPM o Ruta Crítica (equivalente a la sigla en inglés Critical Path Method) es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control de proyectos. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada.

En este sentido el principal supuesto de CPM es que las actividades y sus tiempos de duración son conocidos, es decir, no existe incertidumbre. Este supuesto simplificador hace que esta metodología sea fácil de utilizar y en la medida que se quiera ver el impacto de la incertidumbre en la duración de un proyecto, se puede utilizar un método complementario como lo es PERT. Una ruta es una trayectoria desde el inicio hasta el final de un proyecto. En este sentido, la longitud de la ruta crítica es igual a la trayectoria más grande del proyecto. Cabe destacar que la duración de un proyecto es igual a la ruta crítica.

## Etapas de CPM

Para utilizar el método CPM o de Ruta Crítica se necesita según (Trejo Medina, 2017) seguir los siguientes pasos:

1. Definir el proyecto con todas sus actividades o partes principales.
2. Establecer relaciones entre las actividades. Decidir cuál debe comenzar antes y cuál debe seguir después.
3. Dibujar un diagrama conectando las diferentes actividades en base a sus relaciones de precedencia.
4. Definir costos y tiempo estimado para cada actividad.
5. Identificar la trayectoria más larga del proyecto, siendo ésta la que determinará la duración del proyecto (Ruta Crítica).
6. Utilizar el diagrama como ayuda para planear, supervisar y controlar el proyecto.

Por simplicidad y para facilitar la representación de cada actividad, frecuentemente se utiliza la siguiente notación:



Fuente: (Trejo Medina, 2017)

- IC: Inicio más cercano, es decir, lo más pronto que puede comenzar la actividad.
- TC: Término más cercano, es decir, lo más pronto que puede terminar la actividad.
- IL: Inicio más lejano, es decir, lo más tarde que puede comenzar la actividad sin retrasar el término del proyecto.
- TL: Término más lejano, es decir, lo más tarde que puede terminar la actividad sin retrasar el término del proyecto.

Adicionalmente se define el término Holgura para cada actividad que consiste en el tiempo máximo que se puede retrasar el comienzo de una actividad sin que esto

retrase la finalización del proyecto. La holgura de una actividad se puede obtener con la siguiente fórmula:

$$\text{Holgura} = \text{IL} - \text{IC} = \text{TL} - \text{TC}$$

## **Optimización**

Según (Enciclopedia de Economía, 2009)

Un proceso que conduce a la solución óptima de un problema. Con solución óptima queremos decir mejor en algún sentido que cualquier otra solución en programación matemática, en general, y en programación lineal, en particular, se denomina optimización al proceso sistemático de resolución seguido para alcanzar la solución óptima (máximo o mínimo) de la función objetivo y verificar las restricciones de todo tipo que limitan la consecución de ese objetivo.

## **Proceso**

Según la (Organización Internacional de Normalización, 2005): “Un proceso es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que al interactuar transforman elementos de entrada y los convierten en resultados”

Por su parte, para (Arias Espinoza, 2020): “Los procesos son mecanismos de comportamiento que diseñan los hombres para mejorar la productividad de algo, para establecer un orden o eliminar algún tipo de problema”.

# **MARCO METODOLÓGICO**

## **Enfoques**

El trabajo de investigación se presenta como un enfoque mixto ya que mantiene características de estudios de tipo cualitativo y cuantitativo.

## **Enfoque cualitativo**

De acuerdo a (Cubías Cruz, 2016)

Este enfoque modela un proceso inductivo contextualizado en un ambiente natural, esto se debe a que en la recolección de datos se establece una estrecha relación entre los participantes de la investigación sustrayendo sus experiencias e ideologías en detrimento del empleo de un instrumento de medición predeterminado. En este enfoque las variables no se definen con la finalidad de manipularse experimentalmente, y esto nos indica que se analiza una realidad subjetiva además de tener una investigación sin potencial de réplica y sin fundamentos estadísticos. Este enfoque se caracteriza también por la no completa conceptualización de las preguntas de investigación y por la no reducción a números de las conclusiones sustraídas de los datos, además busca sobre todo la dispersión de la información en contraste con el enfoque cuantitativo que busca delimitarla. Con el enfoque cualitativo se tiene una gran amplitud de ideas e interpretaciones que enriquecen el fin de la investigación. El alcance final del estudio cualitativo consiste en comprender un fenómeno social complejo, más allá de medir las variables involucradas, se busca entenderlo.

En el presente estudio este enfoque se encarga de realizar la recopilación de información referida a la investigación de operaciones, sus técnicas de estudio, campos en los que se aplica, ventajas y desventajas en un proceso de producción y la resolución óptima de problemas enfocados a modelos matemáticos y que se aplicarán dentro de la empresa en estudio.

### **Enfoque cuantitativo**

Usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías. El enfoque cuantitativo Utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente en el uso de la estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento de una población (Hernández Sampieri, Fernández Collado, & Baptista Lucio, 2014)

La presente investigación está basada en modelos matemáticos, lo cual da de por sí un enfoque contable o cuantitativo para la toma de decisiones y en los métodos usados; este enfoque permitirá divisar las ventajas y desventajas de cada modelo matemático aplicado al objeto de estudio.

## **Técnicas de la investigación**

En el desarrollo del trabajo de investigación se utilizarán las siguientes modalidades:

### **Investigación bibliográfica**

Obligatoria en casi todas las investigaciones, particularmente para esta es necesaria para respaldar teóricamente y realizar análisis y comparación de teorías y literatura científica ligada al estudio en particular. Para realizar la misma se recurrió a información de textos o páginas electrónicas determinadas por las variables en estudio.

### **Investigación de campo**

Se realizó varias mediciones del estado de la empresa y específicamente del área a través de encuestas y listas de chequeo que ayudaron a determinar el estado real del objeto de estudio.

Según el autor (Márquez, 2018) define:

La investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar las variables. Estudia los fenómenos sociales en su ambiente natural. El investigador no manipula variables debido a que esto hace perder el ambiente de naturalidad en el cual se manifiesta”.

### **Tipos de investigación**

El tipo de investigación se refiere a la clase de estudio que se va a realizar, orienta sobre la finalidad general del estudio y sobre la manera de recoger las informaciones o datos necesarios.

### **Investigación exploratoria**

Este tipo de investigación permitirá conocer la problemática, es decir, la inadecuada orientación de operaciones y la construcción de modelos matemáticos posibles para solucionar estos problemas.

### **Investigación descriptiva**

Dentro de este trabajo, esta permitirá describir las situaciones o eventos, en que se desarrolla la orientación didáctica, es decir, el cómo se manifiesta el fenómeno a estudiar, buscando identificar las razones por la cual no se desarrollan adecuadamente la creatividad y razonamiento de los educandos.

### **Investigación correlacional**

Este nivel de investigación busca medir el grado de interrelación que existe entre las variables de estudio, es decir, la variable independiente: Orientación Didáctica de la Investigación de Operaciones y la Variable Dependiente: Proceso de Aprendizaje de los modelos matemáticos a aplicar.

### **Investigación explicativa**

Este tipo de investigación tiene como objetivo, a más de medir el grado de relación que existe entre las variables, determinar estadísticamente si la variación en una las variables hace que la otra también varíe, lo que permitirá verificar la hipótesis.

De la misma forma es necesario hacer referencia a la investigación exploratoria donde se define como: “La investigación exploratoria es aquella que se efectúa sobre un tema u objeto desconocido o poco estudiado, por lo que sus resultados constituyen una visión aproximada de dicho objeto, es decir, un nivel superficial de conocimientos.” (Arismendi, 2013).

### **Investigación documental**

“Se basa en el análisis de datos obtenidos de diferentes fuentes de información son documentos escritos (libros, periódicos, revistas, actas notariales) documentos fílmicos (día positivas y película) documentos gravados (discos, cintas)” (Flores, Escalona, Castro Ricalde, & León Garduño, 2013, pág. 25). Para la presente investigación fue la base teórica, el marco legal y contextual, además de los antecedentes de trabajos similares, los cuales se pueden ver citados a lo largo del documento y detallados en la bibliografía del mismo.

## **Investigación de campo**

“Se basa en métodos que permiten recoger de datos en forma directa de la realidad donde se presentan sus principales fuentes son las observación, la entrevista, encuesta y cuestionario” (Flores, Escalona, Castro Ricalde, & Leon Garduño, 2013, pág. 25) La entrevista, la visita de campo y las herramientas usadas en la misma se aplicaron para extraer información tangible e intangible que pueda proporcionar la Carpintería Cristian para el presente trabajo científico.

## **Recolección de datos**

### **Fuentes primarias**

- Gerente propietario (Masabanda, 2020)
- Trabajadores
- Docentes

### **Fuentes secundarias**

- Gerente propietario (Masabanda, 2020)
- Trabajadores Carpintería Cristian
- Docentes UMET

## **Instrumentos de investigación utilizados**

- Entrevista no estructurada
- Diario de campo
- Lista de chequeo
- Observación no participante

## **Validación del instrumento**

No aplica ya que la investigación requiere de resultados cualitativos

## Cronograma de actividades

**Tabla 5. Cronograma de actividades**

Nombre de tarea	Duración en días	Comienzo	Fin
Identificación del problema	1	Mier 03/12/19	Lun 04/12/19
Elaboración del Arbol de Problemas	2	Juev 06/12/19	lun 08/12/19
Elaboración del marco teórico	6	mier 10/12/19	vier 16/12/19
Elaboración del marco	40	Juev 10/12/19	vier 19/01/20
Elaboración de la Metodología de investigación	5	Juev 22/01/20	lun 27/01/20
Elaboración de la Propuesta	3	lun 29/01/20	Vier 01/02/20
Presentación del proyecto	60	Vier 02/02/20	Lun 02/04/20
Presentación del proyecto predefensa	1	Lun --/--/20	Lun --/--/20

**Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

## Resultados

Se determina que la empresa “Carpintería Cristian” implementa la programación lineal con minimización de \$29,57- \$283,33-\$6600 maximizaciones de \$420000-\$21,0000 - \$52000, implementando Redes de PERT, CPM y método de transportes.



## CAPÍTULO I

### 1. ANÁLISIS DEL ESTADO ACTUAL

#### 1.1. Análisis sectorial

En los últimos años el mercado de los muebles elaborados en madera en el Ecuador se hace cada vez más competitivo, así lo afirma el estudio realizado del sector de muebles donde la (Ecuador, Corporación Financiera Nacional, 2018) publica las siguientes cifras:

En 2016 había registradas 100 empresas dedicadas a la fabricación de muebles de madera y sus partes, la mayor concentración de ellas está en las provincias de Pichincha, Guayas y Azuay. Un total de 1.595 empleados fueron contratados en el 2016 para la fabricación de estos productos, siendo las empresas medianas las de mayor empleabilidad con 739 trabajadores.

Luego del análisis sectorial de la industria de los muebles se obtiene las siguientes conclusiones:

- Pichincha y Guayas cubre el 73% de la producción nacional.
- El sector que ha sufrido una contracción en económica de 11% promedio anual en los últimos dos años.
- En el año 2014 las exportaciones de muebles de madera alcanzaron su valor más alto equivalente a USD 5,51 millones y para el año 2017 esta cifra se redujo en 18%. Si bien las importaciones han mostrado una contracción desde 2014, la balanza comercial del sector se ha caracterizado por ser deficitaria.
- Los ingresos generados por la industria de muebles de madera ha sufrido una reducción de 14% en 2015 y de 23% en 2016 frente al período anterior, resultados que se han reflejado en las utilidades del sector y las declaraciones impositivas.
- A raíz de la renovación del SGP por parte de Estados Unidos por tres años (hasta 31 de diciembre de 2020) se benefician 840 empresas ecuatorianas, entre ellas las de la industria de madera.

La industria del mueble en el Ecuador es dependiente de la materia prima, por lo cual la producción está afectada por la industria forestal tanto en las importaciones como exportaciones el afectada, además se prevé que en los próximos años tendrá que

“luchar” por mantener su mercado cautivo frente al potencial ingreso de importaciones de muebles más económicos que los producidos en el país , que junto a otros productos semejantes elaborados con diversos materiales también amenazan con apoderarse del mercado ecuatoriano.

## **1.2. Análisis del estado de la empresa Carpintería Cristian**

### **1.2.1. Generalidades**

Las necesidades inherentes al desarrollo productivo y al crecimiento social en el Ecuador han dado paso a la existencia de la industria de producción de muebles para hogar y negocios, siendo el mueble de manera general uno de los elementos que dan funcionalidad a una vivienda o un negocio, así pues es fácil afirmar que los lugares mencionados resulta de manera casi obligatoria contar con muebles para diversos usos, siendo la tendencia hacerlos en materiales durables y agradables, además de funcionales; se puede decir que el 90% de los hogares de la población económicamente activa deben contar por lo menos con dos o tres tipos de muebles dentro de una vivienda, estos podrían variar entre camas, mesas, sillas, vitrinas, cómodas, escritorios, etc...; en función de esta analogía se puede afirmar que de acuerdo al crecimiento poblacional la industria del mueble tendrá una demanda que puede variar en su nivel pero que aparentemente siempre existirá.

En este sentido el arquitecto (Masabanda, 2020), visualizando esta realidad de la industria y con el área viable dentro de los marcos legales y constitucionales ya trazados, además de un estudio empírico del entorno de mercado y la demanda de la industria de la producción de muebles en madera en Quito, creó la “Carpintería Cristian” el sector sur de Quito, la cual ha venido aportando desde su creación a la industria del mueble con una gama variada de productos elaborados en madera. La calidad en su productividad y terminados ha sido una característica particular de la empresa; esta cualidad ha permitido mantenerse a flote a la empresa a pesar de las adversidades.

Cerca de 25 empleados entre obreros carpinteros, y ayudantes forman parte de la carpintería que junto con su propietario unen sus esfuerzos para contribuir al

desarrollo productivo de cada uno de sus integrantes, así como su aporte neto al desarrollo nacional

Con el tiempo en el mercado la “Carpintería Cristian” realiza un estudio de mercado orientado a su mercado meta, dejando como resultado la necesidad de diversificar sus productos en la línea de camas y escritorios. La carpintería espera cumplir sus metas optimizando su area de producción sin mermar en calidad ni infringir sus políticas de servicio. El punto de partida se encuentra en que la carpintería mantiene una producción de XXXX unidades de camas y de XXXXX unidades de escritorios anualmente, el material que ha sido empleado en la producción ha sido fundamentalmente la madera de XXXXXX. La calidad del producto terminado se determina dentro del area de dirección la cual ha establecido los estándares de calidad de los productos de la carpintería, por lo cual siempre se ha cumplido con el compromiso fundamental de la empresa que se encuentra plasmada en su misión la cual menciona:

Fabricamos todo tipo de muebles de Madera y MDF para el confort de su hogar: Muebles de Sala, Muebles de Comedor, Muebles de Dormitorio, Nuestra obligación como empresa multifuncional es brindarle verdadera esencia de armonía entre confort y estilo, plasmado desde el diseño de su hogar hasta la originalidad de sus muebles, satisfaciendo en tiempo y calidad. (Carpintería Cristian, 2019).

Esta consigna será una constante dentro de la producción y las decisiones que se tomen en la carpintería.

### **1.2.2. Producción de muebles “Carpintería Cristian”**

La “Carpintería Cristian” está basada en la esencia de que “La producción o fabricación de muebles es considerado un proceso de bienes y servicios, mediante la combinación de factores necesarios para conseguir satisfacer las necesidades creadas” (Fonseca Pérez, Espinoza Mercado, & Zabála Méndez, 2010). En base a esta definición, se puede decir que se añade valor al recurso en su producción, hasta su determinado uso.

En la empresa en estudio, existen variedad de muebles elaborados con diferentes tipos de madera (caoba, cedro, pino, laurel macho, etc.) de la cual surge diversidad

de productos como sillas, mesas, roperos, closet, muebles de cocinas camas, escritorios, entre otros con menos frecuencia de fabricación.

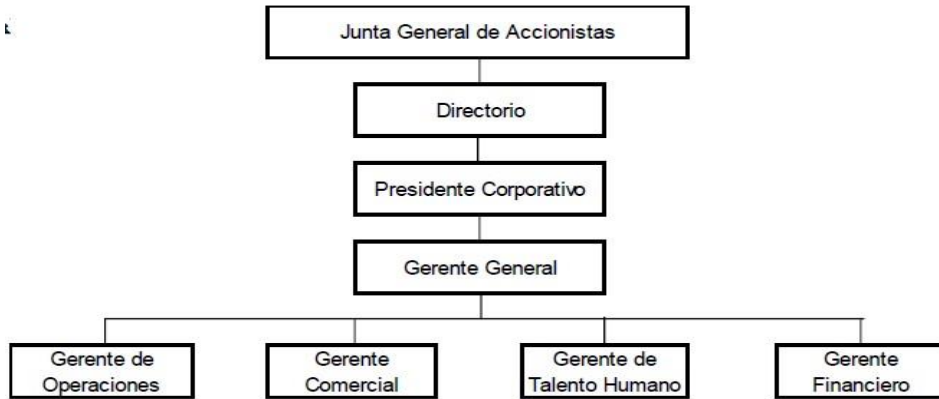
### **1.2.3. Proceso de producción detallado**

Resumiendo lo detallado por el arquitecto (Masabanda, 2020), el proceso de producción se basa en el tipo de madera que se va a usar, como primer paso se da el secado de la madera al aire libre o en el horno; esta primera etapa demanda de supervisión ya que si esta no está bien seca origina defectos en la materia prima como nudos, grietas, hendiduras, etc. Una vez secada la madera se procede al corte de la misma para la fabricación del mueble, de acuerdo a las medidas específicas; esto puede ser manualmente o en el aserrado o con otras maquinarias, de acuerdo al tipo de corte que se necesite. Después se pasa al proceso de montaje, este proceso conlleva el uso de adhesivos (sintéticos o naturales) junto con otros métodos de unión, como el claveteado, seguidos de la aplicación de chapas. Tras el montaje, se inspecciona la pieza para ver si la superficie es suficientemente liza para el acabado. Entonces se realiza el lijado aplicando agua a la pieza con un pulverizador, una esponja o por inmersión, de modo que las fibras de madera se hinchan y se levantan. Una vez seca la superficie, se aplica una solución de cola o resina y se deja secar. Las fibras levantadas se liján para alisar la superficie. Después, con un agente blanqueador se blanquea la madera. Luego se procede al revestimiento que pueden ser tintes, glaseados, selladores, lacas, pinturas, barnices, etc. que pueden aplicarse con pulverizador, brocha, tampón, rodillo, por inmersión o con máquina impregnadora.

## 1.2.4. Estructura organizacional

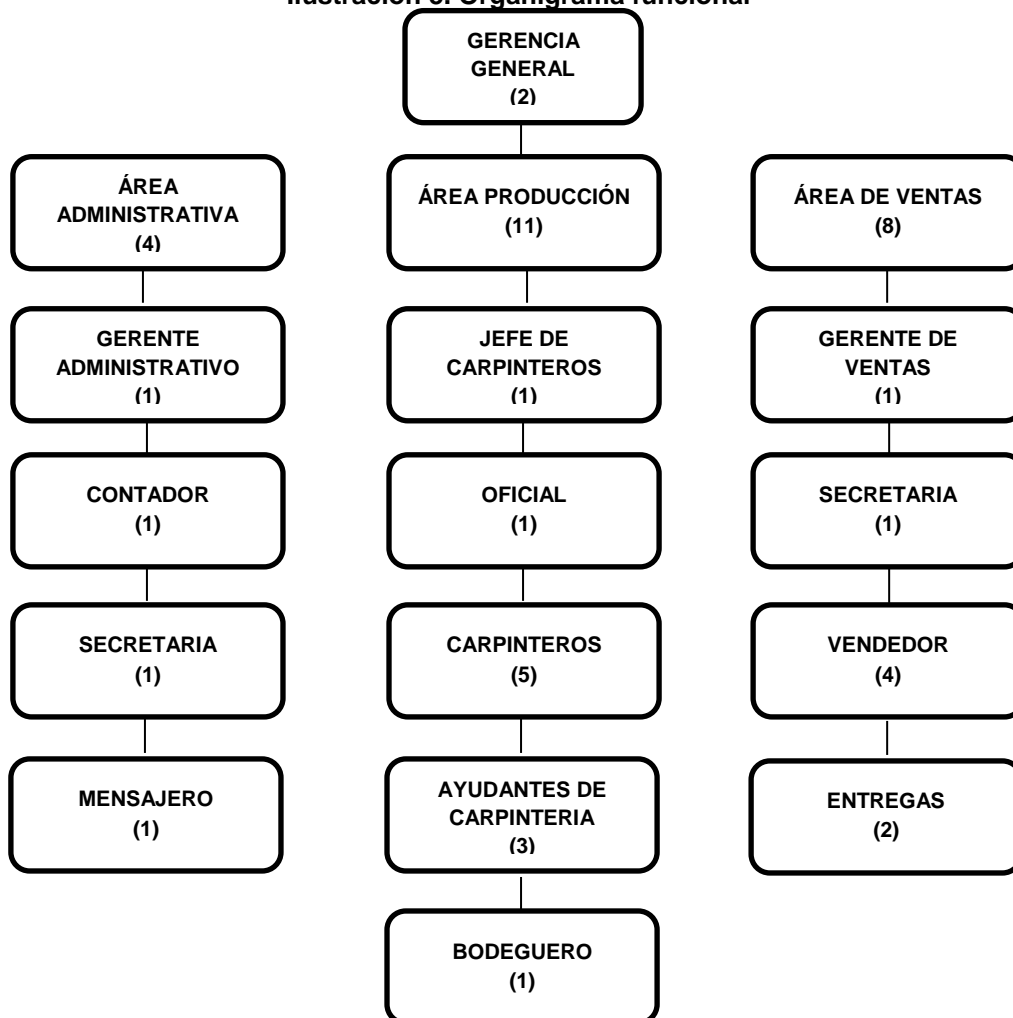
### 1.2.4.1. Organigrama de la empresa

Ilustración 4. Organigrama de la empresa



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Ilustración 5. Organigrama funcional



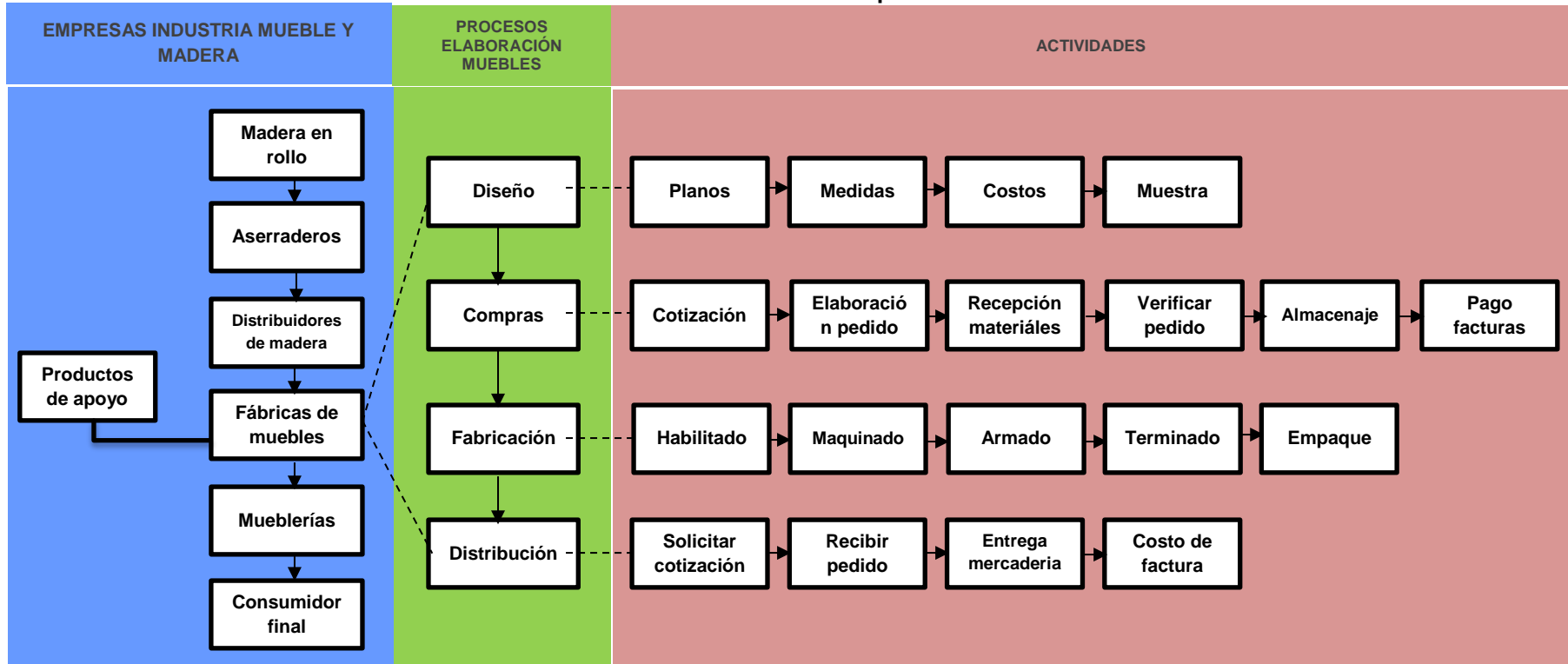
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### **1.2.5. Cadena de valor de la empresa**

La cadena de valor está constituida por: procesos estratégicos, procesos clave y procesos de apoyo. Los procesos de creación de valor o procesos fundamentales debidamente estructurados y administrados contribuyen directamente con la perspectiva financiera satisfaciendo así las expectativas de socios y trabajadores de la carpintería en estudio.

En la ilustración a continuación se puede ver los elementos identificados en la cadena de valor de la industria a la cual está ligada el objeto de este estudio:

Ilustración 6 Cadena de valor Carpintería Cristhian



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## **1.2.6. Herramientas de análisis situacional usadas sobre la Carpintería Cristian**

### **1.2.6.1. Matriz FODA**

La matriz de las amenazas, oportunidades, debilidades y fortalezas (FODA) es un instrumento que ha sido elegido para el uso en la Carpintería Cristian para poder saber la situación actual de la organización, específicamente aquellas situaciones que afecten directamente al área de producción con el objetivo de obtener un diagnóstico preciso y definir estrategias de aplicación de la investigación operativa sobre los defectos encontrados en los costos fundamentalmente.

En el presente estudio, el análisis FODA permitió diagnosticar factores internos y externos que actúen a favor o en contra de la carpintería; esta herramienta ha sido escogida pensando en el lector ya que es un modelo sencillo y claro de entender; en este sentido cabe citar lo descrito por (Hernández & Gallardo, 2012, pág. 135) los cuales mencionan que: “La matriz FODA es el resultado de una síntesis de los análisis del entorno interno y externo de la organización. Esta síntesis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares del negocio y el entorno en el cual éste se desenvuelve”.

La matriz FODA se enfoca tanto en los factores internos y factores externos que afecten al área de estudio.

#### **Factores internos**

##### **Análisis interno**

Consiste en las características potenciales ya sean estas fortalezas o debilidades que se manifiestan dentro de la empresa.

##### **Fortalezas**

Elementos que actúan positivamente en favor de la carpintería, y que se encuentran o han sido implementadas dentro de la empresa con el fin de obtener una ventaja competitiva.



## **Debilidades**

Factores internos que infieren negativamente a la productividad de la empresa y que se han venido dando por malas decisiones o carencia de las mismas en los momentos adecuados, constituyéndose en un traspíe directo o indirecto para el logro de metas propuestas.

## **Factores externos**

### **Análisis externo**

La situación externa o entorno que afecta directa o indirectamente a la empresa. Estos pueden ser favorables o desfavorables y en muchos casos no dependen de las acciones de la empresa, aunque a veces pueden ser una consecuencia de malas decisiones también. Sin embargo y a pesar de que estas en su mayoría no pueden ser cambiadas, la empresa puede a sabiendas de esta información formular estrategias que permitan aprovechar las oportunidades e inhibir las amenazas.

### **Oportunidades**

Factores que pueden ser aprovechados de manera positiva para la empresa siempre y cuando la empresa sepa hacerlo y aprovecharlo al máximo estas circunstancias como una ventaja competitiva. Las oportunidades pueden ser diversas como condiciones económicas actuales y futuras, cambio político y social, etc.

### **Amenazas**

Situaciones que amenazan la estabilidad o el desarrollo regular de la empresa y que no dependen de las decisiones tomadas en la misma. Estas pueden ser incremento de precios en insumos, situación política inestable, etc.

En función de lo antes explicado se puede decir que el estudio abarca una matriz de dos dimensiones, que se analizan el nivel horizontal y vertical; siendo los factores internos controlables y los factores externos no controlables; esta matriz se representaría de la siguiente manera:

Tabla 6. Modelo de la matriz FODA

	POSITIVOS Para alcanzar los objetivos	NEGATIVOS Para alcanzar los objetivos
ORIGEN INTERNO (Atributos de la empresa)	F	O
ORIGEN EXTERNO (Atributos del ambiente)	D	A

Fuente: (Hernández & Gallardo, 2012, pág. 135)

### 1.2.6.2. Matriz FODA para la Carpintería Cristian

#### Análisis interno y externo: Matriz FODA

Tabla 7. Analisis FODA Carpinteria Cristhian

	FORTALEZAS	DEBILIDADES
<b>FACTORES INTERNOS</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Diversidad de materia prima</li> <li>Experiencia y vocación de personal</li> <li>Mano de obra barata</li> <li>Voluntad y disposición para invertir</li> <li>Calidad de productos</li> <li>Buen ambiente laboral</li> <li>Variedad de productos</li> <li>Fabricación de muebles de acuerdo al gusto del cliente</li> <li>Buenas relaciones entre las jefaturas</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Falta de especialización operativa y administrativa</li> <li>Cultura de mejora continua inexistente</li> <li>Falta de diversidad de proveedores</li> <li>No hay investigación operativa</li> <li>Fallas en el cumplimiento a tiempo</li> <li>Manual de procedimientos inexistente</li> <li>Largas jornadas de trabajo</li> <li>Carencia de uniformidad en la producción</li> <li>Área de mantenimiento inexistente</li> <li>Productividad irregular en costos y tiempos</li> </ol>
<b>FACTORES EXTERNOS</b>		
<b>OPORTUNIDADES</b>	<b>ESTRATEGIAS FO (Maxi – Maxi)</b>	<b>ESTRATEGIAS DO (Mini – Maxi)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Experiencia en la producción</li> <li>Suficiencia de recursos financieros</li> <li>Mercado estable</li> <li>Facilidad de acceso a tecnología</li> <li>País con aptitud forestal</li> <li>Oportunidad de planes de inversión</li> <li>Implementación de tecnologías de diversos costos</li> <li>Comunicación interactiva disponible (redes sociales)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Aprovechar la experiencia de los artesanos para brindar productos de calidad</li> <li>Posicionarse en el mercado local a través de ofrecer productos con valor agregado</li> <li>Elaborar muebles de calidad y a buen costo</li> <li>Conocer las entidades de apoyo dedicadas al sector productivo maderero.</li> <li>Aprovechar los recursos locales bajo un lema de eco-eficiencia (eficiencia económica con sustentabilidad ambiental).</li> <li>Controlar las operaciones del area productiva mediante investigación de operaciones</li> <li>Invertir en maquinaria con tecnología para optimizar el proceso productivo</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Impulsar mecanismos de integración entre empresas, con el fin de abastecer las necesidades del mercado.</li> <li>Invertir en capacitación y preparación del personal tanto operario como administrativo.</li> <li>Promover el control operativo mediante metodos de investigación operativa apoyadas en tecnologías costeables por la empresa.</li> <li>Buscar nuevas alternativas de optimización de producción .</li> <li>Utilizar estrategias de en mejora de procesos y comunicación y coordinación entre areas y subareas.</li> </ol>
<b>AMENAZAS</b>	<b>ESTRATEGIAS FA (MAXI-MINI)</b>	<b>ESTRATEGIAS DA (MAXI-MINI)</b>
<ol style="list-style-type: none"> <li>Desastres naturales.</li> <li>Capital de trabajo mal utilizado</li> <li>Introducción de mejoras tecnológicas</li> <li>Mala reputación del sector</li> <li>Falta de políticas de fomento para el sector</li> <li>Importación de muebles más baratos</li> <li>Productos sustitutos</li> <li>Restricciones para la importación maquinarias</li> <li>Falta de acceso a créditos</li> <li>Falta de conciencia ambiental por parte de los integrantes de la cadena</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Ofrecer a los clientes productos con precios accesibles y de calidad creando una ventaja competitiva frente a la competencia. Establecer políticas de compra, con los proveedores, mediante descuentos especiales por montos de compra.</li> <li>Realizar proyectos rentables para poder acceder más fácil a créditos.</li> <li>Dar a conocer las ventajas de la investigación operativa al utilizar materiales que cuiden el medio ambiente.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>Cadena de Valor perfeccionada obteniendo productos con valor agregado, optimizando tiempo y recursos, creando una buena imagen frente a los consumidores, por precio, cumplimiento y calidad.</li> <li>Vincularse entre PYMES, compartiendo experiencias, conocimientos, gestionar proyectos, alianzas, actividades que generen valor con todos los integrantes de la cadena, con el fin de apoyar y mejorar el sector productivo maderero</li> <li>Crear una imagen amigable ambientalmente mediante la utilización de recursos renovables y cumplir con políticas para el cuidado del medio ambiente.</li> </ol>

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### 1.2.6.3. Check list

Las “listas de control”, “listas de chequeo”, “check-lists” u “hojas de verificación”, son formatos creados para realizar actividades repetitivas, controlar el cumplimiento de una lista de requisitos o recolectar datos ordenadamente y de forma sistemática. Se usan para hacer comprobaciones sistemáticas de actividades o productos

asegurándose de que el trabajador o inspector no se olvida de nada importante (González González & Bernal, 2012).

Se elaboró una Lista de Verificación, que permitirá identificar de manera directa las características de la empresa, de tal forma que se asignó una escala de porcentaje de afectación entre un rango del 1-2, indicando si cumple o no con la característica o elemento operativo que se va a evaluar, cuyos resultados se demuestran en la siguiente.

**Tabla 8. Lista de chequeo para la Carpintería Cristian**

NUMERO	ELEMENTO A VERIFICAR AREA ADMINISTRATIVA	SI	NO	OBSERVACIONES
1	Misión		X	Se encuentra desactualizada
2	Visión		X	Se encuentra desactualizada
3	Organigrama	X		
4	Políticas		X	
5	Aplica la normativa ambiental	X		
6	¿Tiene un sistema de archivación y ordenamiento sea manual o digital?	X		Manual pero muy desordenado, no existe una contabilidad detallada, es bastante general
<b>AREA PRODUCTIVA</b>				
7	¿Dispone de un esquema del proceso productivo?		X	
8	¿Cuenta con un sistema de costos?		X	
9	¿Cuenta con sistema de investigación operativa?		X	
10	¿Existe integración descrita entre procesos?		X	
11	¿Cuenta con un proceso de control y registros de los inventarios?		X	
12	Usa el método en serie para reducir costos de producción		X	No se ha estimado producciones en serie debido a la inversión que requiere
13	Usa el método de fabricación de acuerdo a las órdenes de producción	X		Exigencia de los clientes
14	¿Tiene definido estándares de producción?	X		De acuerdo a la cantidad
15	¿Tiene implementado un sistema de control de calidad?	X		Cada trabajador es responsable de la calidad del producto
16	¿Se ha implementado metodos de controles operativos o investigación operativa?		X	No se conoce sobre estos metodos
17	¿Tiene algún método de segmentación en su cadena de producción ante errores de producto?		X	Cuando existe errores de producto en algún proceso se para toda la producción

**Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

Una vez realizado el diseño del instrumento checklist para la verificación de existencia o no de instrumentos de control operativo y de producción gestión en la empresa Muebles se acordó una cita con el gerente propietario el Arquitecto (Masabanda, 2020), donde se procedió a realizar analizar de la constancia de los elementos mediante una entrevista.

### 1.2.6.4. Entrevista

En la empresa “Carpintería Cristian” se aplicó la entrevista, la cual según (Bravo, 2013) se define como: “Una conversación que se propone con un fin determinado distinto al simple hecho de conversar. Es un instrumento técnico de gran utilidad en la investigación cualitativa, para recabar datos”.

Se aplicó la entrevista, al gerente propietario que además es parte esencial en la producción y quien administra el desenvolvimiento de los trabajos a realizar. Los resultados fueron analizados, y expresados analíticamente pero al mismo tiempo de un modo cuantitativo que permite ver que tan favorable o no resulta la respuesta registrada ante la incógnita planteada; de esta forma se presenta la entrevista desarrollada de la siguiente manera:

**Tabla 9. Entrevista al gerente propietario de la Carpintería Cristian**

N°	PREGUNTA	RESPUESTA	FAVORABLE	DESAVORABLE
1	¿De qué forma los procesos de producción en la carpintería?	Los procesos de producción se establecen en forma empírica.		x
2	¿Son asignados todos los costos que intervienen la producción de muebles?	No, se trata de que todos los costos son asignados por Orden de Trabajo pero muchas veces existen trabajos rápidos que no se asignan a las ordenes de trabajo u olvidan hacerlo		x
3	¿Existe un control adecuado de materiales, que permita estimar el nivel de desperdicios?	No, no existe un control de materiales, ni estimaciones de desperdicios		x
4	¿Se ha establecido parámetros a través de la investigación operativa para medir la productividad de los empleados?	No, no se cuenta con dichos parámetros de medición de productividad.		x
5	¿Considera que el precio del mueble es competitivo?	Si, aunque en pocos productos como camas y escritorios no hemos podido competir con ciertos tipos específicos de esos muebles.	x	
6	¿Se realiza un control del inventario de los materiales a utilizarse?	Si, aunque el control muchas veces da resultados negativos aunque no exagerados en cantidad, razón por la que no se ha tomado en cuenta en intensificar inventarios o el controlar del uso de materiales		x
7	¿Se estima el nivel de desperdicios en cada actividad?	No se estima el nivel de desperdicios únicamente se controla que los materiales entregados.		x
8	¿Conoce Ud. los métodos y técnicas de la investigación de operaciones para el cálculo y optimización de producción?	No se conocen métodos o técnicas, las actividades que se realizan son en forma empírica.		x
9	¿Ha calculado el tiempo que se emplea en el ensamblaje de un mueble?	Si se calcula el tiempo que se demora el ensamble de un mueble, pero el cruce de obras retrasa en ocasiones el trabajo lo que genera retrasos en la entrega final.	x	
10	¿Conoce Ud. los pasos a seguir en el ensamblaje de mueble desde la recepción de la materia prima hasta la entrega a bodega?	Si se conocen los pasos a seguir en el ensamblaje de un mueble.	x	

**Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

**Fuente: (Masabanda, 2020)**

Los instrumentos usados demuestran independientemente de su análisis, que, La empresa, no cuenta con muchos elementos en su cadena productiva y de valor,

además de la falta de la aplicación de la investigación operativa, por esta razón no se puede determinar de manera certera datos importantes como un diagrama de procesos bien definido, costos de operaciones, costos unitarios y costos al por mayor que estén implicados en el proceso de armado de sus muebles. Esto no permite a la empresa determinar de manera óptima una rentabilidad razonable; ya que no dispone con adecuados controles sobre materiales, ni procesos operativos, por ello no se puede medir la eficiencia. La empresa maneja precios competitivos y ventas considerables con relación a los de la competencia, por esta razón pierde el horizonte en el control de producción en ciertos de sus productos como camas y escritorios, lo cual con la aplica con de métodos como la investigación operativa las ganancias podrían mejorar de manera considerable optimizando las operaciones del area productiva de la carpintería, especialmente en los productos detectados como problemáticos, aumentando el margen de rentabilidad.

## CAPÍTULO II

### 2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN AL PROBLEMA

#### 2.1. Método gráfico

##### 2.1.1. Minimización

###### 2.1.1.1. Problema # 1

La empresa “Carpintería Cristian” fabrica dos tipos de muebles: camas y escritorios; para el primer producto utilizan los siguientes recursos repartidos de la siguiente manera. La producción diaria consiste en la elaboración de 10 camas y 15 escritorios al día; cada cama tendrá un costo de fabricación de \$15 para las camas y \$30 para escritorios, de la misma forma la producción diaria se usa los siguientes recursos diariamente con un costo estimado de:

**Recursos maderables: \$200 para camas y \$150 para escritorios**

- Tableros
- Tablones y listones
- Aglomerados.

**No maderables \$50 para camas y \$125 para escritorios:**

- Clavos
- Tornillos
- Tuercas
- Bisagras
- Cemento de contacto
- Pega blanca
- Soportes de bases y patas
- Pintura
- Hierro y aluminio
- Barniz

- Laca
- Plástico para empaçar producto terminado
- Esponja para empaçar producto terminado para envió.
- Tiraderas para cajones
- Rieles para cajones

Se desea saber que costo en producción se debe minimizar para mejor el costo final de cada unidad producida.

### Resolución:

Como se pudo ver en primera instancia el problema presenta dos variables y dos restricciones; lo cual da paso a poder realizar la minimización con el método gráfico

### Variables

$$X_1 = \text{Camas}$$

$$X_2 = \text{Escritorios}$$

### Función Objetivo

$$Z = \frac{15}{\text{Camas}} X_1 + \frac{30}{\text{Escritorios}} X_2$$

### Restricciones

$$\text{Maderables} = \frac{200}{\text{Camas}} X_1 + \frac{150}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 180$$

$$\text{No maderables} = \frac{50}{\text{Camas}} X_1 + \frac{125}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 120$$

$$\text{No negatividad} = X, Y \geq 0$$

Identificados y organizados los datos del problema, se procede a ingresar los mismos al software WinSQB para el apoyo en toma de decisiones en la investigación de operativa, en este se ingresara los datos, en primera instancia las variables y las restricciones, así como el criterio, el tipo y el formato de salida para que se forme el modelo matemático y por consiguiente la resolución del mismo.

Ilustración 7. Ingreso de datos en software WinSQB

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 10. Modelo matemático para la minimización en WINQSB

Variable -->	Camas	Escritorios	Direction	R. H. S.
Minimize	15	30		
Maderables	200	150	>=	180
No_maderabl	50	125	>=	120
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Integer		

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 11. Solución planteada por el software

	15:42:43	Saturday	June	20	2020	
	<b>Decision Variable</b>	<b>Solution Value</b>	<b>Unit Cost or Profit c(j)</b>	<b>Total Contribution</b>	<b>Reduced Cost</b>	<b>Basis Status</b>
1	Camas	0.1500	15.0000	2.2500	0	basic
2	Escritorios	1.0000	30.0000	30.0000	18.7500	at bound
	<b>Objective</b>	<b>Function</b>	<b>(Min.) =</b>	<b>32.2500</b>		
	<b>Constraint</b>	<b>Left Hand Side</b>	<b>Direction</b>	<b>Right Hand Side</b>	<b>Slack or Surplus</b>	<b>Shadow Price</b>
1	Maderables	180.0000	>=	180.0000	0	0.0750
2	No_maderables	132.5000	>=	120.0000	12.5000	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Para la solución gráfica se aplica el siguiente procedimiento descrito a continuación:

Reemplazo: *Camas* =  $X_1$



$$\text{Escritorios} = X_2$$

Reemplazo formula

$$\text{Maderables} = 200X_1 + 150X_2 = 180$$

1. Reemplazo  $X_1 = 0$

$$200(0) + 150X_2 = 180$$

$$0 + 150X_2 = 180$$

$$X_2 = \frac{180}{150}$$

$$X_2 = 1.2$$

2. Reemplazo  $X_2 = 0$

$$200X_1 + 150(0) = 180$$

$$200X_1 + 0 = 180$$

$$X_1 = \frac{180}{200}$$

$$X_1 = 0.9$$

Entonces:  $X_1, X_2$   
(0.9, 1.2)

$$\text{No maderables} = 50X_1 + 125X_2 = 120$$

1. Reemplazo  $X_1 = 0$

$$50(0) + 125X_2 = 120$$

$$0 + 125X_2 = 120$$

$$X_2 = \frac{120}{125}$$

$$X_2 = 0.96$$

2. Reemplazo  $X_2 = 0$

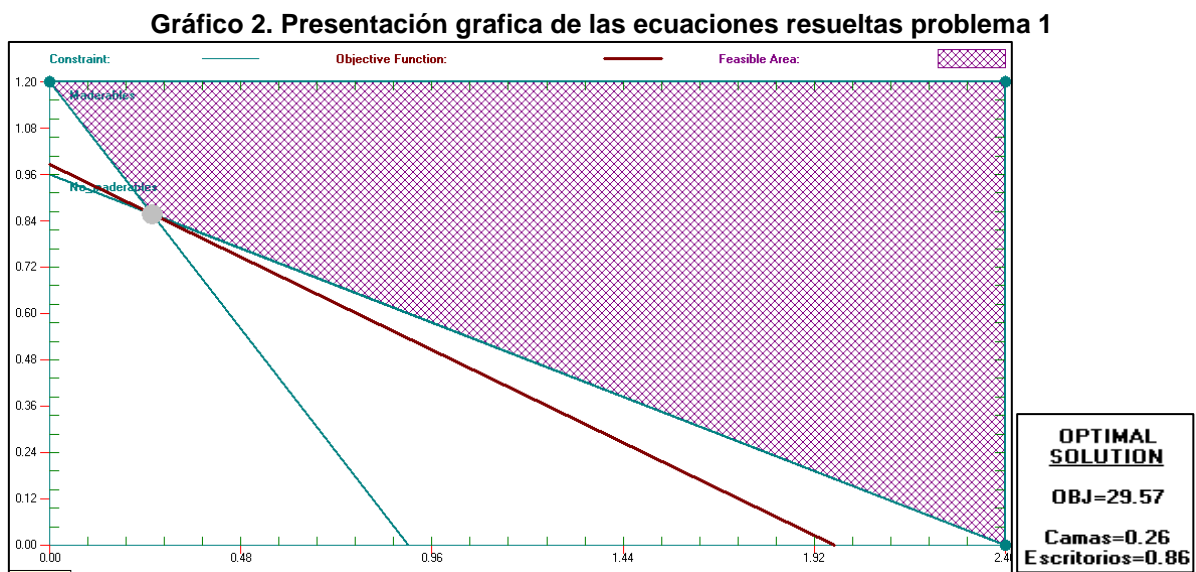
$$50X_1 + 125(0) = 120$$

$$50X_1 + 0 = 120$$

$$X_1 = \frac{120}{50}$$

$$X_1 = 2.4$$

Entonces:  $X_1, X_2$   
(2.4, 0.96)



La intersección genera un vector que de acuerdo con la aplicación del programa se puede ver que los puntos 0,26 para  $X_1$  y 0,86 para  $X_2$  el ejercicio realizado por el método gráfico y con las respuestas presentadas se puede concluir que para tener un costo mínimo de \$29.57 es necesario la mezcla de ciertos materiales con cantidades de 0.26 para la producción de camas y 0.86 para la producción de escritorios, teniendo un sobrante de 1 y 0,5, de esta manera la empresa podrá tener un mínimo.

## 2.1.2. Minimización

### 2.1.2.1. Problema # 3

La empresa “Carpintería Cristian” fabrica dos tipos de muebles: camas y escritorios; los cuales son procesados por tres máquinas: trozadoras, compresora de aire, cepilladora. La producción semanal de la maquina trozadora es de 1, se requieren

130 horas semanales para la maquina 1; 190 horas para la maquina 2; y 200 horas para la maquina 3. El costo de A es de \$2,00 y el de B \$3,00.

- Trozadora: 1 para camas y 1 para escritorios
- Compresora: 2 para camas y 1 para escritorios
- Cepilladora: 1 para camas y 4 para escritorios

Se desea saber que costo en producción se debe minimizar para mejor el costo final de cada unidad producida.

### Resolución:

Como se pudo ver en primera instancia el problema presenta dos variables y tres restricciones; lo cual da paso a poder realizar la minimización con el método gráfico

### Variables

$$X_1 = \text{Camas}$$

$$X_2 = \text{Escritorios}$$

### Función Objetivo

$$Z = \frac{2}{\text{Camas}} X_1 + \frac{3}{\text{Escritorios}} X_2$$

### Restricciones

$$\text{Trozadora} = \frac{1}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 130$$

$$\text{Compresora} = \frac{2}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 190$$

$$\text{Cepilladora} = \frac{1}{\text{Camas}} X_1 + \frac{4}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 200$$

$$\text{No negatividad} = X, Y \geq 0$$

Identificados y organizados los datos del problema, se procede a ingresar los mismos al software Winsqb para el apoyo en toma de decisiones en la investigación de operativa, en este se ingresara los datos, en primera instancia las variables y las

restricciones, así como el criterio, el tipo y el formato de salida para que se forme el modelo matemático y por consiguiente la resolución del mismo

Tabla 12. Modelo matemático para la minimización en WINQSB

Variable -->	Camas	Escritorios	Direction	R. H. S.
Minimize	2	3		
Trozadora	1	1	>=	130
Compresor	2	1	>=	190
Cepillador	1	4	>=	200
LowerBound	0	0		
UpperBound	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous		

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 13. Solución planteada

02:22:52		Saturday	July	04	2020		
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1 Camas	106.6667	2.0000	213.3333	0	basic	0.7500	3.0000
2 Escritorios	23.3333	3.0000	70.0000	0	basic	2.0000	8.0000
Objective	Function	(Min.) =	283.3333				
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1 Trozadora	130.0000	>=	130.0000	0	1.6667	110.0000	200.0000
2 Compresor	236.6667	>=	190.0000	46.6667	0	-M	236.6667
3 Cepillador	200.0000	>=	200.0000	0	0.3333	130.0000	340.0000

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## Análisis

De acuerdo a la información dada se puede decir que para tener un mínimo costo de producción de \$283,33 es necesario producir 107 camas y 24 escritorios, pero para esto la maquina 2 (Compresor de Aire) tendría que trabajar más hora de las establecidas.

Para la solución gráfica se aplica el siguiente procedimiento descrito a continuación:

Reemplazo:  $Camas = X_1$

$Escritorios = X_2$

Reemplazo formula

$$\mathbf{Trozadora = 1X_1 + 1X_2 = 130}$$

1. Reemplazo  $X_1 = 0$

$$\mathbf{1(0) + 1X_2 = 130}$$

$$\mathbf{0 + 1X_2 = 130}$$

$$\mathbf{X_2 = \frac{130}{1}}$$

$$\mathbf{X_2 = 130}$$

2. Reemplazo  $X_2 = 0$

$$\mathbf{1X_1 + 1(0) = 130}$$

$$\mathbf{1X_1 + 0 = 130}$$

$$\mathbf{X_1 = \frac{130}{1}}$$

$$\mathbf{X_1 = 130}$$

Entonces:  $X_1$  ,  $X_2$   
 $(130, 130)$

$$\mathbf{Compresora = 2X_1 + 1X_2 = 190}$$

1. Reemplazo  $X_1 = 0$

$$\mathbf{2(0) + 1X_2 = 190}$$

$$\mathbf{0 + 1X_2 = 190}$$

$$\mathbf{X_2 = \frac{190}{1}}$$

$$\mathbf{X_2 = 190}$$

2. Reemplazo  $X_2 = 0$

$$2X_1 + 1(0) = 190$$

$$2X_1 + 0 = 190$$

$$X_1 = \frac{190}{2}$$

$$X_1 = 95$$

Entonces:  $X_1$  ,  $X_2$   
(95 , 190)

$$\text{Cepilladora} = 1X_1 + 4X_2 = 200$$

1. Reemplazo  $X_1 = 0$

$$1(0) + 4X_2 = 200$$

$$0 + 4X_2 = 200$$

$$X_2 = \frac{200}{4}$$

$$X_2 = 50$$

2. Reemplazo  $X_2 = 0$

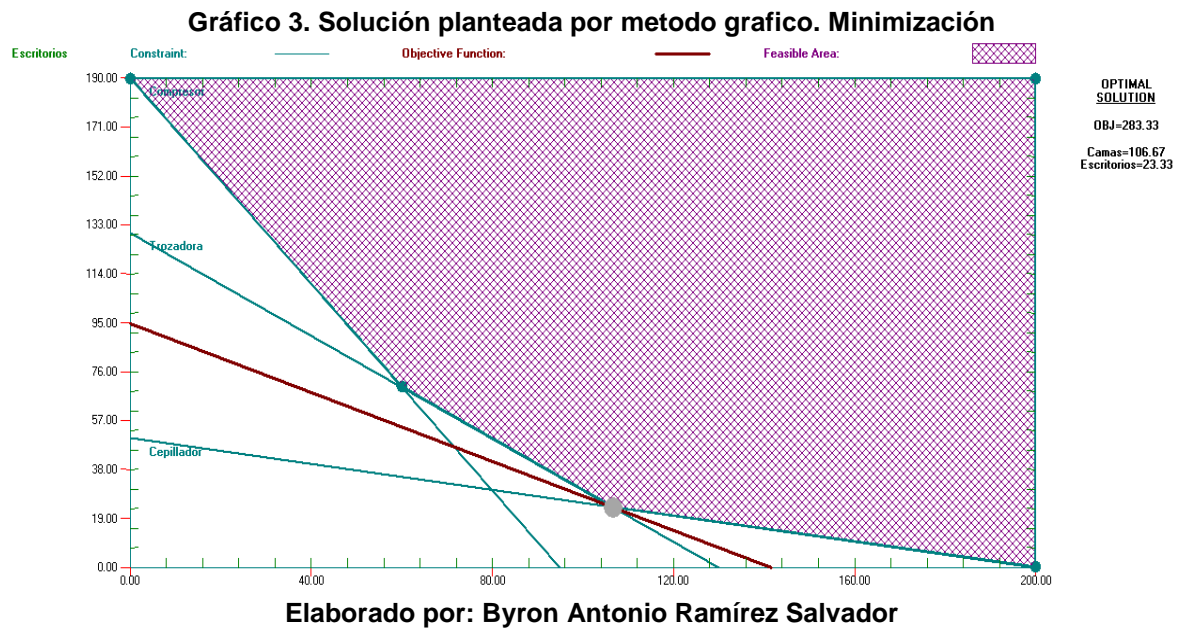
$$1X_1 + 4(0) = 200$$

$$1X_1 + 0 = 200$$

$$X_1 = \frac{200}{1}$$

$$X_1 = 200$$

Entonces:  $X_1$  ,  $X_2$   
(200 , 50)



## Análisis

Este ejercicio se lo ha realizado por el método gráfico dando dos respuestas con resultados que pueden ser igual de adecuados para la aplicación en la empresa en el primer caso el valor de Z mínima es de 283,30 mientras en el segundo caso valor de Z mínima de 330.

Con esta información se puede decir que para que la empresa alcance su costos mínimos tendría que producir en el primer caso 60 unidades del producto A (Camas) y 70 unidades del producto B (Escritorios) y con una holgura de 140 en la cepilladora, es decir la maquina 3 tendría que trabajar más hora de las establecidas, mientras que en el segundo caso se tendría que producir 106 unidades de A (Camas) y 23 unidades del producto B (Escritorios) con una holgura de 47 en la maquina 1 trazadora.

## 2.2. Método Simplex

### 2.2.1. Maximización

#### 2.2.1.1. Problema 1

La empresa puede producir 3 tipos de artículos, los cuales son camas, escritorios y muebles de cocina, para fabricar el producto A se necesita \$2,00 en mano de obra y \$3,00 en materia prima, para el B se necesita \$1,00 de mano de obra y \$4,00 de

materia prima y para el C \$3,00 de mano de obra y \$4 de materia prima. La empresa dispone de \$20 para mano de obra y de \$14 para materia prima esto de manera diaria.

### Resolución:

El problema presenta 3 variables y 2 restricciones; lo cual da paso a realizar la maximización con el método Simplex que contiene técnicas de algebra matricial y eliminación gaussiana

### Variables

$$\begin{aligned} X_1 &= \text{Camas} \\ X_2 &= \text{Escritorios} \\ X_3 &= \text{Muebles de cocina} \end{aligned}$$

### Función Objetivo

$$Z = \frac{4}{\text{Camas}} X_1 + \frac{6}{\text{Escritorios}} X_2 + \frac{2}{\text{Muebles cocina}} X_3 \quad \text{Max.}$$

### Restricciones

$$\text{Mano de obra} = \frac{2}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 + \frac{3}{\text{Muebles cocina}} X_3 \geq 20$$

$$\text{Materia prima} = \frac{3}{\text{Camas}} X_1 + \frac{4}{\text{Escritorios}} X_2 + \frac{4}{\text{Muebles cocina}} X_3 \geq 14$$

$$\text{No negatividad} = X, Y \geq 0$$

A continuación se ingresan los datos identificados al software Winsqb para el apoyo en toma de decisiones en la investigación de operativa, en este se ingresara los datos, en primera instancia las variables y las restricciones, así como el criterio, el tipo y el formato de salida para que se forme el modelo matemático y por consiguiente la resolución del mismo.



**Ilustración 8. Ingreso de datos software WinSQB**

**LP-ILP Problem Specification** x

**Problem Title:** Metodo Simplex Problema 1

**Number of Variables:** 3      **Number of Constraints:** 2

**Objective Criterion**

Maximization  
 Minimization

**Default Variable Type**

Nonnegative continuous  
 Nonnegative integer  
 Binary (0,1)  
 Unsigned/unrestricted

**Data Entry Format**

Spreadsheet Matrix Form  
 Normal Model Form

OK      Cancel      Help

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 14. Modelo matemático para la maximización en WINQSB

Variable -->	Camas	Escritorios	Muebles_Cocina	Direction	R. H. S.
Maximize	4	6	2		
Mano_de_obra	2	1	3	<=	20
Materia_Prima	3	4	4	<=	14
LowerBound	0	0	0		
UpperBound	M	M	M		
VariableType	Continuous	Continuous	Continuous		

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Para verificar los pasos del problema resuelto por el software se procede a la resolución, con los cálculos y procedimientos omitidos por el software:

En primer lugar se identificarán dos nuevas variables con el valor S

**Siendo:**

S = Holgura

**Entonces:**

Función objetivo = Z

$$Z = -4X_1 - 6X_2 - 2X_3$$

Se alinean los valores (objetivo Z, y restricciones) semejantes de las ecuaciones en columnas para luego ponerlos en una matriz:

$$\begin{aligned} Z - 4X_1 - 6X_2 - 2X_3 &= 0 \\ 2X_1 + 1X_2 + 3X_3 + S_1 &= 20 \\ 3X_1 + 4X_2 + 4X_3 + S_2 &= 14 \end{aligned}$$

La ubicación de las ecuaciones determinará los valores en la siguiente tabla:

**Tabla 15. Valores encolumnados listos para pivotar**

Z	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	R
1	-4	-6	-2	0	0	0
0	2	1	3	1	0	20
0	3	4	4	0	1	14

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

**Tabla 16. Iteración 1. Valores encolumnados listos para pivotar**

		Camas	Escritorios	Muebles_Cocina	Slack_Mano_de_obra	Slack_Materia_Prima		
Basis	C(j)	4.0000	6.0000	2.0000	0	0	R. H. S.	Ratio
Slack_Mano_de_obra	0	2.0000	1.0000	3.0000	1.0000	0	20.0000	20.0000
Slack_Materia_Prima	0	3.0000	4.0000	4.0000	0	1.0000	14.0000	3.5000
	C(j)-Z(j)	4.0000	6.0000	2.0000	0	0	0	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

A continuación se realiza la ubicación de la columna pivote identificando el valor más negativo, que en este caso es el -6 (señalado en la columna de la tabla descrita anteriormente con color amarillo); el valor que quedara inmóvil junto con toda la fila por un momento; mientras que para identificar el renglón pivote y por consecuencia la intersección del valor "elemento pivote", se realiza el siguiente operación: "el valor R de cada fila, (siendo Fila= F), se dividirá para el valor de la columna pivote correspondiente a la misma fila (F) del valor R, del resultante de la operación se eligira el valor menor y ese corresponderá a la Fila pivote como se demuestra en la siguiente tabla:

**Tabla 17. Identificación interseccion columna-fila pivote**

Z	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	R
1	-4	-6	-2	0	0	0
0	2	1	3	1	0	20
0	3	4	4	0	1	14

Columna pivote

$$20/1= 20$$

$$14/4= 3,5 \text{ Renglón pivote}$$

4 Elemento pivote

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

A continuación se debe colocar el valor del elemento pivote en 1 mediante la operación de multiplicación, para lo cual de acuerdo al valor se realiza la multiplicación

correspondiente de todos los valores de la fila por el valor que lograra el objetivo requerido; en este caso el valor 4 para convertirlo en 0 necesitara multiplicarse por  $\frac{1}{4}$  o el equivalente 0,25; dando el siguiente resultado:

**Tabla 18. Renglon Pivote F3 \* 1/4 para obtener 1 del 4 intersecado**

Z	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	R	Filas
1	-4	-6	-2	0	0	0	F <sub>1</sub>
0	2	1	3	1	0	20	F <sub>2</sub>
0	0,75	1	1	0	0,25	3,5	F <sub>3</sub>

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Como se puede ver, los valores de la F3 han cambiado para cumplir el objetivo de convertir en 1 el valor de 4; finalmente es necesario colocar en 0 los valores correspondientes a X2 las filas F1 y F2 mediante un la siguiente formula:

$$F_x = ((X_2 \cap F_x * F_{\text{pivote}}) + F_x)$$

Entonces:

$$F_1 = (6 * F_3) + F_1$$

Esta fórmula aplicada a cada columna de las filas dará el siguiente resultante final:

**Tabla 19. Iteración 2**

Basis	C(j)	Camas	Escritorios	Muebles_Cocina	Slack_Mano_de_obra	Slack_Materia_Prima	R. H. S.	Ratio
Slack_Mano_de_obra	0	1.2500	0	2.0000	1.0000	-0.2500	16.5000	
Escritorios	6.0000	0.7500	1.0000	1.0000	0	0.2500	3.5000	
	C(j)-Z(j)	-0.5000	0	-4.0000	0	-1.5000	21.0000	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Finalmente la resolución estará descrita en el siguiente informe:

**Tabla 20. Solución planteada**

	16:55:18		Sunday	July	05	2020		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	Camas	0	4.0000	0	-0.5000	at bound	-M	4.5000
2	Escritorios	3.5000	6.0000	21.0000	0	basic	5.3333	M
3	Muebles_Cocina	0	2.0000	0	-4.0000	at bound	-M	6.0000
	Objective	Function	(Max.) =	21.0000				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	Mano_de_obra	3.5000	<=	20.0000	16.5000	0	3.5000	M
2	Materia_Prima	14.0000	<=	14.0000	0	1.5000	0	80.0000

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## Análisis

De acuerdo con la información dada se puede analizar que para sacar un máximo de \$21,00 se debe producir únicamente 3,5 del producto B y nada del producto A y para esto es necesario pagar \$16,50 de horas extras. Aplicar esta respuesta en la empresa no es factible ya que la empresa no puede dejar de promover un producto que lo ha venido haciendo por mucho tiempo y tampoco puede poner a trabajar a su personal horas extras, esto es un factor malo para la empresa el personal se te cansa y se va.

### 2.2.2. Minimización

#### 2.2.2.1. Problema # 2

La “Carpintetría Cristhian” produce dos tipos de productos,

Tabla 21. Modelo matemático para la maximización en WINQSB

Variable -->	CAMAS	ESCRITORIOS	Direction	R. H. S.
<b>Minimize</b>	<b>2</b>	<b>3</b>		
<b>TROZADORA</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>&gt;=</b>	<b>130</b>
<b>COMPRESOR</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>&gt;=</b>	<b>190</b>
<b>CEPILLADOR</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>&gt;=</b>	<b>200</b>
<b>LowerBound</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>UpperBound</b>	<b>M</b>	<b>M</b>		
<b>VariableType</b>	<b>Continuous</b>	<b>Continuous</b>		

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 22. Iteración 2

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	surplus_TROZADORA	Surplus_COMPRESOR DE	surplus_CEPILLADOR	Artificial_TROZADORA	Artificial_COMPRESOR DE	Artificial_CEPILLADOR	R. H. S.	Ratio
Artificial_TROZADORA	M	1,0000	1,0000	-1,0000	0	0	1,0000	0	0	130,0000	130,0000
Artificial_COMPRESOR DE AIRE	M	2,0000	1,0000	0	-1,0000	0	0	1,0000	0	190,0000	190,0000
Artificial_CEPILLADORA	M	1,0000	4,0000	0	0	-1,0000	0	0	1,0000	200,0000	50,0000
C(j)-Z(j)		2,0000	3,0000	0	0	0	0	0	0	0	0
* Big M		-4,0000	-6,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0	0	0	0	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 23. Iteración 3

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	surplus_TROZADORA	Surplus_COMPRESOR DE	surplus_CEPILLADOR	Artificial_TROZADORA	Artificial_COMPRESOR DE	Artificial_CEPILLADORA	R. H. S.	Ratio
Artificial_TROZADORA	M	0,7500	0	-1,0000	0	0,2500	1,0000	0	-0,2500	80,0000	106,6667
Artificial_COMPRESOR DE	M	1,7500	0	0	-1,0000	0,2500	0	1,0000	-0,2500	140,0000	80,0000
ESCRITORIOS	3,0000	0,2500	1,0000	0	0	-0,2500	0	0	0,2500	50,0000	200,0000
C(j)-Z(j)		1,2500	0	0	0	0,7500	0	0	-0,7500	150,0000	0
* Big M		-2,5000	0	1,0000	1,0000	-0,5000	0	0	1,5000	0	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 24. Iteración 4

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	surplus_TROZADORA	Surplus_COMPRESOR DE	surplus_CEPILLADOR	Artificial_TROZADORA	Artificial_COMPRESOR DE	Artificial_CEPILLADORA	R. H. S.	Ratio
Artificial_TROZADORA	M	0,0000	0,0000	-1,0000	0,4286	0,1429	1,0000	-0,4286	-0,1429	20,0000	46,6667
CAMAS	2,0000	1,0000	0,0000	0	-0,5714	0,1429	0	0,5714	-0,1429	80,0000	M
ESCRITORIOS	3,0000	0,0000	1,0000	0	0,1429	-0,2857	0	-0,1429	0,2857	30,0000	210,0000
C(j)-Z(j)		0	0	0	0,7143	0,5714	0	-0,7143	-0,5714	250,0000	0
* Big M		0	0	1,0000	-0,4286	-0,1429	0	1,4286	1,1429	0	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 25. Iteración 5

		CAMAS	ESCRITORIOS	surplus_TROZADOR	Surplus_COMPRESOR DE	surplus_CEPILLADORA	Artificial_TROZADORA	Artificial_COMPRESOR DE AIRE	Artificial_CEPILLADORA	R. H. S.	Ratio
Basis	C(j)	2,0000	3,0000	0	0	0	0	0	0		
Surplus_COMPRESOR DE	0	0,0000	0,0000	-2,3333	1,0000	0,3333	2,3333	-1,0000	0	-0,3333	46,6667
CAMAS	2,0000	1,0000	0,0000	-1,3333	0	0,3333	1,3333	0	0	-0,3333	106,6667
ESCRITORIOS	3,0000	0,0000	1,0000	0,3333	0	-0,3333	-0,3333	0	0	0,3333	23,3333
C(j)-Z(j)	0	0	0	1,6667	0	0,3333	-1,6667	0	0	-0,3333	283,3333
* Big M	0	0	0	0	0	0	1,0000	1,0000	1,0000	0	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 26. Solución planteada

	13:17:25		Monday	February	06	2017		
	Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)
1	CAMAS	106,6667	2,0000	213,3333	0	basic	0,7500	3,0000
2	ESCRITORIOS	23,3333	3,0000	70,0000	0	basic	2,0000	8,0000
	Objective	Function	(Min.) =	283,3333				
	Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS
1	TROZADORA	130,0000	>=	130,0000	0	1,6667	110,0000	200,0000
2	COMPRESOR DE AIRE	236,6667	>=	190,0000	46,6667	0	-M	236,6667
3	CEPILLADORA	200,0000	>=	200,0000	0	0,3333	130,0000	340,0000

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## 2.2.3. Maximización

### 2.2.3.1. Problema # 3

Planteamiento

Ilustración 9. Ingreso de datos WinsQB

The screenshot shows a dialog box titled "P-ILP Problem Specification" with the following configuration:

- Problem Title:** Metodo\_Simplex\_Problema\_3
- Number of Variables:** 2
- Number of Constraints:** 4
- Objective Criterion:**  Maximization,  Minimization
- Default Variable Type:**  Nonnegative continuous,  Nonnegative integer,  Binary (0,1),  Unsigned/unrestricted
- Data Entry Format:**  Spreadsheet Matrix Form,  Normal Model Form

Buttons at the bottom: OK, Cancel, Help.

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 27. Modelo matemático para la maximización por metodo Simplex en WINQSB

Variable -->	Camas	Escritorios	Direction	R. H. S.
<b>Maximize</b>	<b>80</b>	<b>60</b>		
<b>Tablones</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>&lt;=</b>	<b>800</b>
<b>Aglomerados</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>&lt;=</b>	<b>400</b>
<b>Melamina</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>&lt;=</b>	<b>700</b>
<b>Placas_de_Yeso</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>&lt;=</b>	<b>1000</b>
<b>LowerBound</b>	<b>0</b>	<b>0</b>		
<b>UpperBound</b>	<b>M</b>	<b>M</b>		
<b>VariableType</b>	<b>Continuous</b>	<b>Continuous</b>		

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 28. Solución final planteada por WinSQB

04:27:55		Wednesday		July		08		2020	
Decision Variable	Solution Value	Unit Cost or Profit c(j)	Total Contribution	Reduced Cost	Basis Status	Allowable Min. c(j)	Allowable Max. c(j)		
1	Camas	200.0000	80.0000	16,000.0000	0	basic	60.0000	120.0000	
2	Escritorios	600.0000	60.0000	36,000.0000	0	basic	40.0000	80.0000	
	<b>Objective</b>	<b>Function</b>	<b>(Max.) =</b>	<b>52,000.0000</b>					
Constraint	Left Hand Side	Direction	Right Hand Side	Slack or Surplus	Shadow Price	Allowable Min. RHS	Allowable Max. RHS		
1	Tablones	800.0000	<=	800.0000	0	40.0000	600.0000	850.0000	
2	Aglomerados	200.0000	<=	400.0000	200.0000	0	200.0000	M	
3	Melamina	600.0000	<=	700.0000	100.0000	0	600.0000	M	
4	Placas_de_Yeso	1,000.0000	<=	1,000.0000	0	20.0000	900.0000	1,200.0000	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Para verificar los pasos del problema resuelto por el software se procede a la resolución, con los cálculos y procedimientos omitidos por el software:

En primer lugar se identificarán dos nuevas variables con el valor S

**Siendo:**

S = Holgura

**Función objetivo:**

Función objetivo = Z

$$Z = -80X_1 - 60X_2$$

## Restricciones

$$\text{Tablones} = \frac{1}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 800$$

$$\text{Agglomerados} = \frac{1}{\text{Camas}} X_1 + \frac{0}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 400$$

$$\text{Melamina} = \frac{0}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 700$$

$$\text{Placas de Yeso} = \frac{2}{\text{Camas}} X_1 + \frac{1}{\text{Escritorios}} X_2 \geq 1000$$

$$\text{No negatividad} = X, Y \geq 0$$

Se alinean los valores (objetivo Z, y restricciones) semejantes convertidos en ecuaciones de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} Z - 80X_1 - 60X_2 &= 0 \\ 1X_1 + 1X_2 + S_1 &= 800 \\ 1X_1 + 0X_2 + S_2 &= 400 \\ 0X_1 + 1X_2 + S_3 &= 700 \\ 2X_1 + 1X_2 + S_4 &= 1000 \end{aligned}$$

La ubicación de las ecuaciones determinará los valores en la siguiente tabla:

**Tabla 29. Valores en columnados listos para pivotear**

Z	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	R
1	-80	-60	0	0	0	0	0
0	1	1	1	0	0	0	800
0	1	0	0	1	0	0	400
0	0	1	0	0	1	0	700
0	2	1	0	0	0	1	1000

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

**Tabla 30. Iteración 1. Valores en columnas, listos para pivotear**

Basis	C(j)	Camas	Escritorios	Slack_Tablones	Slack_Aglomerados	Slack_Melamina	Slack_Placas_de_Yeso	R. H. S.	Ratio
Slack_Tablones	0	80.0000	60.0000	1.0000	0	0	0	800.0000	800.0000
Slack_Aglomerados	0	1.0000	0	0	1.0000	0	0	400.0000	400.0000
Slack_Melamina	0	0	1.0000	0	0	1.0000	0	700.0000	M
Slack_Placas_de_Yeso	0	2.0000	1.0000	0	0	0	1.0000	1.000.0000	500.0000
	C(j)-Z(j)	80.0000	60.0000	0	0	0	0	0	0

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 31. Iteración 2.

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	Slack_TABLONES	Slack_AGLOMERADOS	Slack_MELAMINA	Slack_PLACAS DE YESO	R. H. S.	Ratio
Slack_TABLONES	0	0	1,0000	1,0000	-1,0000	0	0	400,0000	400,0000
CAMAS	80,0000	1,0000	0	0	1,0000	0	0	400,0000	M
Slack_MELAMINA	0	0	1,0000	0	0	1,0000	0	700,0000	700,0000
Slack_PLACAS DE YESO	0	0	1,0000	0	-2,0000	0	1,0000	200,0000	200,0000
	C(j)-Z(j)	0	60,0000	0	-80,0000	0	0	32,000,0000	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 32. Iteración 3.

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	Slack_TABLONES	Slack_AGLOMERADOS	Slack_MELAMINA	Slack_PLACAS DE YESO	R. H. S.	Ratio
Slack_TABLONES	0	0	0	1,0000	1,0000	0	-1,0000	200,0000	200,0000
CAMAS	80,0000	1,0000	0	0	1,0000	0	0	400,0000	400,0000
Slack_MELAMINA	0	0	0	0	2,0000	1,0000	-1,0000	500,0000	250,0000
ESCRITORIOS	60,0000	0	1,0000	0	-2,0000	0	1,0000	200,0000	M
	C(j)-Z(j)	0	0	0	40,0000	0	-60,0000	44,000,0000	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Tabla 33. Iteración 4.

Basis	C(j)	CAMAS	ESCRITORIOS	Slack_TABLONES	Slack_AGLOMERADOS	Slack_MELAMINA	Slack_PLACAS DE YESO	R. H. S.	Ratio
Slack_AGLOMERADOS	0	0	0	1,0000	1,0000	0	-1,0000	200,0000	
CAMAS	80,0000	1,0000	0	-1,0000	0	0	1,0000	200,0000	
Slack_MELAMINA	0	0	0	-2,0000	0	1,0000	1,0000	100,0000	
ESCRITORIOS	60,0000	0	1,0000	2,0000	0	0	-1,0000	600,0000	
	C(j)-Z(j)	0	0	-40,0000	0	0	-20,0000	52,000,0000	

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## Análisis

De acuerdo con la información, para que la empresa pueda sacar un Máximo de \$ 52000,00 se debe producir 200 camas y 600 escritorios, pero teniendo 2 holguras una de 200 y 100 respectivamente.

### 2.2.4. Redes de PERT

#### 2.2.4.1. Ejercicio 1

Para la producción de los productos de la “Carpintería Cristian” se realizan 5 actividades en común para cualquier producción, las cuales están divididas en:

- Prender la máquina
- Poner materiales
- Activar comandos
- Regular temperatura
- Limpiar máquinas

De esta forma usando el software WinSQB, se ha dispuesto establecer en base a las actividades y tiempos de ejecución de las mismas, ingresar estos datos al programa mencionado para realizar el grafo Pert que determinara los puntos críticos y huecos



en la cadena de producción para la actividad detallada; de esta forma se ingresara los datos como lo demuestra la siguiente ilustración:

**Ilustración 10. Ingreso de variables o actividades del problema**

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Ingresadas las actividades y el tipo de salida del documento, se procede a ingresar los datos de rangos de tiempos, estos estarán determinados en optimista, más probable y pesimista; además se determinara el inicio y final de cada una, y la precedencia y dependencia entre cada actividad; de esta forma los tiempos por actividad están descritos en la tabla a continuación:

**Tabla 34. Tabla con tiempos estimados y precedencia dependiente**

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Optimistic time (a)	Most likely time (m)	Pessimistic time (b)
1	Prender_Maquina		5	10	20
2	Poner_Materiales	1	10	20	25
3	Activar_Comandos	2	5	10	20
4	Regular_Temperatura	1,2	15	30	60
5	Limpiar_Maquina	3,4	1	1	1

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

La tabla demuestra que la actividad “1”, correspondiente a “Prender Máquina”, no tiene ninguna precedencia, es decir es el inicio de todas las actividades; lo cual determinara el inicio del nodo que iniciara el grafo, esta actividad tiene una duración de entre 5 y 20 días, lo cual interpretado en las columnas asigna el valor de cinco días como un tiempo optimo si la tarea finalizo en este lapso; el tiempo estimado o realista tendrá un límite de 10 días, lo que quiere decir que, si la actividad finaliza efectivamente entre los 6 y 10 días, estaría en el tiempo que se estima, sin afectar al

negocio de manera negativa; el tiempo pesimista estipulara un tiempo de entre 11 y 20 días, en los cuales ya se considera que el trabajo no cumple los tiempos aceptables para que la producción sea rentable.

La actividad “2”, que pertenece a la acción de “Poner Materiales”; está condicionada o precedida por la actividad “1”, es decir depende de la finalización del encendido de la máquina para poder poner los materiales; esta actividad, ha sido propuesta bajo los siguientes tiempos: 10 para óptimo, 20 para realista, y 25 para pésimo.

De la misma forma la actividad “3” perteneciente a “Regular Temperatura”, estará condicionada al cumplimiento de la actividades 2, y tendrá tiempos estimados de: 15 días para óptimo, 20 días para realista, y 25 para pésimo.

La actividad “4” perteneciente a “Activar Comandos”, estará condicionada al cumplimiento de las actividades 1 y 2, y tendrá tiempos estimados de: 15 días para óptimo, 30 días para realista, y 60 para pésimo

Finalmente la actividad “5” perteneciente a “Limpiar Madera”, dependerá de la finalización de las actividades 3 y 4, y tendrá un solo tiempo de 1 día el cual se ha registrado en las tres condiciones de tiempos estimados.

Los datos ingresados estarán determinados por su curso y su tiempo estimado; el análisis de actividad está descrito a continuación:

**Tabla 35. Análisis de actividades**

07-10-2020 21:47:06	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	Prender_Maquina	Yes	10.8333	0	10.8333	0	10.8333	0	3-Time estimate	2.5
2	Poner_Materiales	Yes	19.1667	10.8333	30	10.8333	30	0	3-Time estimate	2.5
3	Activar_Comandos	no	10.8333	30	40.8333	51.6667	62.5	21.6667	3-Time estimate	2.5
4	Regular_Temperatura	Yes	32.5	30	62.5	30	62.5	0	3-Time estimate	7.5
5	Limpiar_Maquina	Yes	1	62.5	63.5	62.5	63.5	0	3-Time estimate	0
	Project	Completion	Time	=	63.50	weeks				
	Number of	Critical	Path(s)	=	2					

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

La tabla presentada describe primeramente el resultado del “Tiempo Esperado”, el cual se obtuvo mediante la siguiente formula:

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Siendo:

$a = \textit{Tiempo optimista}$

$m = \textit{Tiempo realista}$

$b = \textit{Tiempo pesimista}$

El resultante de la ecuación estará demostrado en la celda "Activity Mean Time", que presenta WinSQB.

La segunda información extraída pertenece a la desviación de varianza estándar existente entre los tiempos de cada actividad mediante la siguiente formula:

$$v^2 = \frac{b-a}{6}$$

Siendo:

$a = \textit{Tiempo optimista}$

$b = \textit{Tiempo pesimista}$

El resultado de la formula está reflejado en la columna final de la tabla demostrada arriba.

A continuación se hará el cálculo de la frecuencia de las actividades y sus dependencias, que consiste en la suma del inicio de la última actividad más cercana más la carga horaria de la propia actividad. Este resultado está reflejado en la columna "Earliest Start", de la misma forma la finalización de la actividad permitirá indicar cuando empieza otra actividad, en función de los tiempos analizados se realiza el grafo donde se ubican los puntos críticos y la ubicación numérica de los datos que han sido analizados en la tabla; estos puntos críticos se definen luego de realizar la resolución de la siguiente fórmula:

$$L_j - (E_i + T_{ij}) = H_{ij}$$

Siendo:

$i = \textit{Número de actividad de inicio}$

$j = \textit{Número de actividad finalizada}$

$L = \textit{Tiempo más cercano de ...}$

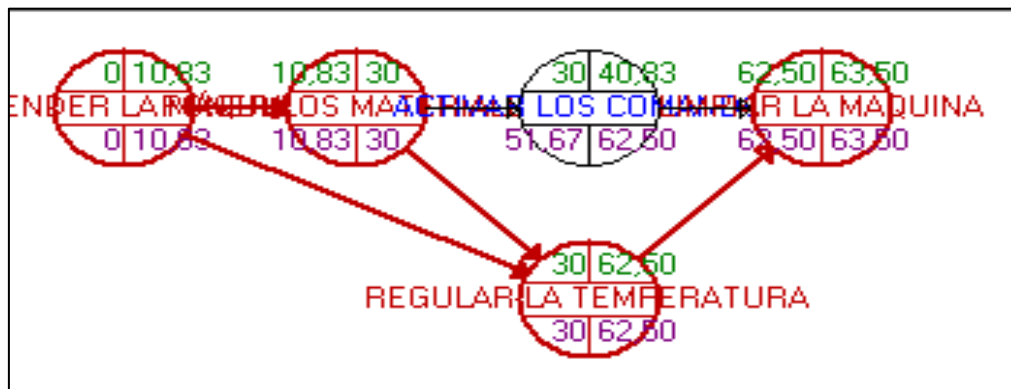
$E = \textit{Tiempo más lejano de ...}$

$t =$  Tiempo de ...

$H =$  Holgura de las actividades ...

El resultante determino las holguras que hayan resultado con valor cero, esta información se almaceno en la columna de WinSQB "Stack", donde se puede ver qué, resultado del análisis y resolución del ejercicio, los trazos críticos están determinados en las actividades: Prender máquina, Poner materiales, Regular temperatura y Limpiar máquina. Estos resultados finales están reflejados en el grafo que se presenta a continuación

Gráfico 4. Grafo de actividades PERT



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### Análisis

Se puede ver en función de los datos obtenidos que existen puntos críticos en casi todas las actividades, lo que demuestra que la producción debe llevar los tiempos promedio para todas las actividades, para evitar que la producción con retrasos genere pérdidas; la única actividad con una holgura de tiempo pertenece a activar los comandos, donde se puede realizar en el tiempo más lejano sin ningún problema.

#### 2.2.4.2. Ejercicio 2

Para la producción de los productos de la "Carpintería Cristian" se realizan 5 actividades en común para cualquier producción, las cuales están divididas en:

- Prender la máquina
- Poner materiales
- Leer el manual
- Conectar otras máquinas
- Checkear todo

- Limpiar máquinas

De esta forma usando el software WinSQB, se ha dispuesto establecer en base a las actividades y tiempos de ejecución de las mismas, ingresar estos datos al programa mencionado para realizar el grafo Pert que determinara los puntos críticos y huecos en la cadena de producción para la actividad detallada; de esta forma se ingresara los datos como lo demuestra la siguiente ilustración:

**Ilustración 11. Ingreso de variables o actividades del problema**

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Ingresadas las actividades y el tipo de salida del documento, se procede a ingresar los datos de rangos de tiempos, estos estarán determinados en optimista, más probable y pesimista; además se determinara el inicio y final de cada una, y la precedencia y dependencia entre cada actividad; de esta forma los tiempos por actividad están descritos en la tabla a continuación:

**Tabla 36. Tabla con tiempos estimados y precedencia dependiente**

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list number/name, separated by ',')	Optimistic time (a)	Most likely time (m)	Pessimistic time (b)
1	PRENDER		10	20	25
2	PONER LOS		3	5	10
3	LEER EL	1,2	10	15	20
4	CONECTAR	3	10	20	30
5	CHEKEAR	4	30	45	60
6	LIMPIAR	5	45	60	90

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

La tabla demuestra que la actividad “1”, correspondiente a “Prender Máquina”, no tiene ninguna precedencia, es decir es el inicio de todas las actividades; lo cual

determinara el inicio del nodo que iniciara el grafo, esta actividad tiene una duración de entre 5 y 20 días, lo cual interpretado en las columnas asigna el valor de cinco días como un tiempo optimo si la tarea finalizo en este lapso; el tiempo estimado o realista tendrá un límite de 10 días, lo que quiere decir que, si la actividad finaliza efectivamente entre los 6 y 10 días, estaría en el tiempo que se estima, sin afectar al negocio de manera negativa; el tiempo pesimista estipulara un tiempo de entre 11 y 20 días, en los cuales ya se considera que el trabajo no cumple los tiempos aceptables para que la producción sea rentable.

La actividad “2”, que pertenece a la acción de “Poner Materiales”; está condicionada o precedida por la actividad “1”, es decir depende de la finalización del encendido de la máquina para poder poner los materiales; esta actividad, ha sido propuesta bajo los siguientes tiempos: 10 para óptimo, 20 para realista, y 25 para pésimo.

De la misma forma la actividad “3” perteneciente a “Regular Temperatura”, estará condicionada al cumplimiento de la actividades 2, y tendrá tiempos estimados de: 15 días para óptimo, 20 días para realista, y 25 para pésimo.

La actividad “4” perteneciente a “Activar Comandos”, estará condicionada al cumplimiento de las actividades 1 y 2, y tendrá tiempos estimados de: 15 días para óptimo, 30 días para realista, y 60 para pésimo

Finalmente la actividad “5” perteneciente a “Limpiar Madera”, dependerá de la finalización de las actividades 3 y 4, y tendrá un solo tiempo de 1 día el cual se ha registrado en las tres condiciones de tiempos estimados.

Los datos ingresados estarán determinados por su curso y su tiempo estimado; el análisis de actividad está descrito a continuación:

**Tabla 37. Análisis de actividades**

02-06-2017 14:13:47	Activity Name	On Critical Path	Activity Mean Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack [LS-ES]	Activity Time Distribution	Standard Deviation
1	PRENDER LA MAQUINA	Yes	19,1667	0	19,1667	0	19,1667	0	3-Time estimate	2,5
2	PONER LOS MATERIALES	no	5,5	0	5,5	13,6667	19,1667	13,6667	3-Time estimate	1,1667
3	LEER EL MANUAL	Yes	15	19,1667	34,1667	19,1667	34,1667	0	3-Time estimate	1,6667
4	CONECTAR LAS OTRAS MAQUINA	Yes	20	34,1667	54,1667	34,1667	54,1667	0	3-Time estimate	3,3333
5	CHEKEAR TODO	Yes	45	54,1667	99,1667	54,1667	99,1667	0	3-Time estimate	5
6	LIMPIAR LAS MÁQUINAS	Yes	62,5	99,1667	161,6667	99,1667	161,6667	0	3-Time estimate	7,5
	Project	Completion	Time	=	161,67	weeks				
	Number of	Critical	Path(s)	=	1					

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

La tabla presentada describe primeramente el resultado del “Tiempo Esperado”, el cual se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

$$T_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

Siendo:

$a = \textit{Tiempo optimista}$

$m = \textit{Tiempo realista}$

$b = \textit{Tiempo pesimista}$

El resultante de la ecuación estará demostrado en la celda “Activity Mean Time”, que presenta WinSQB.

La segunda información extraída pertenece a la desviación de varianza estándar existente entre los tiempos de cada actividad mediante la siguiente fórmula:

$$v^2 = \frac{b-a}{6}$$

Siendo:

$a = \textit{Tiempo optimista}$

$b = \textit{Tiempo pesimista}$

El resultado de la fórmula está reflejado en la columna final de la tabla demostrada arriba.

A continuación se hará el cálculo de la frecuencia de las actividades y sus dependencias, que consiste en la suma del inicio de la última actividad más cercana más la carga horaria de la propia actividad. Este resultado está reflejado en la columna “Earliest Start”, de la misma forma la finalización de la actividad permitirá indicar cuando empieza otra actividad, en función de los tiempos analizados se realiza el grafo donde se ubican los puntos críticos y la ubicación numérica de los datos que han sido analizados en la tabla; estos puntos críticos se definen luego de realizar la resolución de la siguiente fórmula:

$$L_j - (E_i + T_{ij}) = H_{ij}$$

Siendo:

$i$  = Número de actividad de inicio

$j$  = Número de actividad finalizada

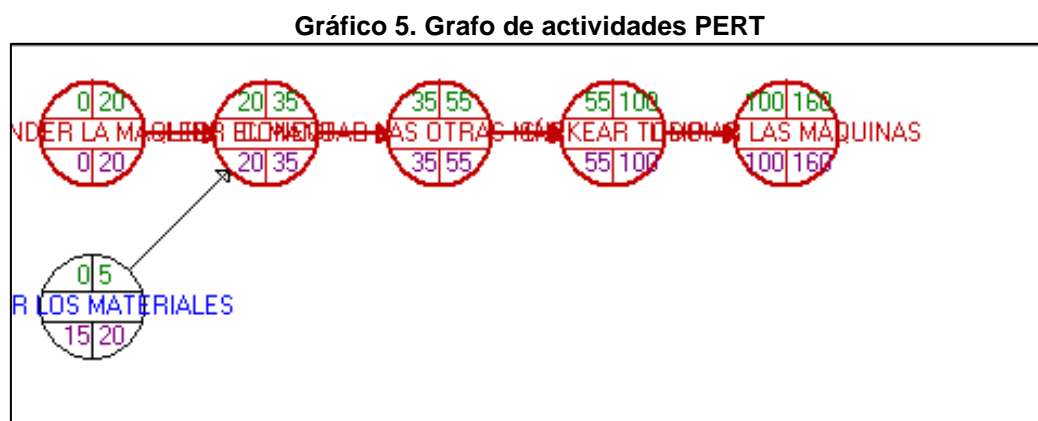
$L$  = Tiempo más cercano de ...

$E$  = Tiempo más lejano de ...

$t$  = Tiempo de ...

$H$  = Holgura de las actividades ...

El resultante determino las holguras que hayan resultado con valor cero, esta información se almaceno en la columna de WinSQB "Stack", donde se puede ver qué, resultado del análisis y resolución del ejercicio, los trazos críticos están determinados en las actividades: Prender máquina, Poner materiales, Regular temperatura y Limpiar máquina. Estos resultados finales están reflejados en el grafo que se presenta a continuación:



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

## Análisis

En este grafico se puede visualizar que si existe una ruta crítica, misma que se debe cumplir con toda la responsabilidad que esto conlleva ya que si una de esas actividades se llega a descuidar esto significaría mucho gasto para la empresa, es por esto que las personas encargadas de cada una de las actividades deben estar en capacidad de cubrir todas las expectativas del caso. El tiempo que se lleva en hacer es proyecto es de 161,67 minutos.



## 2.2.5. CPM

### 2.2.5.1. Ejercicio 1

Para realizar el ejercicio de CPM es necesario basarnos en las actividades que constan en la cadena de producción de la Carpintería Cristian, estos se detallan con los tiempos de trabajo aproximados en una semana de producción de camas y escritorios,

**Tabla 38.**

Actividad	Tiempo aproximado en horas por semana
Habilitado	20
Maquinado	5
Armado	15
Terminado	20
Empaquetado	45
Entrega	60

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Los procesos tendrán el orden que se demuestra en la siguiente tabla:

**Tabla 39.**

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list)	Normal Time
1	Habilitado		20
2	Maquinado		5
3	Armado	1,2	15
4	Terminado	3	20
5	Empaquetado	4	45
6	Entrega	5	60

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

El primer proceso no tiene precedente, lo mismo pasa con el segundo proceso, a partir del tercer proceso se puede ver que este depende de la culminación del 1 y 2, de la misma forma el cuarto proceso debe estar precedido por la culminación del 3, el quinto proceso debe estar precedido por el 4 y el sexto proceso esta precedido por el 5.

De esta forma y con los datos asignados se obtendrá:

- **Duración:** Indica el tiempo que demora en realizarse la actividad.
- **Tiempo de Inicio más próximo (IP):** Es el tiempo más cercano en que puede empezar una actividad, suponiendo que todas las actividades precedentes han

sido completadas. Cuando se trata de actividades que tienen más de un precedente, el IP es el mayor de los tiempos de terminación más próximos de sus precedentes.

- **Tiempo de terminación más próximo (TP):** Es el tiempo más cercano en que una actividad puede terminar. Es igual al tiempo de inicio más próximo más su duración estimada (t):

$$TP = IP + t$$

- **Tiempo de terminación más lejano (TL):** Es el tiempo más lejano en que una actividad puede terminar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. Se obtiene igualando el tiempo de inicio más lejano de la actividad que sigue inmediatamente. Si las actividades tienen más de una tarea que las siga de forma inmediata, el TL será el menor de los tiempos de inicio más lejanos de esas actividades.
- **Tiempo de inicio más lejano (IL):** Es el tiempo más lejano en que una actividad puede comenzar sin retrasar el tiempo de terminación de todo el proyecto. Es igual al tiempo de terminación más lejano menos la duración esperada de esa actividad (t):

$$IL = TL - t$$

- **Holgura (H):** Es el periodo que una actividad se puede demorar sin provocar retrasos en todo el proyecto. Las actividades contenidas en la ruta crítica tienen holgura cero. Se calcula matemáticamente así:

$$H = IL - IP = TL - TP$$

En este caso las tareas se desarrollaran en un tiempo conjunto de 60 horas hasta terminar la producción del lote, de esta forma  $TP = 60$  y se parte desde el inicio más próximo u optimo que en este caso es  $IP=0$  que es el inicio de la producción; de esta manera los valores ingresados en el software WinSQB determinara a través de la programación lineal la estimación de los tiempos que aplicando las formulas mencionadas dan:

Tabla 40.

09-22-2020 20:48:19	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	Habilitado	Yes	20	0	20	0	20	0
2	Maquinado	no	5	0	5	15	20	15
3	Armado	Yes	15	20	35	20	35	0
4	Terminado	Yes	20	35	55	35	55	0
5	Empaquetado	Yes	45	55	100	55	100	0
6	Entrega	Yes	60	100	160	100	160	0
	Project	Completion	Time	=	160	horas		
	Number of	Critical	Path(s)	=	1			

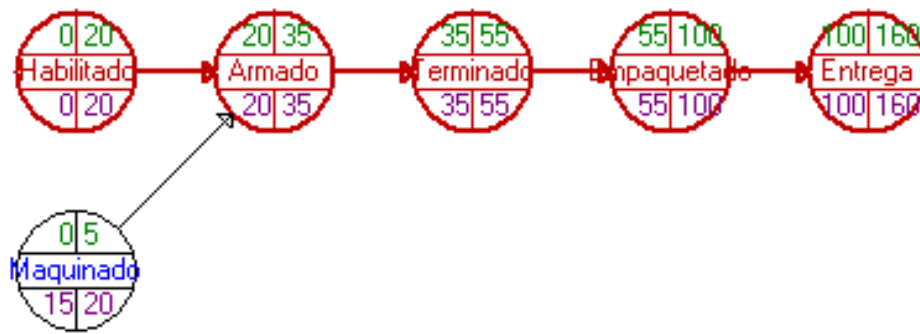
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador.

Para crear la ruta crítica se debe tomar en cuenta que los tiempos óptimos estarán determinados por un inicio temprano de la producción, es decir que para acabar el lote en 60 horas es necesario iniciar en el día 0 y con esto es posible tener una holgura de 100 horas siendo este el tiempo límite como tiempo más lejano  $TL= 160$ , lo que quisiera decir que el trabajo estaría entregado tarde, la tabla determinara en su última columna la holgura de cada actividad que en este caso es 0 para cinco de las seis actividades, solo el maquinado tendrá un valor de 15 horas de holgura en el proyecto cumpliendo los tiempos óptimos; en función del dato de la holgura este reporte también determina si los valores implican una ruta crítica que se demuestra a continuación:

09-22-2020	Critical Path 1
1	Habilitado
2	Armado
3	Terminado
4	Empaquetado
5	Entrega
Completion Time	160

Como se puede ver cinco de las seis actividades implican una ruta crítica, salvo el maquinado, por lo cual el diagrama de redes de las rutas quedaría de la siguiente manera:

Gráfico 6.



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### Análisis

En este gráfico se puede visualizar que si existe una ruta crítica en casi todas las actividades; lo cual pone a la carpintería Cristian en una situación delicada con respecto a su cadena de producción puesto que no existe holgura en las actividades sino simplemente en el maquinado, lo que obliga a las actividades a ser cumplidas con estricta disciplina los tiempos de producción para evitar retrasos y por consecuencia pérdidas en la producción, tomando en cuenta que es casi imposible retrasarse en cada actividad, y básicamente el juego de tiempo podría darse en la actividad del maquinado, que no está determinada en la ruta crítica del proyecto.

#### 2.2.5.2. Ejercicio 2

Para realizar el ejercicio de CPM es necesario basarnos en las actividades que constan en la cadena de producción de la Carpintería Cristian, estos se detallan con los tiempos de trabajo aproximados en una semana de producción de camas y escritorios,

Tabla 41.

Actividad	Tiempo aproximado en horas por semana
Prender maquinaria	4
Poner materiales	3
Activar comandos	5
Regular temperatura	2
Activar otras máquinas	4
Limpiar máquinas	4

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

Los procesos tendrán el orden que se demuestra en la siguiente tabla:

Tabla 42.

Activity Number	Activity Name	Immediate Predecessor (list	Normal Time
1	Prender la maquinaria		4
2	Poner los materiales	1	3
3	Activar los comando	1	5
4	Regular la temperatura	2,3	2
5	Activar las otras maquinas	3,4	4
6	Limpiar las maquinas	5	4

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

El primer proceso no tiene precedente, a partir de la segunda tarea se puede ver que tiene una precedencia con dependencia en la tarea número 1, del tercer proceso depende de la culminación de la 1 también, el cuarto proceso debe estar precedido por la culminación del 2 y 3, el quinto proceso debe estar precedido por el 3 y 4 y el sexto proceso esta precedido por el 5.

De esta forma y con los datos asignados y las nomenclaturas explicadas en el anterior problema que se desea obtener se obtendrá:

- **Duración**
- **Tiempo de Inicio más próximo (IP)**
- **Tiempo de terminación más próximo (TP):**  $TP = IP + t$
- **Tiempo de terminación más lejano (TL)**
- **Tiempo de inicio más lejano (IL):**  $IL = TL - t$
- **Holgura (H):**  $H = IL - IP = TL - TP$

En este caso las tareas que conllevan la actividad de maquinado se desarrollaran en un tiempo conjunto de 5 horas hasta terminar la producción del lote, de esta forma  $TP = 5$  y se parte desde el inicio más próximo u optimo que en este caso es  $IP=0$  que es el inicio de la producción; de esta manera los valores ingresados en el software WinSQB determinara a través de la programación lineal la estimación de los tiempos que aplicando las formulas mencionadas dan:

Tabla 43.

09-22-2020 00:57:56	Activity Name	On Critical Path	Activity Time	Earliest Start	Earliest Finish	Latest Start	Latest Finish	Slack (LS-ES)
1	Prender la maquinaria	Yes	4	0	4	0	4	0
2	Poner los materiales	no	3	4	7	6	9	2
3	Activar los comando	Yes	5	4	9	4	9	0
4	Regular la temperatura	Yes	2	9	11	9	11	0
5	Activar las otras maquinas	Yes	4	11	15	11	15	0
6	Limpiar las maquinas	Yes	4	15	19	15	19	0
	Project	Completion	Time	=	19	horas		
	Number of	Critical	Path(s)	=	2			

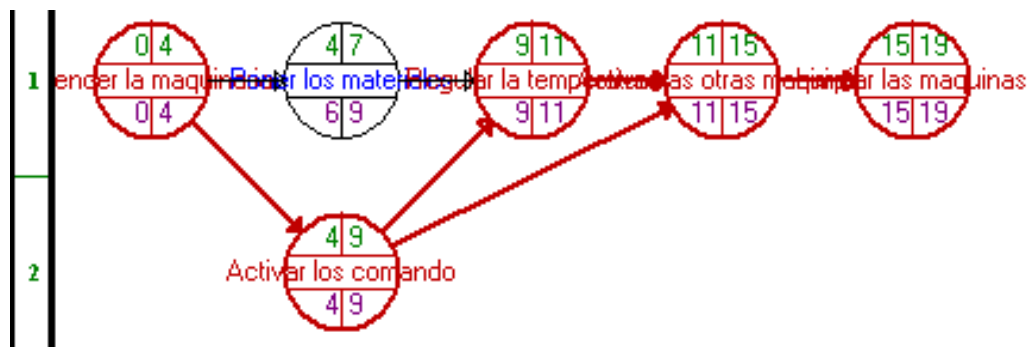
Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador.

Para crear la ruta crítica se debe tomar en cuenta que los tiempos óptimos estarán determinados por un inicio temprano de la producción, es decir que para acabar el lote en 19 horas es necesario iniciar en el día 0 siendo este el tiempo límite como tiempo más lejano  $TL=19$ , lo que quisiera decir que el trabajo estaría entregado tarde, la tabla determinara en su última columna la holgura de cada actividad que en este caso es 0 para cinco de las seis actividades, solo la tarea de poner materiales tiene una holgura de 2 en función del dato de la holgura este reporte también determina si los valores implican una ruta crítica que se demuestra a continuación:

09-22-2020	Critical Path 1	Critical Path 2
1	Prender la maquinaria	Prender la maquinaria
2	Activar los comando	Activar los comando
3	Regular la temperatura	Activar las otras maquinas
4	Activar las otras maquinas	Limpiar las maquinas
5	Limpiar las maquinas	
Completion Time	19	19

Como se puede ver cinco de las seis actividades implican una ruta crítica, salvo el poner materiales en la máquina por lo cual el diagrama de redes de las rutas quedaría de la siguiente manera:

Gráfico 7.



Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

### Análisis

En este grafico se puede visualizar la ruta crítica se da en la mayoría de actividades; excepto la actividad poner materiales; la cual tienen una holgura de dos horas, sin embargo se hace necesario intervenir las demás actividades para optimizar la producción y evitar pérdidas en el area, lo cual requiere de aumento de personal en el area o mejor control en la misma.

### 2.2.6. Transportes

La empresa "Carpintería Cristian" necesita saber cuál de los tres métodos de transportes es más conveniente aplicar para el traslado de sus muebles hacia sus clientes considerando los siguientes costos:

## 2.2.6.1. Costos

Tabla 44. Costos

<b>Transporte 30 Km</b>	<b>15,30</b>
<b>Gasolina</b>	4,00
<b>Alimentación</b>	3,00
<b>Otros</b>	2,70
<b>Total</b>	<b>25,00</b>

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

De acuerdo a esta tabla se aplicará los tres métodos estudiados de transporte para llegar a la toma de decisiones correspondientes.

## 2.2.6.2. Método noroeste

Tabla 45. Método noroeste

	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Oferta
Bodega 1	<b>10</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">25</span>	<b>5</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">35</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">36</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	<b>15</b>
Bodega 2	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">55</span>	<b>6</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">45</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">38</span>	<b>6</b>
Bodega 3	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">40</span>	<b>1</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">50</span>	<b>13</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">26</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">65</span>	<b>14</b>
Bodega 4	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">48</span>	<b>2</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">66</span>	<b>9</b> <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27</span>	<b>11</b>
<b>Demanda</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>46</b>

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

$$Z. \text{ M}{\acute{a}}nima = (10 \cdot 25) + (5 \cdot 35) + (6 \cdot 30) + (1 \cdot 50) + (13 \cdot 26) + (2 \cdot 66) + (9 \cdot 27)$$

$$Z. \text{ M}{\acute{a}}nima = 1368$$



## 2.2.6.3. Método costo mínimo

Tabla 46. Método costo mínimo

	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Oferta
Bodega 1	10 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">25</span>	5 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">35</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">36</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	<b>15</b>
Bodega 2	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">55</span>	6 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">45</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">38</span>	<b>6</b>
Bodega 3	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">40</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">50</span>	14 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">26</span>	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">65</span>	<b>14</b>
Bodega 4	<span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	1 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">48</span>	1 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">66</span>	9 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27</span>	<b>11</b>
Demanda	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>46</b>

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

$$Z. \text{ M}{\acute{a}}nima = (10 \cdot 25) + (5 \cdot 35) + (6 \cdot 30) + (1 \cdot 48) + (14 \cdot 26) + (1 \cdot 66) + (9 \cdot 27)$$

$$Z. \text{ M}{\acute{a}}nima = 1326$$

## 2.2.6.4. Método Vogel

Tabla 47. Método Vogel

	Cliente 1	Cliente 2	Cliente 3	Cliente 4	Oferta	Dif 1	Dif 2	Dif 3	Dif 4	Dif 5	Dif 6
Bodega 1	10 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">25</span>	4 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">35</span>	1 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">36</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	<b>15</b>	10	10	10	1	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">25</span>	-
Bodega 2	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">55</span>	6 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">30</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">45</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">38</span>	<b>6</b>	8	8	8	8	8	8
Bodega 3	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">40</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">50</span>	14 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">26</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">65</span>	<b>14</b>	14	14	14	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">24</span>	-	-
Bodega 4	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">60</span>	2 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">48</span>	- <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">66</span>	9 <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">27</span>	<b>11</b>	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">21</span>	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">18</span>	-	-	-	-
Demanda	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>9</b>	<b>46</b>						
Dif 1	15	5	10	11							
Dif 2	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">15</span>	5	10	-							
Dif 3	-	5	10	-							
Dif 4	-	5	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">9</span>	-							
Dif 5	-	5	-	-							
Dif 6	-	<span style="border: 1px solid orange; border-radius: 50%; padding: 2px;">20</span>	-	-							

Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador

$$Z. \text{ M}{\acute{a}}nima = (10 \cdot 25) + (4 \cdot 35) + (6 \cdot 30) + (2 \cdot 48) + (1 \cdot 36) + (14 \cdot 26) + (9 \cdot 27)$$

Z. Mínima = 1309

## Análisis

**Tabla 48. Métodos**

<b>NOROESTE</b>	<b>COSTO MÍNIMO</b>	<b>VOGEL</b>
\$1368,00	\$1326,00	\$1309,00

**Elaborado por: Byron Antonio Ramírez Salvador**

De acuerdo con la aplicación de los tres métodos de transportes y con sus respectivos resultados, la empresa a llegada a la toma de decisiones correspondiente y se ha dispuesto implementar el método de costo mínimo ya que en relación con el método noroeste la variación es de \$42,00 mismo que si representa para la empresa, por otra parte si se tomaría el método Vogel no sería adecuado porque es un costo muy bajo, que si se tuviera algún imprevisto no existiera la liquidez suficiente para sustentarlo. La empresa siempre busca un ahorro por más mínimo que sea entonces por esta razón los \$1326,00 es un valor que se considera que puede ser cubierto.

## CONCLUSIONES

- En la empresa “Carpintería Cristian” se determinó que la empresa no trabaja con un conocimiento adecuado en gerencia de operaciones, lo cual produce pérdidas en todo en los tiempos de entrega y en sus costos de producción.
- La aplicación de los métodos operativos propuestos han dado como resultado una mejora óptima en los costos de producción reduciéndolos mediante el estudio aplicado.
- Se ha logrado establecer un sistema de gerencia de operaciones adecuado para la empresa “Carpintería Cristian” que mejorara su productividad

## RECOMENDACIONES

- Hacer uso del software que se usó en esta propuesta para obtener respuestas ante situaciones de la búsqueda de la mejor ruta en los procesos de distribución en las demás áreas de la empresa y de manera recurrente
- Usar la metodología proyectada en el presente trabajo, ya que esta puede extenderse a cualquier situación donde se necesite tomar decisiones en torno a problemas de mejora de costos y tiempos. Puesto que el uso de la investigación de operaciones es una fuente de es una fuente confiable de solución a otros problemas de gestión dentro de cualquier organización

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrade Espinoza, S. (2006). *Diccionario de economía*. Lima, Perú: Andrade.
- Arias Espinoza, M. (2020). *Definición de proceso*. Recuperado el 19 de febrero de 2020, de <https://definicion.mx/proceso/>
- Arismendi, E. (21 de abril de 2013). *Tipos y diseño de la investigación*. Recuperado el 19 de febrero de 2020, de [http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion\\_21.html](http://planificaciondeproyectosemirarismendi.blogspot.com/2013/04/tipos-y-diseno-de-la-investigacion_21.html)
- Ávila, B. (05 de noviembre de 2018). *Introducción de la programación lineal*. Recuperado el 20 de enero de 2020, de <http://programacionlinea271.blogspot.com/2018/11/introduccion-sobre-programacion-lineal.html>
- Bello, A. (01 de abril de 2017). *Metodo pert cpm*. Recuperado el 14 de enero de 2020, de <https://www.slideshare.net/AndreaBello5/metodo-pert-cpm-74117737>
- Blogger. Método de Transporte. (16 de mayo de 2011). *Modélo de transportes*. Recuperado el 21 de enero de 2020, de <http://metododetransporte2011.blogspot.com/2011/05/ejemplo-una-empresa-de-componentes.html#comment-form>
- Bravo, L. D. (2013). *La entrevista, recurso flexible y dinámico*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-50572013000300009](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-50572013000300009)
- Carpintería Cristian. (2019). *Quienes somos*. Recuperado el 15 de noviembre de 2019, de Fabricamos todo tipo de muebles de Madera y MDF para el confort de su hogar: Muebles de Sala, Muebles de Comedor, Muebles de Dormitorio,
- Centro de Informacion e Inteligencia Comercial. (Octubre de 2009). *Perfil de muebles*. Recuperado el 01 de febrero de 2020, de

<https://www.yumpu.com/es/document/read/34122072/perfil-de-muebles-perfil-de-muebles-pontificia-universidad-catalica-/32>

Confederación Española de Empresarios de la Madera, Confemadera. (22 de octubre de 2009). *Soluciones medioambientales en carpintería y mueble*. Recuperado el 30 de enero de 2020, de <https://www.interempresas.net/Madera/Articulos/34939-Soluciones-medioambientales-en-carpinteria-y-mueble.html>

Cubías Cruz, F. A. (febrero de 2016). *Enfoque cualitativo y cuantitativo, según Hernández Sampieri*. Recuperado el 10 de marzo de 2020, de <https://portaprodti.wordpress.com/enfoque-cualitativo-y-cuantitativo-segun-hernandez-sampieri/>

Delgadillo Avila, R. S. (2007). *Un estudio algorítmico del problema de corte y empaquetado 2D*. Recuperado el 10 de enero de 2020, de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1518/Delgadillo\\_ar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/1518/Delgadillo_ar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ecuador, Alcaldía del Distrito Metropolitano de Quito. (agosto de 2008). *Guía de prácticas ambientales: carpinterías, tapicerías y reparación de muebles*. Recuperado el 06 de febrero de 2020, de <http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/index.php/biblioteca-digital/category/17-guia-de-tramites?download=371:carpinteria>

Ecuador, Asamblea Nacional. (2010). *Código orgánico de la producción, comercio e inversiones*. Quito, Ecuador: Suplemento al Registro Oficial N° 351 del Miércoles 29 de Diciembre del 2010. Recuperado el 10 de febrero de 2020

Ecuador, Corporación Financiera Nacional. (marzo de 2018). *Ficha sectorial: fabricación de muebles de madera y sus partes*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/2018/04/Ficha-Sectorial-Muebles-de-madera.pdf>

Ecuador, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (noviembre de 2019). *Directorio de empresas y establecimientos 2018*. Recuperado el 15 de enero de 2020, de

[https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio\\_Empresas\\_2018/Principales\\_Resultados\\_DIEE\\_2018.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_Economicas/DirectorioEmpresas/Directorio_Empresas_2018/Principales_Resultados_DIEE_2018.pdf)

Ecuador, Secretaria Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan nacional de desarrollo 2017-2021, Toda una vida*. Recuperado el 25 de enero de 2020, de [http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](http://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)

Enciclopedia de Economía. (2009). *Optimización*. Recuperado el 16 de febrero de 2020, de <http://www.economia48.com/spa/d/optimizacion/optimizacion.htm>

Escuela Europea de Excelencia. (02 de abril de 2018). *¿Qué es y para qué sirve la norma ISO 14001?* Recuperado el 18 de febrero de 2020, de <https://www.nueva-iso-14001.com/2018/04/norma-iso-14001-que-es/>

Fonseca Pérez, M., Espinoza Mercado, I., & Zabála Méndez, M. (2010). *Propuesta de un plan de mejora en los procesos de producción de muebles en el Taller Espinoza*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <http://ribuni.uni.edu.ni/1061/1/25946.pdf>

García del Junco, J., Casanueva Rocha, C., Ganaza Vargas, J. D., & Alonso Rodríguez, M. A. (2000). *Prácticas de la gestión empresarial*. Madrid, España: McGraw-Hill Interamericana de España.

González González, R., & Bernal, J. J. (2012). *Check list / Listas de chequeo: ¿Qué es un checklist y cómo usarlo?* Recuperado el 20 de marzo de 2020, de <https://www.pdcahome.com/check-list/>

Guamán Lema, N. D., & Jumbo Barre, A. M. (2013). *Estudio de mercado para determinar la demanda y oferta de maderas comerciales en la parroquia*. Recuperado el 10 de enero de 2020, de [https://issuu.com/pucesd/docs/disertaci\\_\\_n\\_estudio\\_de\\_mercado\\_dav](https://issuu.com/pucesd/docs/disertaci__n_estudio_de_mercado_dav)

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill.

Hernández, J., & Gallardo, R. (2012). *Administración estratégica*. México: Alfaomega.

Llangarí, V. (2014). *Introducción a la investigación operativa*. Recuperado el 03 de febrero de 2020, de <https://es.calameo.com/read/003183833cd417e517ad9>

Márquez, G. (07 de febrero de 2018). *Metodología de la investigación cuantitativa*. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de <http://papagayodecolores.blogspot.com/2018/02/metodos-de-investigacion-cuantitativa.html>

Martínez Obando, C. J. (30 de octubre de 2014). *Método simplex*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de [https://www.academia.edu/40451940/M%C3%89TODO\\_SIMPLEX?auto=download](https://www.academia.edu/40451940/M%C3%89TODO_SIMPLEX?auto=download)

Masabanda, O. (10 de enero de 2020). Entrevista a dueño de la Carpintería Cristian. (B. Ramírez, Entrevistador)

May Zapata, C., & Canul, M. D. (29 de Octubre de 2013). *Programación lineal en la investigación de operaciones*. Recuperado el 03 de febrero de 2020, de <http://www.gestiopolis.com/programacion-lineal-en-la-investigacion-de-operaciones/>

Montenegro Pérez, J. G. (2017). *Estandarización de operaciones y distribución de planta en las líneas de producción de la panificadora Arenas*. Recuperado el 20 de enero de 2020, de [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14501/1/67841\\_1.2016.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/14501/1/67841_1.2016.pdf)

Moreno, Y. (03 de noviembre de 2014). *Método gráfico*. Recuperado el 14 de enero de 2020, de <https://invdoperaciones.wordpress.com/metodo-grafico/>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2004). *Estudio de tendencias y perspectivas del sector forestal en América Latina. Informe Nacional Ecuador*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <http://www.fao.org/3/j4524s/j4524s07.htm>



- Organización Internacional de Normalización. (2005). *ISO 9000:2005(es) Sistemas de gestión de la calidad — Fundamentos y vocabulario*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <https://www.iso.org/obp/ui/es/#iso:std:iso:9000:ed-3:v1:es>
- Orozco, Y., & Rodríguez, D. (2017). *Teoría de la dualidad*. Recuperado el 16 de enero de 2020, de <https://es.calameo.com/read/0053264216afce840d23a>
- Pérez, A. (31 de enero de 2014). *Teoría de la investigación de operaciones*. Recuperado el 20 de enero de 2020, de <http://teoriadelainvestigaciondeop.blogspot.com/2014/01/investigacion-de-operaciones.html>
- Perez, J. (01 de Abril de 2015). *Definición de Programación Lineal*. Obtenido de <http://definicion.de/programacion-lineal/>
- PHPSimplex. (02 de noviembre de 2014). *Teoría del método Simplex*. Recuperado el 20 de febrero de 2020, de [http://www.phpsimplex.com/teoria\\_metodo\\_simplex.htm](http://www.phpsimplex.com/teoria_metodo_simplex.htm)
- Picher Chuquival, F., Quijana Najarro, A., Rivera Rojas, L. G., Romero Vega, G. A., Salinas Ramirez, J., Schady Knossolla, G. M., . . . Trujillo Nuñez, B. D. (2020). *Programación lineal*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <https://sites.google.com/site/matematicausilgrupo5/3---temas-a-desarrollar/3-2---programacion-lineal>
- Riveros Vásquez, D. A. (2015). *Aplicación de la investigación de operaciones al problema de la distribución a una empresa de logística*. Recuperado el 10 de enero de 2020, de <https://core.ac.uk/download/pdf/299328251.pdf>
- Rosales, M. (2020). *Áreas de aplicabilidad del método PERT - CPM*. Recuperado el 23 de enero de 2020, de <http://www.zonaeconomica.com/metodo-pert-cpm/areas>
- Rubiños. (12 de febrero de 2015). *Sistema de ecuaciones 2x2 solución por el método gráfico*. Recuperado el 20 de enero de 2020, de <https://www.youtube.com/watch?v=ZGMpOXMCJIA>

Salazar López, B. (10 de junio de 2019). *Método gráfico*. Recuperado el 20 de enero de 2020, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/investigaci%C3%B3n-de-operaciones/m%C3%A9todo-gr%C3%A1fico/>

Salazar López, B. (11 de junio de 2019). *Método simplex*. Recuperado el 14 de enero de 2020, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/investigacion-de-operaciones/metodo-simplex/>

Solís Herrera, C. (07 de noviembre de 2015). *Modelo de transporte*. Recuperado el 10 de febrero de 2020, de <https://es.slideshare.net/carlosalbertosolisherrera/modelo-de-transporte-54850629>

Superprof. (2020). *Que significa la programación lineal en matemáticas*. Recuperado el 14 de febrero de 2020, de <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/algebralineal/programacion-lineal.html>

Trejo Medina, D. (2017). *Introducción a la ingeniería de software, planeación y gestión de proyectos informáticos*. Recuperado el 18 de enero de 2020, de <https://books.google.com.ec/books?id=u8pFDwAAQBAJ&pg=PA59&lpg=PA59&dq=Por+simplicidad+y+para+facilitar+la+representaci%C3%B3n+de+cada+actividad,+frecuentemente+se+utiliza+la+siguiente+notaci%C3%B3n&source=bl&ots=j8EfHvilLH&sig=ACfU3U1fJNzO9BZ8JieiGJR5rZVd>

Villagómez, C. (07 de marzo de 2017). *Método PERT*. Recuperado el 16 de febrero de 2020, de <https://es.ccm.net/contents/582-metodo-pert>

ZweigMedia. (2020). *Método Simplex*. Recuperado el 25 de enero de 2020, de [http://www.investigaciondeoperaciones.net/metodo\\_simplex.html](http://www.investigaciondeoperaciones.net/metodo_simplex.html)

## ANEXOS

Anexo 1.



Anexo 2.



Anexo 3.



**Anexo 4.**