

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA  
Y URBANISMO.**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TESIS**

**APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL  
ÁREA DE EXTRUSIÓN PARA OPTIMIZAR LA  
PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PROCOMSAC.  
CHICLAYO - 2019**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Autores**

**Bach. Mongrut Cuba, Erick Enrique  
(ORCID: 0002-2814-3324)**

**Bach. Tigre Acosta, Edwin Alexander  
(ORCID: 0001-6273-9503)**

**Asesor**

**Mg. Armas Zavaleta, José Manuel  
(ORCID: 0001-8634-5162)**

**Línea de Investigación**

**Infraestructura, Tecnología y Medio Ambiente.  
Pimentel – Perú  
2021**

**APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL ÁREA DE  
EXTRUSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCION EN LA EMPRESA  
PROCOM SAC. CHICLAYO - 2019**

**Aprobación del proyecto**

---

Mg. Armas Zavaleta, José Manuel  
**Asesor especialista**

---

Mg. Carrascal Sánchez, Jenner  
**Presidente del jurado de tesis**

---

Mg. Larrea Colchado, Luis Roberto  
**Secretario del jurado de tesis**

---

Mg. Armas Zavaleta, José Manuel  
**Vocal del jurado de tesis**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a mi Bisabuela Sebastiana, quien hace meses partió de esta vida y está en el cielo.

A mis padres quienes me apoyaron todo el tiempo.

A mis maestros quienes nunca desistieron al enseñarme, aun sin importar que muchas veces no ponía atención en clase, a ellos que continuaron depositando su esperanza en mí.

**Mongrut Cuba, Erick Enrique.**

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más, a mi madre por ser la persona que me ha acompañado durante todo mi trayecto estudiantil y de vida. A mi padre quien con sus consejos ha sabido guiarme para culminar mi carrera profesional.

**Tigre Acosta, Edwin Alexander.**

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento muy especial a nuestros padres. A nuestros docentes en el transcurso de la carrera, por su dedicación, paciencia y compromiso en brindarnos su orientación fundamental para la culminación del presente. A la Universidad Señor de Sipán, casa de estudios superiores que nos brindó la oportunidad de seguir una vocación forjada en las aulas.

**Mongrut Cuba, Erick Enrique  
Tigre Acosta, Edwin Alexander**

# PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA PROCOMSAC CHICLAYO 2019

## LINEAR PROGRAMMING IN THE EXTRUSION AREA TO OPTIMIZE THE PRODUCTION OF THE PROCOMSAC COMPANY CHICLAYO 2019

Tigre Acosta Edwin Alexander <sup>1</sup>

Mongrut Cuba Erick Enrique <sup>2</sup>

### **Resumen**

*La presente investigación tuvo como objetivo la aplicación de la programación lineal en el área de extrusión para optimizar la producción de la empresa PROCOMSAC. Chiclayo, para optimizar la producción, 2019, de la misma manera se justifica porque para el estudio se empleó definiciones de autores confiables y se determinó una manera de solución para las deficiencias en la asignación de tareas. Para analizar la situación se aplicó una metodología de tipo descriptiva propositiva, con un diseño no experimental bajo un enfoque cuantitativo y cuya población estuvo conformada el área de producción siendo la muestra el área de extrusión de la empresa, puesto que tienen relación directa con el problema identificado. Se evaluó la producción actual de la empresa, con el fin de analizar los productos y una vez recabada toda la información, se realizó el análisis y procesamiento de resultados. La investigación nos permitió establecer la relación de nuestras variables: Programación Lineal y Producción, lo cual nos llevó a plantearnos el siguiente problema: ¿En qué medida la aplicación de una programación lineal optimizara la producción en el área de extrusión de la empresa PROCOMSAC? Finalmente, nuestra investigación concluye que con la propuesta la utilidad no percibida se redujo en S/ 136,809.57 siendo el %16.33 la utilidad desaprovechada, mediante el análisis del costo beneficio de la propuesta se concluye que con una inversión de S/4,510 soles se obtuvo un beneficio-coste de 2.31 indicándonos que obtendremos S/ 1.31 por cada S/ 1 invertido.*

**Palabras clave:** Programación Lineal, Producción, Extrusión

---

<sup>1</sup> Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [tacosta@crece.uss.edu.pe](mailto:tacosta@crece.uss.edu.pe), código ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6273-9503>.

<sup>2</sup> Adscrito a la Escuela Académica de Ingeniería Industrial Pregrado, Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú, email: [mcubaeric@crece.uss.edu.pe](mailto:mcubaeric@crece.uss.edu.pe), código ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2814-3324>.

## **Abstract**

*The objective of this research was the application of linear programming in the extrusión área to optimize the production of the PROCOMSAC company. Chicalyo, to optimize production, 2019, in the same way it is justified because the study used definitios of reliable authors and a way of solving the deficiencies in the assignment of tasks was determined. To analyze the situation, a propositional descriptive methodology was applied, with a non-experimental design under a quantitative approach and whose population was made up of the production área, the sample being the extrusión área of the company, since they are directly related to the problema identified. The current production of the company was evaluated, in order to analyze the products and once all the information had been collected, the análisis and processing of results was carried out. The research allowed us to establish the relationship of our variables: Linear programming and production, which led us to ask ourselves the following problem: ¿To what extent would the application of a linear programming optimize production in the extrusion área of PROCOMSAC? Finally, our research concludes that with the proposal the unperceived profit was reduced by s/ 136, 809. 57, with 16.33 % being the wasted profit, through the analysis of the cost Benefit of the proposal it is concluded that with an investment of s/ 4, 510 soles a Benefit-cost of 2.31 indicating that we will obtain s/ 1.31 for each s/ 1 invested.*

*Keywords: Linear Programming, Production, Extrusion.*

## INDICE

DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
<i>Resumen</i> .....	v
<i>Abstract</i> .....	vi
I. INTRODUCCIÓN. ....	13
1.1. Realidad problemática. ....	13
1.2. Trabajos previos.....	17
1.3. Teorías relacionadas al tema.....	23
1.4. Formulación del Problema.....	30
1.5. Justificación. ....	30
1.6. Hipótesis. ....	31
1.7. Objetivos. ....	31
II. MATERIAL Y MÉTODOS .....	33
2.1. Tipo y diseño de Investigación .....	33
2.2. Población y muestra.....	34
2.3. Variables y operacionalización.....	36
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de la información .....	37
2.5. Procedimientos de análisis de datos.....	37
2.6. Aspectos Éticos.....	38
2.7. Criterios de Rigor Científico.....	39
III. RESULTADOS .....	41
3.1. Diagnóstico de la empresa .....	41
3.2. Propuesta de mejora.....	65
3.3. Discusión de resultados.....	79
IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	82
V. REFERENCIAS .....	84
VI. ANEXOS.....	91
ANEXO N° 01: PERMISO PARA RECOJO DE INFORMACIÓN .....	91
ANEXO N° 02: GUÍA DE ENTREVISTA.....	92
ANEXO N° 03: RESPUESTAS DE LA ENTREVISTA .....	94
ANEXO N° 04: TABLAS DE PRODUCCIÓN ENERO - OCTUBRE 2019.....	98

ANEXO N° 05: TABLAS DE UTILIDAD MENSUAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN .....	108
ANEXO N° 06: COTIZACIÓN DE LA PROPUESTA .....	109

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Proyecciones de crecimiento de la economía mundial. ....	14
<b>Figura 2.</b> Reporte Comercial de Arroz 2018 .....	15
<b>Figura 3.</b> Reporte mensual de comercio del 2018 .....	16
<b>Figura 4.</b> Representación gráfica del modelo lineal .....	34
<b>Figura 5.</b> Ubicación de PROCOMSAC .....	41
<b>Figura 6.</b> Organigrama.....	43
<b>Figura 7.</b> Sacos tejidos.....	44
<b>Figura 8.</b> Sacos Leno .....	44
<b>Figura 9.</b> Sacos Big Bag .....	45
<b>Figura 10.</b> Sacos valvulados .....	45
<b>Figura 11.</b> Hilo multifilamento.....	46
<b>Figura 12.</b> Telas arpilleras .....	46
<b>Figura 13.</b> Malla raschel .....	47
<b>Figura 14.</b> Driza.....	47
<i>Figura 15.</i> Extrusión de hilos.....	49
<b>Figura 16.</b> Proceso de telar .....	49
<b>Figura 17.</b> Proceso de laminación .....	50
<b>Figura 18.</b> Impresión .....	50
<b>Figura 19.</b> Conversión .....	51
<b>Figura 20.</b> Enfardelado .....	51
<i>Figura 21.</i> Diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa. ....	52
<b>Figura 22.</b> Diagrama de Ishikawa - Optimizar el área de producción.....	59
<b>Figura 23.</b> Demanda insatisfecha .....	63
<b>Figura 24.</b> Utilidad no percibida.....	64
<b>Figura 25.</b> Datos introducidos en el software TORA .....	67
<b>Figura 26.</b> Utilidad maximizada .....	68
<b>Figura 27.</b> Variación de la producción .....	69
<b>Figura 28.</b> Análisis de sensibilidad en la utilidad.....	70
<b>Figura 29.</b> Análisis de sensibilidad en la producción.....	71
<b>Figura 30.</b> Demanda insatisfecha .....	74

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Operacionalización de Variables .....	36
<b>Tabla 2</b> Operarios en el área de extrusión de la fábrica.....	42
<b>Tabla 3.</b> Demanda no atendida de enero a octubre del 2019.....	53
<b>Tabla 4</b> Utilidad no percibida en enero a octubre del 2019.....	54
<b>Tabla 5.</b> Utilidad de la demanda no atendida de enero a octubre del 2019 .....	54
<b>Tabla 6</b> Hilos fabricados en el área de extrusión.....	55
<b>Tabla 7</b> Utilidad de cada producto.....	56
<b>Tabla 8</b> Número de maquinas .....	56
<b>Tabla 9</b> Demanda mínima de cada tipo de hilo .....	57
<b>Tabla 10</b> Producción en referencia a las líneas de extrusión .....	57
<b>Tabla 11</b> Ponderación de softwares .....	61
<b>Tabla 12</b> Producción del área de extrusión enero-octubre.....	61
<b>Tabla 13</b> Ingreso recibido por cada tipo de hilo .....	62
<b>Tabla 14</b> Demanda no atendida .....	62
<b>Tabla 15</b> Utilidad no aprovechada.....	63
<b>Tabla 16</b> Resumen de valores para la programación lineal en el software TORA.....	65
<b>Tabla 17</b> Variable dependiente con la propuesta.....	72
<b>Tabla 18</b> Mejora en la utilidad con la propuesta.....	72
<b>Tabla 19</b> Ingreso recibido por cada tipo de hilo .....	73
<b>Tabla 20</b> Demanda no atendida con la propuesta de mejora .....	73
<b>Tabla 21</b> Utilidad no percibida después de la mejora.....	74
<b>Tabla 22</b> Cronograma de capacitación .....	75
<b>Tabla 23</b> Inversión de la propuesta.....	76
<b>Tabla 24</b> Calculo del beneficio mensual de la propuesta .....	77
<b>Tabla 25</b> Flujo de caja de la propuesta .....	78
<b>Tabla 26</b> Beneficio de la propuesta .....	78
<b>Tabla 27</b> Indicador VAN y TIR.....	79
<b>Tabla 28</b> Producción de cintas enero 2019 .....	98
<b>Tabla 29</b> Producción de cintas febrero 2019 .....	99
<b>Tabla 30</b> Producción de cintas marzo 2019.....	100
<b>Tabla 31</b> Producción de cintas abril 2019.....	101
<b>Tabla 32</b> Producción de mayo 2019 .....	102

<b>Tabla 33</b> Producción de junio 2019 .....	103
<b>Tabla 34</b> Producción de julio 2019 .....	104
<b>Tabla 35</b> Producción de cintas Agosto 2019 .....	105
<b>Tabla 36</b> Producción de cintas setiembre 2019 .....	106
<b>Tabla 37</b> Producción de cintas octubre 2019 .....	107
<b>Tabla 38</b> Utilidad mensual del área de extrusión.....	108
<b>Tabla 39</b> Utilidad mensual con la propuesta en el área de extrusión.....	108

**CAPITULO I:**  
**INTRODUCCIÓN**

## I.INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Realidad problemática.

#### Nivel Internacional.

En los últimos años la planificación industrial viene siendo un proceso sistemático e integral, es decir, coexisten diversos subsistemas de gestión en el aprovechamiento de los recursos, con la intención de incrementar los niveles de producción mejorando así la utilidad, con un adecuado manejo de la materia prima, en el factor humano y una distribución eficiente del presupuesto, en pocas palabras la optimización de la producción y las estrategias son determinantes para alcanzar objetivos trazados dentro de la organización (Hernández et al., 2017).

Los factores que influyen en la baja producción son la poca coordinación con proveedores respecto a la materia prima, deficiente planificación en la utilización de materiales, ausencia de indicadores, retraso en innovaciones tecnológicas de las maquinarias y también un parvo compromiso de los trabajadores, lo que conlleva a tener poca eficiencia y un nulo nivel de conexión en diferentes áreas, lo cual imposibilita llegar a la capacidad teórica de producción (Herrera & Marrugo,2017).

La optimización en los procesos industriales resulta un problema latente, por lo que el objetivo debe ser minimizar los costos totales en la fabricación y una mejora en la calidad de producción, de manera que se genere mayores utilidades para la organización, ante esa paradigma es importante el apoyo en software como una herramienta para la toma de decisiones en la empresa, por esta razón, las instalaciones ni diferentes actividades que realicen en la compañía sean un impedimento (Jablonsky & Skocdopolova, 2017).

En la industria moderna el uso de la programación lineal como herramienta para determinar las variables de entrada en el proceso de fabricaciones es trascendental para orientar la elaboración a productos más rentables y determinar así los escenarios de mayor utilidad, es decir, esto permite a los directivos de una organización generar recomendaciones acerca de la fabricación de productos, para optimizar la producción dejando de fabricar los que menos ingresos genere a la empresa (Aparicio, Borjas, Grosskewing & Garcia, 2016).

Actualmente la economía sale de los estragos que dejó la paralización de las industrias, sin embargo, las perspectivas de crecimiento en América Latina no son nada alentadoras, ya que la presión de China en el avance tecnológico generó un fuerte impacto sobre ellas, ante este panorama se muestra una clara necesidad por mejorar el proceso productivo en todas las fábricas que conlleve tecnología, así optimizando la producción permitirá una mayor utilidad para reinvertir en el crecimiento (FMI, 2020).

### Perspectivas del crecimiento de la economía mundial.

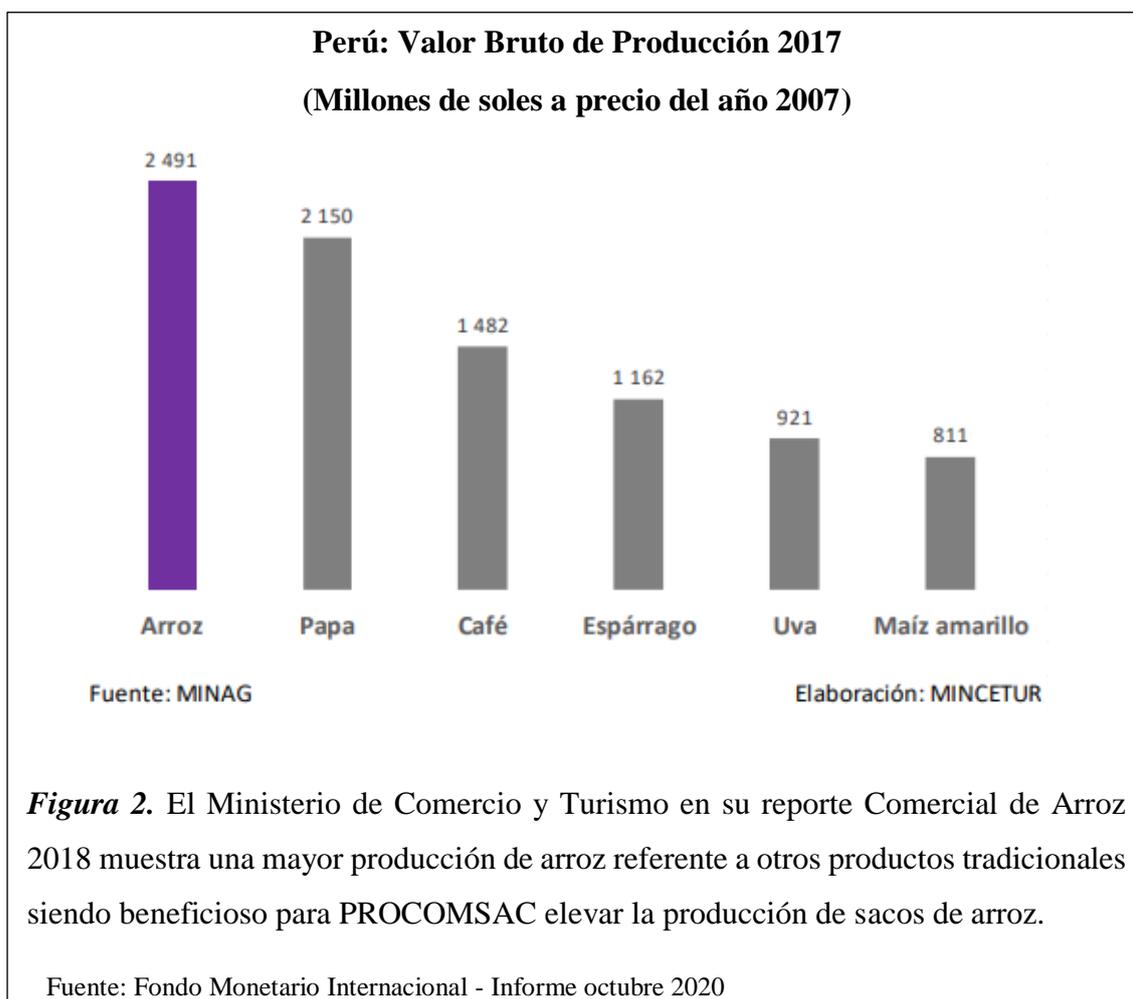
(PIB real, variación porcentual anual)	PROYECCIONES		
	2019	2020	2021
<b>Producto mundial</b>	2,8	-4,4	5,2
<b>Economías de mercados emergentes y en desarrollo</b>	3,7	-3,3	6,0
<b>Economías emergentes y en desarrollo de Asia</b>	5,5	-1,7	8,0
China	6,1	1,9	8,2
India	4,2	-10,3	8,8
ASEAN-5	4,9	-3,4	6,2
<b>Economías emergentes y en desarrollo de Europa</b>	2,1	-4,6	3,9
Rusia	1,3	-4,1	2,8
<b>América Latina y el Caribe</b>	0,0	-8,1	3,6
Brasil	1,1	-5,8	2,8
México	-0,3	-9,0	3,5
<b>Oriente Medio y Asia Central</b>	1,4	-4,1	3,0
Arabia Saudita	0,3	-5,4	3,1
<b>África subsahariana</b>	3,2	-3,0	3,1
Nigeria	2,2	-4,3	1,7
Sudáfrica	0,2	-8,0	3,0
<b>Países en desarrollo de bajo ingreso</b>	5,3	-1,2	4,9

*Figura 1.* Las proyecciones del Fondo Monetario Internacional en su informe de octubre de 2020, muestran no son nada alentadoras para América, por el acelerado crecimiento de China.

Fuente: Fondo Monetario Internacional - Informe octubre 2020

### Nivel Nacional.

En el reporte Comercial de Productos Arroz, se analiza un óptimo crecimiento del sector agroindustrial aumentando la producción de arroz en base a otros productos tradicionales, en tal aspecto la empresa PROCOMSAC debe aumentar la producción de sacos tejidos para satisfacer la demanda nacional (MINCETUR, 2018).



De igual manera en el reporte mensual de comercio, se observa un positivo panorama del crecimiento en las exportaciones de harina de pescado, por ese motivo PROCOSAC tiene un claro desafío de cubrir la demanda en la producción de sacos big bag y sacos tejidos / laminados para el envasado de harina de pescado y poder cubrir en gran medida la futura demanda (MINCETUR, 2018).



A nivel nacional, en la evolución de maquinarias, se han evidenciado deficiencias en los procesos de extrusión, notándose la ralentización en esta fase del proceso provocando cuellos de botellas, es decir, resulta necesario que se incorpore un diseño de maquinarias y si en caso no existiese alguna, será necesario elaborar una programación que contribuya a realizar el proceso de producción más eficiente (Cora & De la Cruz, 2019).

PROCOMSAC en el desarrollo tecnológico adquirió maquinarias de tecnología moderna, para ser competitivos en el área de fabricación y comercialización de sacos de polipropileno, con la finalidad de cubrir los requerimientos de la cartera de clientes creando así nueve tipos de productos para el área agroindustrial, textil y pesquero, es necesario destacar que las innovaciones tecnológicas deben ir acompañadas de capacitaciones en diferentes aspectos para una óptima producción de la maquinaria (Hernán, 2016).

## **Nivel Local.**

La fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro S.A.C., ubicada en Mz. G Lote 2 parque industrial Pimentel en la provincia de Lambayeque, especializada en la producción y distribución de sacos de polipropileno para diferentes sectores a nivel nacional, formado por capital peruano se, fundo en junio de 1999. Actualmente existe un problema de una demanda no atendida en la empresa, por el crecimiento de ventas en el periodo 2019, originado por el cuello de botella, es decir, por el área de extrusión que imposibilita cumplir con el total de pedidos. Las líneas de extrusión realizan la mezcla de polipropileno, carbonato de calcio, masterbash y sobre todo pellet, para obtener de 7 tipos de cintas diferentes que se utilizarán durante la producción de los diferentes productos que ofrece la empresa PROCOMSAC. Al iniciar el estudio se encuentra que la capacidad real de producción es de 2,600,282.00 Kg con una utilidad de S/ 820,576.40, siendo el 18.73% la utilidad no percibida durante los 10 meses que se evaluó el proyecto. Los principales problemas en el área de extrusión es la deficiencia en la planificación de la producción, por tal motivo la investigación se enfoca en optimizar la producción para reducir la utilidad no percibida en el área de extrusión.

## **1.2. Trabajos previos.**

### **Internacional.**

Aldás, Reyes, Morales & Sánchez, (2017), en su investigación titulada “Optimización de costos de inventarios con algoritmo de programación lineal aplicada a la industria de producción” cuyo objetivo fue diseñar un algoritmo matemático de programación lineal en el cual sea posible intervenir las condiciones de almacenamiento de materias primas, vale decir, se observa la capacidad productiva, demanda y costos en relación al inventario. La metodología empleada fue de enfoque cuantitativo, de diseño no experimental y de nivel descriptivo propositivo, asimismo, la muestra la conformó el acervo documentario de las áreas de producción en la planta industrial, las técnicas utilizadas para la recolección de datos fueron: el análisis documental y la observación. Los resultados del estudio permitieron identificar que se genera un ahorro de dinero anual de \$ 52 566, 50, lo que equivale a una mejora del 25.6% en comparación al modelo que utilizan actualmente. En conclusión, el algoritmo formulado ayuda optimizar el material requerido, las cantidades faltantes y el inventario final de periodos.

Sánchez & Ramírez (2017), en su investigación titulada “Diseño de un modelo de programación lineal para la planeación de producción en un cultivo de fresa, según factores costo/beneficio y capacidades productivas en un período temporal definido” cual tuvo como objetivo el diseño de un modelo de programación lineal que contribuya con la producción de la empresa. La metodología del estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y un nivel descriptivo propositivo, la muestra fue el historial documentario del área, la técnica de recolección empleada fue; la observación y análisis documentario. Los resultados del estudio evidenciar un modelo a nivel teórico, permitiendo establecer un sistema de verificación de capacidades productivas de un cultivo de una hectárea, para 40,000 plantas sembradas, proyectándose \$ COP 72.000.0000, que es el costo de planeamiento y establecimiento, de modo que resulte una ganancia de \$ 144.000.000,00. En conclusión, se propuso el diseño de un modelo para la planeación de producción de fresa; teniendo en consideración el costo/beneficio en un cultivo.

Villareal & Vizute (2017) en su investigación titulada “Análisis y aplicación de un modelo de programación lineal para la optimización de la exportación de Flores, 2012-2016. Estudio de caso” cuyo objetivo fue la modelación matemática de una programación lineal que ayude la optimización de utilidades minimizando así los recursos para la exportación de flores. La metodología del estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental y de nivel descriptivo propositivo, la muestra estuvo conformada por las empresas del sector florícola ecuatoriano, específicamente con la empresa Rosahen como caso de estudio y la técnica de recolección de datos fue el análisis documental. Los resultados fueron que, el modelo RED PERT CPM logro reducir el tiempo de realización posterior de la cosecha en un 63%; es decir de 27 horas y 40 minutos a un tiempo de 17 horas 33 minutos. En conclusión, el modelo de programación lineal a través del método simplex, optimiza la cantidad de producción de variedades a fin de maximizar la utilidad por lote de producción igual a \$16673.06 dólares.

Nieto & Prieto (2017), en su investigación titulada “Optimización del tiempo de producción de mezclado bajo un modelo matemático en una planta extrusora de tubos” cuyo objetivo fue elaborar un modelo matemático con el que se pueda optimizar el proceso de mezclado en la máquina Caccia, es decir, por medio del análisis de tiempos set-up. La metodología del estudio tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de nivel descriptivo propositivo. La muestra estuvo conformada por las fuentes bibliográficas

y el acervo documentario de una planta extrusora de tubos, la técnica de recolección de datos fue la observación y el análisis documental. Por otro lado, los resultados demostraron una mejora en el tiempo set-up en el transcurso de los cuatro días, mejorando de un tiempo de 480 minutos en el primer día a 240 minutos en el resto de los días, asimismo, se minimizan los tiempos de set-up por medio de mezclas de compuestos, generando más inventarios, pero no excede la capacidad de almacenamiento. Finalmente, se concluyó que el modelo realizado permite minimizar los tiempos de producción e incrementar la utilización de la capacidad de producción.

Fierro (2017) en su investigación titulada “Modelo de programación lineal para un sistema de planeación de requerimientos de materiales (MRP) en la empresa de calzado de seguridad industrial Marcia” cuyo objetivo fue aplicar un modelo de programación lineal para la planificación de materiales en la industria de calzado. Se aplicó un estudio sistemático, la técnica de recolección fue la observación y recopilación documentaria de la empresa, usando procedimientos se pudo establecer una adecuada planeación a las necesidades de la empresa, la cual dio como resultado un pronóstico de demanda para el 2017, un monto de 87,983 pares de calzados con una desviación estándar de 1607 pares. En conclusión, se enfatiza que para no caer en una incertidumbre y un pronóstico erróneo se debe trabajar con tres o cuatro periodos anteriores para una realidad más cercana.

### **Nacional.**

Azahuanche & Pajares (2017), en su investigación titulada “Modelo de planeamiento y programación del abastecimiento de materia prima para la producción del concreto premezclado a través de la programación lineal para incrementar la utilidad de la empresa Elmer Oscar Quintana Guevara S.R.L. - La Colpa” la cual tuvo como objetivo desarrollar un modelo matemático para la planeación y programación en el abastecimiento de materia prima, es decir, para la producción de concreto pre mezclado, en la empresa mencionada. La metodología empleada fue de diseño experimental del tipo pre experimental, aplicado y de nivel propositivo, en donde la muestra estuvo conformada por los colaboradores de todas las áreas de la empresa, como técnicas de recolección de datos se utilizó: el análisis documental, la observación y la entrevista. Los resultados obtenidos al maximizar la utilidad fue un valor de S/ 3,209,059.22 al año considerando las cantidades planteadas en el estudio, con los pedidos óptimos en materia prima y gestión óptima. En conclusión, el modelo matemático

planteado permite mejorar la toma de decisiones en la adquisición de insumos bajo, considerando sus limitaciones de abastecimiento y costos de afectación en la adquisición.

Campos & Ricra (2017) en su investigación titulada “Impacto de la programación lineal con el uso de Solver en la optimización de las operaciones de carguío - acarreo de mineral en la mina lagunas norte, La Libertad, 2017” cuyo objetivo fue la aplicación de la programación lineal en el ciclo de carguío y acarreo para que el flujo del mineral sea más dinámico y productivo hacia el sistema de chancado. La metodología utilizada en la investigación fue de diseño experimental, con indicadores cuantitativos y de nivel exploratorio, ante ello, como técnica de recolección se empleó el análisis documentario. Se obtuvo como resultado importante el ahorro operativo de \$18,533 en el proceso de carguío - acarreo del mineral en la mina Lagunas Norte. En conclusión, el resultado propone métodos específicos y el progreso en temas empresariales, como avances informáticos, siendo una ayuda para poder valorar todo sistema de cambio de una organización ofreciendo resultados ideales.

Collado (2017) en su investigación titulada “Modelamiento matemático para optimizar la carga metálica en un horno de fusión para la elaboración de fundiciones grises por el método de la programación lineal – método simplex” cuyo objetivo fue conseguir un máximo rendimiento de producción, a un costo menor de la carga metálica introducido al horno, sin utilizar ecuaciones fisicoquímicas, la metodología de este estudio fue el método simplex. La optimización de la carga metálica en un horno está basada en las condiciones de la mezcla, el abastecimiento de la materia prima, cantidad y calidad del material a fundir; toda restricción que sea una relación matemática o condicionante para lo que se va a fundir. Logrando el desarrollo de un modelo matemático para la programación lineal – método simplex, el cual permite la selección del material metálico y lograr una fundición Fc-20 según norma. Según los resultados obtenidos aplicando la programación lineal con el software TORA, resulta que el costo por carga metálica mínima es de S/. 1,161.0296 por tonelada. En conclusión, el modelo matemático desarrollado por Programación Lineal - Método Simplex selecciona el material metálico de los once mencionados para optimizar la carga metálica que se carga al horno de cubilote para la elaboración de la fundición gris Fc - 20 según norma.

Quispe y Sánchez (2018) en su tesis titulada “Aplicación de la programación lineal para maximizar la eficiencia en hornos de recalentamiento, empresa siderúrgica del Perú S.A.A. Chimbote, 2018” cuyo objetivo fue maximizar la eficiencia de los hornos de recalentamiento a través de la programación lineal por el método simplex, en el cual se utiliza un diseño de investigación aplicada experimental, basada en la programación lineal, logrando determinar 14 variables y 17 restricciones que están involucrados en el proceso, apoyándose para la solución en el complemento Solver, el resultado determinado es un valor óptimo de producción diaria. La aplicación se monitoreo por 7 meses, en el cual se aprecia que se logró la maximización de la eficiencia económica, siendo esta calculada en base a la utilidad. Para lograr optimizar la eficiencia energética se tuvo como referencia el consumo y así un aporte adicional a la investigación, es la adición de toneladas de productos mediante la inyección de oxígeno al horno, conllevando al enriquecimiento del aire de combustión y la relación aire – oxígeno y gas. Se logró disminuir la eficiencia energética hasta un valor de 17Kwh/t, lo cual indica que el consumo de gas disminuye. Con respecto a la eficiencia económica se logró incrementar la ratio en 0.18 por dólar invertido, obteniéndose una ganancia de 0.45 centavos de dólar.

#### **Local.**

Monja & Sedan (2016) en su tesis titulada “Aplicación de programación lineal en la planeación y programación de la producción de azúcar, para mejorar la productividad de la empresa agroindustrial Pomalca S.A.C” cuyo objetivo fue elaborar un plan y programar la producción de azúcar utilizando la programación lineal, mejorando así la productividad en el área de elaboración. La metodología de la investigación tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental de nivel descriptivo aplicativo. de corte transversal, la muestra la conformó los trabajadores del área de la elaboración de azúcar de la empresa en estudio, las técnicas de recolección empleada fue la entrevista y análisis documentario. Los resultados obtenidos fueron el aumento del promedio en la capacidad de producción de 4515 bolsas de azúcar a 6000 bolsas de azúcar aplicando el mantenimiento preventivo. En conclusión, se propuso la programación lineal con el software TORA para mejorar la productividad en un 11,61% siendo el beneficio costo de S/ 6,98.

Heredia (2016), en su tesis titulada “Reducción de mermas en la producción de sacos polipropileno para la mejora de la productividad en la empresa El Águila S.R.L.” cuyo objetivo fue proponer mejoras para reducir las mermas que se generan a través de la producción de los sacos de polipropileno en la empresa mencionada. La metodología de la investigación tiene un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de nivel descriptivo propositivo. Los resultados de este estudio permitieron encontrar que, en el proceso de laminado se tiene una producción por turno de 1125 kg en materia prima, lo que genera de una merma de 2,78%, existe solo una máquina que se encarga de realizar el laminado de todos los rollos de telares, se tiene una capacidad ociosa de 90kg/h y existe un cuello de botella en el proceso de extrusión la demanda de los telares es mayor a la producción real, lo que ocasiona que en el proceso de extrusión existan paradas en los telares por falta de material, además que no existía ningún tipo de mantenimiento, se utilizó maquinaria antigua y los trabajadores no tenían una capacitación adecuada. En conclusión, se recomienda la adquisición de maquinaria y equipos de laboratorio con una inversión de S/ 46,348,669.00 obteniendo una rentabilidad mayor a 150% desde el primer año en que inicia a funcionar la propuesta de mejora en la empresa.

Gárate (2016), en su investigación titulada “Diseño de un sistema de producción, para mejorar la productividad en la fábrica de accesorios y tuberías plásticas E.I.R.L., basado en producción Esbelta- Chiclayo 2015” cual objetivo fundamental fue diseñar un sistema de producción que permita mejorar la productividad en la empresa mencionada. La metodología de este estudio, por los indicadores matemáticos utilizados, el enfoque fue cuantitativo; por otro lado, se tuvo un diseño no experimental, el cual se asoció al nivel descriptivo del tipo propositivo.

tuvo un enfoque cuantitativo, con un diseño no experimental de nivel descriptivo propositivo. La muestra estuvo conformada por, el acervo documentario de los cuatro procesos que se realizan en el área de producción, donde la técnica de recolección de datos empleado fue; la observación, y el análisis documental. Los resultados de este estudio, permitieron identificar que, existen problemas en el área de producción debido a la presencia de determinados elementos que no se encuentran en consideración y que están en un estado completo de abandono, entonces las maquinarias se encuentran con un elevado cuello de botella, tienen desperdicios de materias primas, no poseen una cantidad adecuada de operarios y no tienen estandarización en los procesos productivos. Para menoscabar con

todos aquellos problemas que viene aconteciendo en esta área. En conclusión, se propuso el diseño de la herramienta 5 S, para lo cual se deberán realizar charlas y capacitaciones, con el que se mantenga a todo el personal informado para la realización de todos los procesos de forma eficiente.

### **1.3. Teorías relacionadas al tema.**

#### **1.3.1. Variable 1: La programación lineal.**

Es una técnica matemática de carácter económico-técnico, representado por los limitados recursos; por lo que ayuda a una combinación óptima en la mezcla de producción, maximizar el beneficio, asignación de recursos, transporte, entre otros. Para realizar la aplicación de programación lineal se debe presentar las siguientes condiciones básicas: recursos, objetivos explícitos, linealidad, y homogeneidad (Gavilanez & Puente, 2017).

La programación lineal tiene una gran variedad de campos en donde se puedan aplicar; en cualquier tipo de industria, en la ciencia de transportación, en la salud, aplicaciones económicas, entre otros (Brito, 2017).

*1.3.1.1. Características de una programación lineal.* Una programación lineal tiene las siguientes características.

a. Pretender optimizar, ello implica maximizar o minimizar alguna cantidad específica. En ese sentido, tal y como indica el autor, para un empresario el principal objetivo siempre será maximizar beneficios, sin embargo, para una empresa el objetivo principal sería minimizar los costes de los envíos de mercancías.

b. Las restricciones, indicar en qué grado limita la modificación de las variables que afecten la función objetivo.

c. Se pretende tener distintas alternativas posibles a un mismo problema, es decir, si una fábrica produce cuatro productos diferentes, la dirección puede usar de la programación lineal para determinar la cantidad de recursos que se asigne a cada tipo de producto para optimizar la función objetivo.

d. La base de una programación lineal es la función lineal y a través de las restricciones se debe expresar mediante ecuaciones o inecuaciones lineales (Valencia, 2018).

### *1.3.1.2. Funciones de una programación lineal*

- Puede emplearse para decidir la dirección que debe seguir para transportar material de un lado a el sitio de destino.
- Distribución de maquinarias o personal, con el fin de cuantificar la cantidad de operarios según los turnos que existen.
- Ayuda a la evaluación de cotizaciones, y tiene como finalidad llegar a escoger la más conveniente.
- Elección de las actividades económicas que deben desarrollar para dedicar fondos y se tengan resultados con mejores rendimientos.
- Mezclas de producción, con el fin de escoger las cantidades óptimas de producción de los diversos productos que elabora una fábrica.
- Respecto a los proveedores, aporta a tener una mejor selección del proveedor conforme se ajuste a las necesidades
- Concerniente a un control de inventarios que escoja las cantidades de productos que debe producir en un determinado horizonte.
- En el área de industrial, se utiliza para el control de inventarios, transporte, planeación de la producción, mezclas óptimas, problemas de transporte, horarios y mezclas óptimas (Valencia, 2018).

*1.3.1.3. Pasos para la formulación de problemas.* Los pasos para la formulación de problemas de programación lineal son los siguientes:

1. Se inicia con la formulación de problemas de programación lineal, el cual deberá seguir los siguientes pasos para que se obtenga una formulación del problema que existe en una determinada planta industrial.
2. Comprensión del problema, el cual abarca principalmente la lectura del problema para que se identifique de manera clara el objetivo.
3. Se llegará a realizar una definición de las variables de decisión, las cuales consisten en realizar una representación simbólica de las decisiones que se toman de acuerdo al modelo de programación lineal. 1.
4. Procedencia a formular la función objetivo, este concepto abarca la definición de lo que se planea alcanzar, se muestra la relación existente entre la producción y la utilidad

que se desea alcanzar, además del costo para que se lleve a cabo dicha producción o el objetivo planteado.

5. Finalmente, la formulación de condiciones de no negatividad, se encarga de realizar restricciones de todas las variables a que tengan que ser mayor o igual a cero (Valencia, 2018).

*1.3.1.4. Teoría de restricciones.* Las restricciones es una herramienta que define la tasa de producción máxima posible utilizando la cantidad de espacio y equipos disponibles para la producción. La tasa de producción es normalmente indicada en unidades de producto por hora. Para el desarrollo de la mejora en un proceso, la teoría de restricciones tiene como pilar cinco pasos:

1. Se llega a identificar la restricción del sistema.
2. Decidir en qué medida explotar las restricciones.
3. Un punto es necesario subordinar las actividades del sistema.
4. La necesidad de elevar las restricciones del sistema.
5. Es pertinente que se implementen y vuelvan a analizar el sistema.

Las organizaciones que utilizan una teoría de restricciones, como un instrumento para la mejora continua de los procedimientos llegan a fortalecer la competitividad a nivel de calidad, conforme al servicio al cliente y un costo muy bajo, llegan a realizar la entrega de sus pedidos en un tiempo mínimo, lo que significa que mejora el cumplimiento de las fechas de entrega, llegan a reducir los inventarios, se incrementan las ventas y por ende las utilidades (O'Donnell, 2016).

*Métodos de programación lineal* (Valencia, 2018). Se define los diferentes métodos de programación lineal:

*Método gráfico y programación lineal:* Es aquel método que consiste en representar de forma geométrica las restricciones, variables y función objetivo. Este método es fundamental para solucionar problemas que cuentan con 2 variables. El procedimiento consiste en trazar las ecuaciones de las restricciones en un eje de coordenadas  $X_1$ ,  $X_2$ , para que se llegue a identificar el área de soluciones factibles, de forma que resuelvan todas las restricciones. Para la solución óptima de un problema, se determinará en cualquiera de los vértices del área creada de soluciones, es decir, se debe buscar el valor mínimo o máximo en el problema. Los pasos concernientes para este método son los siguientes:

1. Hallar restricciones, la función objetivo y las variables del problema.

2. Se llega a sustituir  $\geq$  y  $\leq$  por  $(=)$  para cada una de las restricciones, con lo que se llegará a producir una ecuación de línea recta.

3. Dibujar la línea recta relacionada a cada restricción del plano, donde la restricción será definida por cada signo que posea.

4. El espacio donde se satisfacen las restricciones es el área factible, en este punto que se encuentra en la frontera del espacio, de forma que, satisfagan todas las restricciones.

5. Las líneas paralelas tienen una representación por medio de asignación de valores arbitrarios con el fin de llegar a determinar la pendiente y dirección que crece o decrece el valor de la función objetivo.

6. La solución óptima estará determinada al observar la dirección donde se evidencia un aumento de la función objetivo, por lo tanto, se llega a graficar la función objetivo. En el caso en que el problema sea de minimización, la solución más óptima será el primer punto factible que tenga como función Z, de lo contrario, en caso sea de maximización, entonces, tendrá el último de los puntos factibles que toque función Z.

*Método Simplex:* Método iterativo, creado con la intención de realizar un algoritmo capaz de solucionar conflictos de distintas restricciones y variables, que llega a mejorar la solución de cada proceso, la razón matemática de este procedimiento de mejora se encarga de dirigir el vértice de un poliedro hacia el otro vecino, de forma que, incrementa o reduce según el contexto lo considere conveniente, puesto que cada punto del vértice representa una solución.

Los pasos de este método, son los siguientes:

1. Realizar una transformación de las variables y hacer normal el signo de los términos que son independientes.

2. Llegar a ser formal las restricciones.

3. Hacer igualar la función que se encuentra como objetivo a cero.

4. Describir la tabla inicial del método Simplex.

5. Identificar la condición de parada.

6. Selección de las variables como entrante y saliente.

7. Hacer una actualización de la tabla.

8. Una vez que se observa la condición de la parada y no cumple puesto que, en los elementos de la fila final, existe uno que es negativo. Se llegará a continuar iterando los pasos.

9. Se realiza una comprobación de la condición en la que se encuentra la parada, de forma que muestre que alguno de los elementos de la fila es negativo, lo que significa que, aún no se ha llegado a la solución óptima, por lo tanto, se continuará iterando, los pasos 6 y 7.

10. Final del algoritmo.

Es un método importante método, debido a que, la utilización ayuda a la resolución de conflictos complejos, tener una base en la programación lineal, y proporciona ayuda para la toma de decisiones complejas, puesto que permite solucionar diversos sistemas en las que el número de variables es superior al número de ecuaciones, y el resultado suele ser eficiente en la práctica.

*Método algebraico de programación lineal:* Este método es una manera de trabajar con el método anteriormente señalado, con la diferencia que no se podrán utilizar tablas, puesto que se basa en la utilización de lógica matemática con el fin de encontrar una solución óptima. Para ello, es necesario implementar los siguientes pasos:

1. Establecer si en realidad se tiene una base factible desde el inicio.
2. Determinar la existencia de una solución factible mejor. Si se llega a encontrar esta solución, se procederá al siguiente paso, de lo contrario, la actual será la más óptima.
3. Se llegará a continuar con la posterior solución básica factible, con el que se llegue a realizar un cambio de variable básica por una que no sea básica, lo que generará que todas sean negativas y se regrese al paso 2.

El método mencionado, se aplica en pocas ocasiones, dado que suele llegar a ser muy tardado y no tan práctico como el Simplex, donde la información se puede almacenar en tablas y en aquellas las operaciones se pueden volver más rápidas. Es oportuno, trabajar con este método, cuando los sistemas de restricciones sean pequeños y no se deba realizar demasiados movimientos entre los extremos de la zona factible.

*Método de las tablas simples:* Las tablas simples, se encuentran matemáticamente igual a la forma algebraica, donde se tendrá que escribir el conjunto de ecuaciones con lo que el detalle, se utiliza una tabla simplex y se registre solo la información esencial, a saber:

1. Los coeficientes de las variables
2. Las constantes del lado derecho de las ecuaciones

### 3. Las variables básicas que se encuentran en la ecuación

El método de las tablas simples, aportan a encontrar la solución de cualquier problema empleando de forma única los coeficientes de las ecuaciones, donde se colocan en una tabla, de acuerdo al mismo formato del sistema de una tabla, donde sigue el mismo formato del sistema de ecuaciones original.

*Método dual:* La dualidad implica que cada problema que existe se encuentre debidamente relacionado con otro problema de programación lineal, el mismo que se llama dual. La relación entre este problema y su relacionado, llega a originar un problema primal, el cual evidencia diferentes utilidades. Tiene un aporte de los elementos que aumentan de forma sustancial la comprensión de la programación lineal.

El análisis de dualidad es considerado como un instrumento útil en la solución de problemas, como ejemplo; las restricciones son mayores que las variables.

La utilización del problema dual conlleva a la notoriedad de informaciones que evidencian que un análisis marginal siempre está involucrado a la solución óptima de un problema. La forma estándar general del primal está definida como maximizar o minimizar.

#### *Relaciones entre problemas primales y duales*

- Las variables relacionadas con el problema dual están determinadas por la cantidad de restricciones que se obtenga en el problema primal.
- La cantidad de restricciones que presenta el problema dual estará establecida por la cantidad de variables que evidencia el problema primal.
- Los coeficientes de la función objetivo en el problema dual están determinado a los términos independientes de las restricciones (RHS), que se ubican en otro lado de las variables.
- Los términos independientes de las restricciones, en el problema dual corresponden a los coeficientes de la función objetivo en el problema.
- La matriz que establece los coeficientes por cada una de variables de acuerdo a la restricción corresponde a la transpuesta de la matriz de coeficientes técnicos del problema primal.

La resolución de los problemas duales, en relación a los primales, se tendrá que justificar según la facilidad que se presenta de acuerdo a los problemas donde la cantidad de restricciones sea superior al número de variables.

*Método dual – simplex.* Este método se aplica conforme a problemas óptimos, pero que no son factibles. Para ello, las restricciones se expresan de manera canónica. La función objetivo tendrá que estar en la manera de minimización y maximización. Luego de agregar las variables de holgura y colocar el problema en la tabla, si se tiene un elemento en la parte derecha será considerado negativo, y si la condición de optimización es la adecuada, el problema se resolverá con este método. Debido que, un elemento que se encuentre negativo en su costado derecho significa que el problema comienza óptimo, pero no es factible conforme se requiere en este método. En la iteración en la que la solución básica puede ser factible y tendrá una solución óptima para el principal problema.

### **1.3.2. Variable 2: Producción**

La producción es un proceso por medio del cual la utilización de distintos recursos tanto materiales como humanos (inputs), a los que se les aplica una cierta tecnología, se llegará a obtener bienes o servicios (outputs). Los recursos estarán, subdivididos en las siguientes categorías: los recursos materiales, son también llamados como materias primas, componentes y consumibles, y los recursos humanos, como el empleo de mano de obra directa, que es la que de alguna manera permite la elaboración del producto, así también, la mano de obra indirecta, que interviene en la supervisión, control y dirección de procesos productivos. Los recursos de capital, se encuentran relacionados con la utilización de maquinarias, herramientas, y útiles en general, donde la infraestructura necesaria para la materialización de los procesos productivos (Ramirez, 2019).

*Capacidad de producción.* La capacidad de producción concierne a la disponibilidad de la infraestructura necesaria para que se llegue a producir bienes o servicios en una empresa. La magnitud es la función directa de las unidades de producción que puede suministrarse. Teniendo en cuenta en un determinado sistema de producción se requiere de una dotación de los recursos humanos, capital y físicos, que permita relacionarlos hasta transformarlos en un producto terminado o servicios. La cantidad de infraestructura equivale a la capacidad instalada, la cual tendrá una relación directa con la capacidad de producción, de forma que, mientras más amplia sea la capacidad instalada, la capacidad de producción también lo será. Cuando se menciona en relación a la capacidad instalada, esta gira en torno a los niveles de costo, eficiencia, productividad y utilización en su uso. Por lo tanto, es posible que se lleguen a determinar diversos tipos de relaciones o índices relacionados a la capacidad instalada, entre ellos, se tiene que el valor de la capacidad instalada, que equivale

al monto en unidades monetarias de la infraestructura, la capacidad instalada de producción, es equivalente al número de unidades máximas a producir, el porcentaje de la capacidad instalada de producción, representa a la cantidad máximas que la empresa puede abastecer, eficiencia de la capacidad instalada, está determinada por las unidades producidas, las cuales tienen una expresión en valor monetario, el cual se trata del costo unitario real, la productividad potencial de la capacidad instalada, se encarga del número de unidades que de forma potencial puede producirse. Está expresada en unidades monetarias de inversión, la productividad real de la capacidad instalada, está determinado por el número de unidades que se producen, y está expresada en unidades monetarias de inversión. (De La Cruz Falcón, 2017).

1.3.2.1. *Capacidad de producción efectiva.* Es la capacidad máxima que se puede conseguir dentro de una fábrica, pero resulta poco real llegar a ese valor (Cruz, 2018).

1.3.2.2. *Capacidad real de producción:* Es la cantidad real que se produce en un determinado tiempo dentro de la fábrica (Cruz, 2018).

1.3.2.3. *Capacidad de producción útil.* Es la relación existente entre la capacidad diseñada y a capacidad real en la fábrica (Cruz, 2018).

1.3.2.4. *Capacidad de producción eficiente.* Es la relación existente entre la capacidad efectiva y la capacidad de producción real en la fábrica (Cruz, 2018).

#### **1.4. Formulación del Problema**

¿En qué medida la aplicación de una programación lineal optimizara la producción en el área de extrusión de la empresa PROCOMSAC?

#### **1.5. Justificación.**

##### **1.5.2. Justificación teórica.**

La presente investigación se justificó con la revisión de literatura de las variables en estudio, se empleó definiciones de autores confiables, reconocidos a nivel internacional, como para la programación lineal, se empleó la teoría brindada por Valencia, (2018) y Humberto, (2017), quienes brindaron su aporte, para la medición y determinación de esta variable, así como la metodología para su utilización. Por otro lado, también se encuentra la producción, donde se utilizó la teoría brindada por Anaya (2016) y Ramirez, (2019), permitiendo así, la posibilidad de medir las variables de estudio y contribuir a la línea de investigación de optimización de modelos y procesos industriales.

### **1.5.3. Justificación práctica.**

La presente investigación tiene por objetivo mejorar el área de extrusión de manera práctica haciendo un uso correcto de la programación lineal siendo este un aporte beneficioso para la empresa PROCOMSAC, con la finalidad de llegar a determinar una solución para las deficiencias que se encuentran en el área de extrusión, lo que permitirá que se optimice la producción, justificando de esta forma práctica el objetivo de la investigación.

### **1.5.4. Justificación metodológica.**

La presente investigación tiene por finalidad la implementación de un estudio usando la programación lineal donde se han realizado etapas metodológicas para el cumplimiento de los objetivos, así también, para la elaboración de instrumentos de recolección de datos, los cuales permitirán de alguna manera medir las variables en estudio y llegar a proponer una solución específica para el problema presentado.

## **1.6. Hipótesis.**

Al realizar un modelo de programación lineal en el área de extrusión se optimiza la producción de la empresa PROCOMSAC.

## **1.7. Objetivos.**

### **1.7.2. Objetivo general.**

Aplicar la programación lineal en el área de extrusión para optimizar la producción de la empresa PROCOMSAC. Chiclayo – 2019.

### **1.7.3. Objetivos específicos.**

- ✓ Diagnosticar el área de extrusión de la empresa PROCOMSAC.
- ✓ Elaborar el modelo matemático para la programación lineal.
- ✓ Determinar el costo – beneficio de la propuesta.

**CAPITULO II:**  
**MATERIAL Y MÉTODO**

## II. MATERIAL Y MÉTODOS

### 2.1. Tipo y diseño de Investigación

De acuerdo a lo señalado por Maldonado (2018), el método de una investigación, está determinado por el conjunto de procedimientos que se emplean de forma organizada, para llegar a desarrollar de manera adecuada y correcta la totalidad de las etapas concernientes a este estudio. En el desarrollo de la investigación, se tomó en consideración los siguientes métodos:

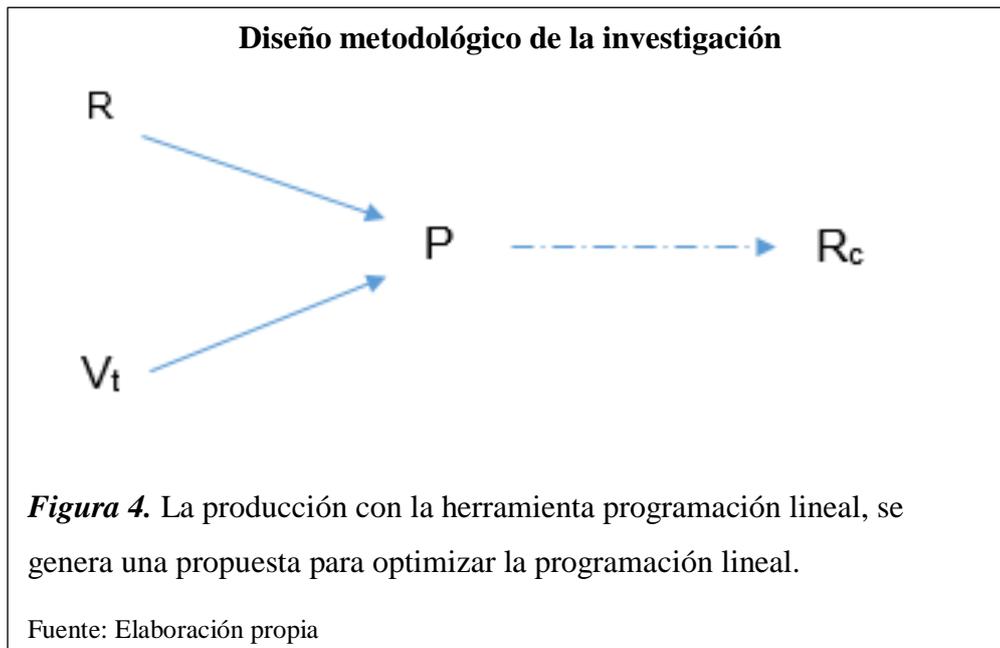
**Método inductivo:** Consiste en conocer las cualidades de forma general de realidades, como se obtienen desde el empleo del método comparativo, con el fin de articularlas por medio de relaciones de causa – efecto, y posteriormente llegar a crear proposiciones de validez general.

**Método deductivo:** Está definido por los enunciados o características acerca de la realidad, es decir, el contenido de las proposiciones en alusión a una investigación, inicia con lo general a un caso particular, que en su mayoría se encuentran contemplados por una ley científica.

El estudio tiene un enfoque cuantitativo, que según lo determinado por (Azüero, 2019), señalaron que, este tipo de estudios se fundamenta en un análisis estadístico, para realizar la medición de las variables, además tendrá el uso de instrumentos de recolección de datos, lo que de alguna manera brindó una representación numérica.

Asimismo, de acuerdo a lo puntualizado por Ñaupás, Valdivia, Palacios & Romero (2018), la presente investigación se ajusta al diseño no experimental, ello debido a que se planea describir cómo es el comportamiento de ambas variables durante un periodo de tiempo y contexto establecido. En base a ello, en la investigación no se buscan alterar ni manipular las variables para alterar de cierta forma la realidad existente, sino elaborar un diseño propositivo para beneficio de la empresa si decide implementarlo en un futuro.

Por otro lado, el nivel del presente estudio es descriptivo propositivo, dado que, se hizo una descripción de lo encontrado en la variable producción, y respecto a las deficiencias encontradas en este estudio, se llegó a determinar una propuesta de programación lineal especialmente en el área de extrusión, lo que posiblemente se encuentra un cuello de botella, lo que se busca es mejorar u optimizar los procesos de producción que se llevan a cabo en la empresa PROCOMSAC.



En donde:

R = Producción de la empresa PROCOMSAC.

Vt = Programación lineal en el área de extrusión.

P = Propuesta de programación lineal en el área de extrusión.

Rc = Optimización de la producción en la empresa PROCOMSAC.

## 2.2. Población y muestra

Conforme a (Carrasco,2018), define a la muestra como una fracción pequeña de la población, la cual estuvo compuesta por la más representativa, a la que se le aplicó los instrumentos de recolección de datos, esta puede estar constituida, por individuos, cosas, elementos o procesos, lo cuales tuvieron que cumplir con las características adecuadas el cumplimiento de los objetivos del estudio.

El lugar, donde se desarrolló la investigación fue la empresa PROCOMSAC, en el año 2019, dado que se consideró información del comportamiento del fenómeno en un ese periodo de tiempo, para llevar a cabo los objetivos del estudio.

La población de la investigación estuvo conformada por el área de producción de la empresa PROCOMSAC, la muestra la conformo el área de extrusión, en donde los 2 supervisores brindaron información pertinente para el adecuado desarrollo de los objetivos

propuestos en la investigación, así mismo, se contó con el acervo documental de los procesos que se realizan en esta área.

### 2.3. Variables y operacionalización

**Tabla 1**

*Operacionalización de Variables*

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Técnica de recolección de datos	Instrumento de recolección de datos	
Variable independiente Programación Lineal	Es una técnica matemática de carácter económico-técnico, representado por los limitados recursos; además tener la resolución de casos de combinación optima en la mezclas de producción para maximizar el beneficio.	Análisis de restricciones	Capacidad real de producción	Entrevista/análisis documental	Guía de entrevista/Registro documental	
			Demanda mínima de producción			
			Demanda máxima de producción			
Variable dependiente Producción	Es la utilización de distintos recursos tanto materiales como humanos a los que se les aplica una cierta tecnología, se llegará a obtener bienes o servicios.	Función objetivo	Maximizar utilidad	Análisis documental	Ficha de registro	
			Utilidad			Utilidad no percibida
			Producción			Demanda no atendida

Fuente: Elaboración propia

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de la información

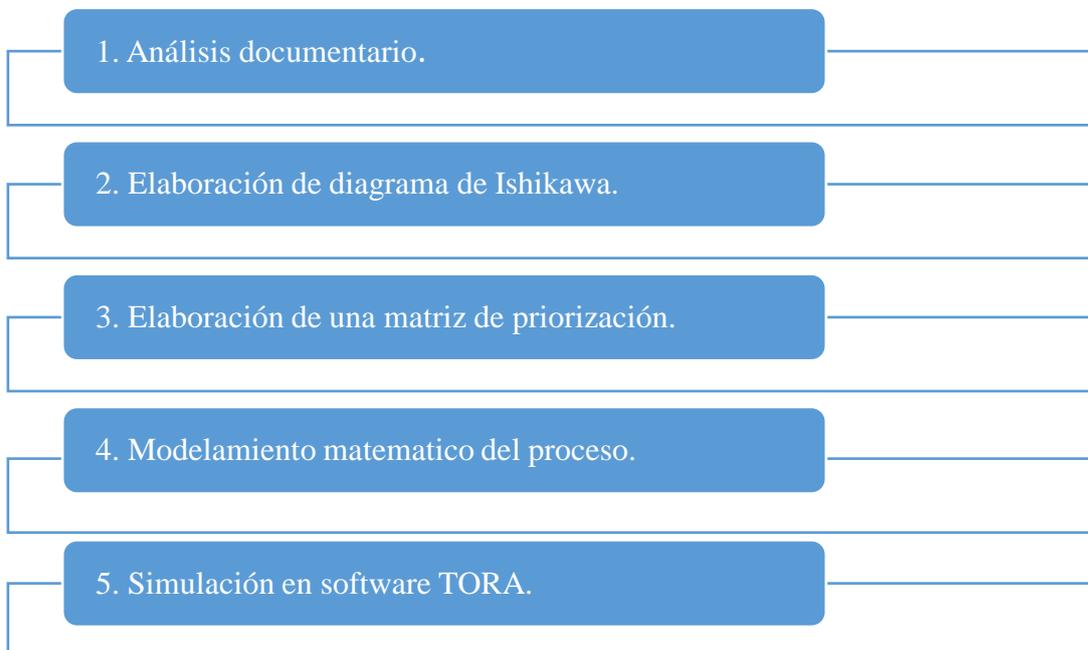
Las técnicas de recolección de la información, está determinado por el conjunto de procedimientos necesarios para que se lleguen a determinar los objetivos propuestos, conforme a lo señalado con el fin que lleguen a regular el proceso de investigación, el cual abarcó desde el inicio de la tesis hasta su culminación (Ñaupas et al., 2018)

Para el presente estudio, las técnicas de recolección de datos fueron el análisis documental y la observación, que de acuerdo a lo que se puede obtener están determinadas por las siguientes definiciones:

**Análisis documental**, esta técnica es vital para los estudios donde se tienen que examinar procesos o datos, además deberá ser elaborado por medio de un documento conforme a las dimensiones e indicadores de una variable, los cuales llegarán a permitir que se tengan los datos necesarios para la medición de la variable. En el presente estudio se tomó información acerca de la variable producción de la empresa PROCOMSAC, la cual estuvo dirigido al encargado del área de producción, especialmente en el área de extrusión.

**La entrevista**, esta técnica que es utilizada como una herramienta, para tener toda información verbal de parte del supervisor del área de producción, para lo cual se realizó un cuestionario para identificar la realidad del área de extrusión.

## 2.5. Procedimientos de análisis de datos



1. Análisis documental. - Se evalúa la solución de la variable dependiente realizando una ficha de registro, en la cual se detalla la producción diaria de la empresa, así como la utilidad de la misma, en un intervalo de tiempo que comprende desde enero a octubre del 2019.
2. Se realizó diagnóstico mediante un diagrama de Ishikawa para determinar las causas probables que se producen en el área de extrusión, siendo estas la inadecuada planificación en la producción, la falta de estándares en los procedimientos y la variabilidad en los productos fabricados.
3. Se realiza una matriz de priorización para la selección del software, en la cual se eligió el software TORA por la facilidad en el uso, la portabilidad y la reputación que se ha ganado en el uso industrial.
4. Se realizó el modelamiento matemático de la función a maximizar teniendo en consideración las variables y restricciones que intervienen en el sistema de producción en el área de extrusión de la empresa.
5. Se realizó la simulación en el software TORA, en el cual se digitaron las variables y las restricciones determinadas en el punto anterior para ser maximizada, y poder optimizar los indicadores que son la demanda no atendida y la utilidad no percibida.

## **2.6. Aspectos Éticos**

- Respeto: En la presente investigación se respetan los derechos de autor y propiedad intelectual de la bibliografía citada en la presente investigación, con el objetivo de enriquecer la investigación mediante teorías relacionadas con ambas variables de estudio.

- Autenticidad: Los instrumentos utilizados para la recolección de datos durante el pretest, muestran la autoría de la investigación calificando y evaluando la originalidad del documento o certificado como verdadero o seguro. Se realizó un filtro a través de la plataforma Turnitin, comprobando el porcentaje adecuado de aceptación para proyectos e investigación.

- Reflexividad: La presente investigación trata de involucrar al investigador no como protagonista sino como actor. Así mismo, trata de una autocrítica del papel del investigador en el proceso de investigación.

- Generalización teórica: Por medio de los conocimientos adquiridos durante la etapa universitaria, el autor nutre a la investigación mediante la aplicación de teorías, con el objetivo de resolver el problema en estudio.

## **2.7. Criterios de Rigor Científico**

- **Credibilidad:** El método es riguroso y coherente
- **Relevancia:** La pregunta aporta al conocimiento científico o técnico
- **Confiabilidad:** Consistencia entre la pregunta-paradigma y el análisis propuesto.

**CAPITULO III:**  
**RESULTADOS**

### III.RESULTADOS

#### 3.1. Diagnóstico de la empresa

##### 3.1.1. Información general

###### 3.1.1.1. Ubicación

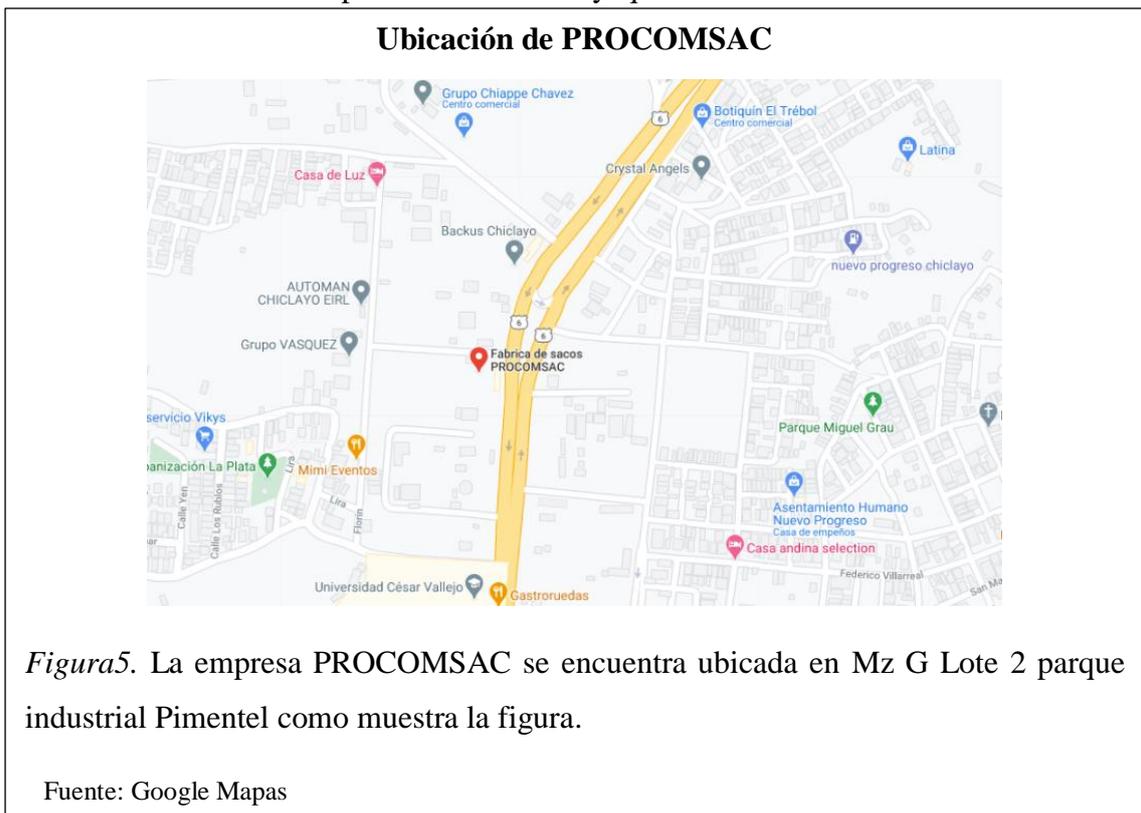
Fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro S.A.C.

RUC: 20479383848

Dirección Legal: Mz G Lote 2 parque industrial Pimentel

Provincia: Lambayeque

Departamento: Lambayeque



*3.1.1.2. Reseña Histórica.* La Fábrica de sacos Comercializadora Montenegro S.A.C. es una Empresa Individual de Responsabilidad Limitada que se dedica a la fabricación de sacos para diferentes sectores de la producción. Esta empresa se fundó en junio de 1999 y desde entonces su línea de producción de sacos y telas de polipropileno ha conseguido ganar gran parte del mercado gracias a la gran demanda de sacos existente en la región. Actualmente con su servicio de fabricación de sacos, la materia prima puede llegar de cualquier origen.

3.1.1.3. *Misión.* Suministrar y satisfacer a nuestros clientes con productos de polipropileno de la más alta calidad de manera rentable, sostenible y comprometida con nuestra sociedad y nuestros colaboradores.

3.1.1.4. *Visión.* En el bicentenario Nacional ser la empresa N°1 del Perú de sacos y telas de polipropileno, medida por ventas, tecnología y calidad.

3.1.1.5. *Certificaciones de la empresa:*

Certificación de Calidad: La ISO 9001 es una norma de estandarización internacional de calidad, la cual involucra a todas las actividades de una organización de índole público o privado, sin marginar la actividad empresarial o tamaño. Lo que busca la norma es la satisfacción del cliente y verificar que los productos y servicios cumplan con los estándares establecidos.

Certificación de Salud y Seguridad: La norma OHSAS 18001 es un sistema de gestión que permite a las empresas implementar, por medio de un manual, el sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo.

Certificación Ambiental. La norma ISO 14001 es un sistema internacional que permite gestionar e identificar los riesgos ambientales que pueden producirse internamente en la empresa mientras realiza sus actividades.

3.1.1.6. *Trabajadores en el área de extrusión.* La empresa PROCOMSAC cuenta con 16 trabajadores en el área de extrusión, de los cuales se dividen en dos turnos como se puede apreciar a continuación:

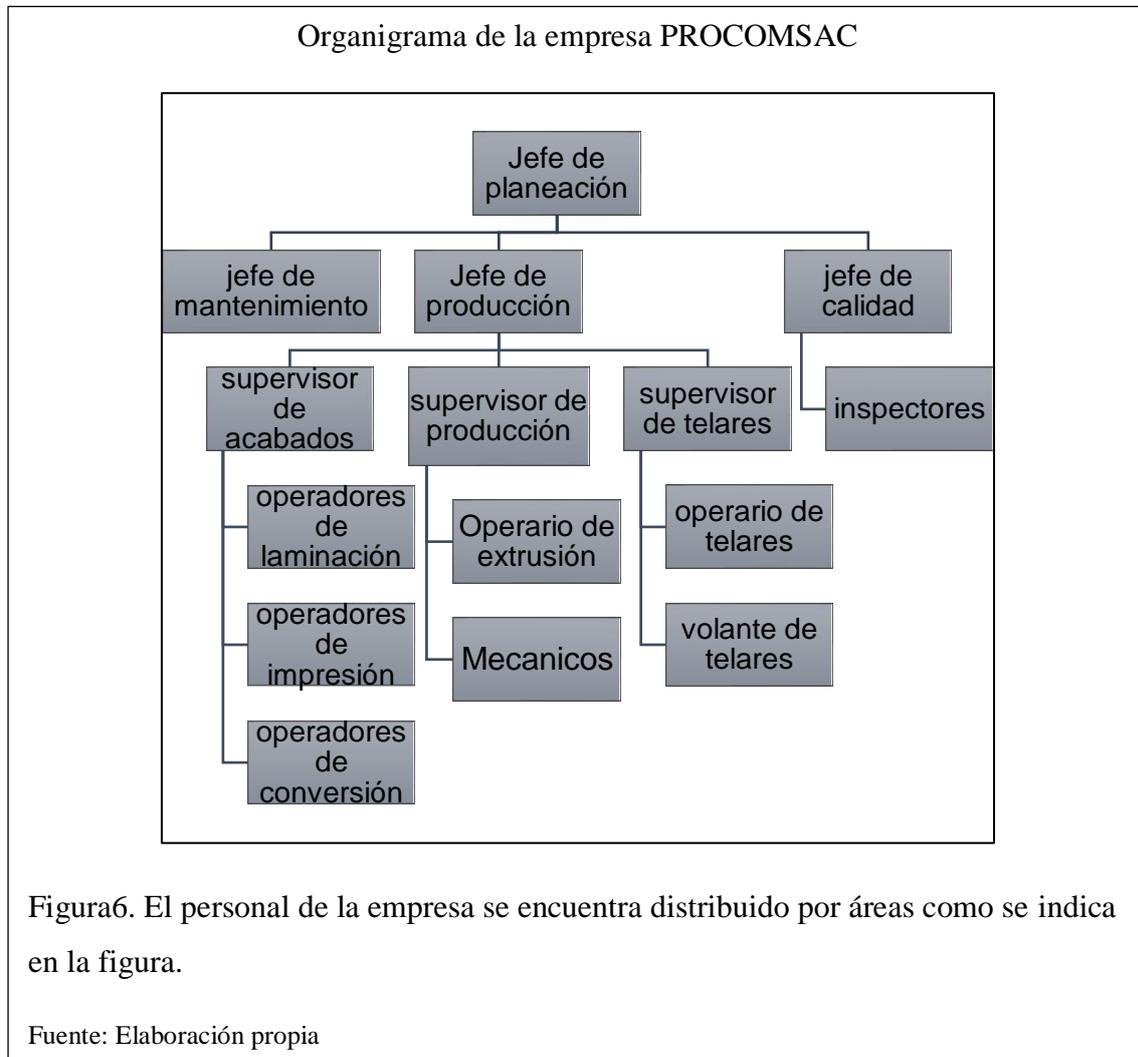
**Tabla 2**

*Operarios en el área de extrusión de la fábrica.*

<b>CARGO</b>	<b>TURNO 1</b>	<b>CARGO</b>	<b>TURNO 2</b>
Supervisor 1	Nivel universitario	Supervisor 2	Nivel universitario
Mecánico 1	Estudios técnicos	Mecánico 2	Estudios técnicos
operario 1	Secundaria completa	operario 1	Secundaria completa
operario 2	Secundaria completa	operario 2	Secundaria completa
operario 3	Secundaria completa	operario 3	Secundaria completa
operario 4	Secundaria completa	operario 4	Secundaria completa
operario 5	Secundaria completa	operario 5	Secundaria completa
operario 6	Secundaria completa	operario 6	Secundaria completa

Fuente: Elaboración propia.

### 3.1.1.7. Organigrama



3.1.1.8. *Productos*. La fábrica actualmente se dedica a la producción y comercialización de sacos y telas de polipropileno. Su proceso actual le ha servido mejorar el tiempo de producción y cuenta con una cartera de clientes fijos a los cuales siempre les venden lotes de producción, ya sean por contrato, temporada de cosechas, etc. A continuación, los productos comercializados por la empresa.

-*Sacos tejidos / laminados*. De tejidos planos con un tramado simple que mejora la resistencia y mayor flexibilidad. Sacos laminados que garantizan permeabilidad, el tamaño varía entre 35 cm a 85 cm del ancho por el largo requerido. Usado para el sector agroindustrial, pesquero, construcciones y afines.

### Sacos tejidos



**Figura 7.** El tejido es de tramado simple que mejora la resistencia y mayor flexibilidad

Fuente: PROCOMSAC

-*Sacos leno.* Son muy livianos y resistentes con un tejido tipo malla proporcionado un fácil amoldamiento al producto envasado, el tamaño varía entre 38 cm a 80 cm de ancho por el largo requerido. Usado para el envasado de limones, ajos, cebollas, verduras, entre otros.

### Sacos leno



**Figura 8.** Los sacos lenos son livianos y resistentes usados para el envasado de limones, ajos, cebollas, verduras, entre otros.

Fuente: PROCOMSAC

-*Sacos Big Bag*. Sacos de gran capacidad confeccionados con tejido plano y un tramado personalizado logrando así resistencia, flexibilidad y protección anti UV, medidas estándar 90 cm \* 90 cm \* 120 cm con un peso de 160 gramos/m<sup>2</sup>. Usado en la industria de exportación para minerales, granos, químicos, entre otros.

#### Sacos Big Bag



**Figura 9.** Los sacos Big Bag son confeccionados con tejido plano y una trama personalizado para lograr mayor resistencia.

Fuente: PROCOMSAC

-*Sacos valvulados*. Son sacos laminados con un proceso adicional, dándole una característica de diseño con base plana c/s válvula de llenado, el tamaño de acuerdo al requerimiento del cliente.

#### Sacos valvulados



**Figura 10.** Sacos laminados que cuentan con un proceso adicional, otorgándole a este la característica de diseño con base plana c/s válvula de llenado.

Fuente: PROCOMSAC

-*Sacos negros tejidos (cosecheros)*. Sacos de tejidos planos con un tramado simple que mejora la resistencia y mayor flexibilidad. El tamaño varía entre 56 cm x 91 cm a 66 cm x 107 cm, representando el ancho y el largo respectivamente. Usado para el sector agroindustrial, especialmente los molinos para la cosecha de arroz en cascara.

### **Sacos tejidos negros (cosecheros)**



**Figura 11.** Sacos fabricados con cinta de polipropileno con un tramado simple que le otorgan una gran resistencia y alta tenacidad.

Fuente: PROCOMSAC

-*Telas arpilleras*. Telas laminadas o planas tejidas, enrollados sobre tubos de cartón PVC, usado para cercos, construcción, galpones de aves, mantos para el secado de grano, entre otros.

### **Telas arpilleras**



**Figura 12.** Telas planas tejidas y/o laminadas enrolladas sobre tubos de cartón PVC. Forradas con tela laminada para el transporte.

Fuente: PROCOMSAC

-*Malla Rachel*. Es un tejido fabricado de polietileno de alta densidad (HDPE), aditivos UV y pigmentos. Usado en plantas, animales y personas, debido a su resistencia a los rayos ultravioleta y su control sobre condiciones de temperatura.

#### **Malla Rachel**



**Figura13.** La malla Rachel es un tejido fabricado a partir de material de polietileno de alta densidad (HDPE), pigmentos y aditivos UV, las cuales se han convertido en un producto apreciado por su calidad y durabilidad, resiste la acción de los rayos ultravioletas provenientes del sol, controla las condiciones de temperatura y humedad.

Fuente: PROCOMSAC

-*Driza*. Producto 100% de polipropileno, se utilizan aditivos y materia prima establecidos en la norma FDA, el cual reglamenta productos en contacto directo con alimento. Usado en el rubro de la construcción y pesquería.

#### **Driza**



**Figura14.** Driza de polipropileno 100% virgen Utilizamos aditivos y materia prima conformes con las normas FDA exigidas para productos en contacto directo con alimentos.

Fuente: PROCOMSAC

### **3.1.2. Descripción del proceso productivo**

*3.1.2.1. Solicitud de materia prima.* Para iniciar el proceso productivo se necesita de la materia prima que se basa en los siguientes componentes:

*Polipropileno(PP).* Es también conocido por sus siglas PP, es uno de los polímeros termoplásticos, más utilizados para industrias textiles y envases hasta dispositivos médicos, materiales de laboratorio y componentes automovilísticos. Tiene una elevada resistencia contra diversos agentes químicos, así como contra álcalis y ácidos.

*Carbonato de calcio.* Es un suplemento alimenticio y también un mineral importante para la industria del plástico, generalmente en polímeros, PVC, polietileno, poliéster, etc. El carbonato de calcio se caracteriza por su alta pureza, elevado nivel de blancura, lo que permite brindar tonos blancos, baja abrasividad y bajo costo.

*Masterbash.* Pigmentos o aditivos utilizados con un sistema de coloración para polímeros mediante la dosificación de un condensado de colorantes dispersados dentro de una resina portadora en forma de granza, unido con el polímero base durante el proceso de coloración.

*Pellet.* Generado del Scrap, que es el residuo de polipropileno generado en el proceso de extrusión, que pasa por un proceso que convierte a estos residuos en producto nuevamente reutilizable.

*3.1.2.2. Extrusión de cintas.* El proceso de extrusión es conocido también como la elaboradora de cintas que serán almacenados en bobinas, este producto aparece de la combinación de polipropileno, masterbash y carbonato de calcio todo ello para la protección UV. Las materias deben ser dosificadas en proporciones que se requieren para cada color de cinta y denier. En este proceso el operario debe realizar una inspección visual de la línea de extrusión y tener en consideración los parámetros adecuados que debe contar la máquina para el denier, cantidad de cintas, velocidad de la línea, unidad de bomba de fusión y temperatura del horno.

### Línea de extrusión de cinta



**Figura 15.** El proceso de extrusión es conocido también como la elaboradora de cintas que serán almacenados en bobinas.

Fuente: Elaboración propia

*3.1.2.3. Pesado de cinta.* La cinta que ha sido producido en las líneas de extrusión, es pesada para poder tener las cantidades necesarias para empezar la producción en la siguiente área.

*3.1.2.4. Pesado de la cinta embobinada.* En esta parte la cinta es embobinado y pesado de tal manera pueda ser tejido.

*3.1.2.5. Proceso de telar.* Para una mejor descripción del proceso se debe resaltar que es necesario vestir el telar y tejer la manga, son dos acciones diferentes, el vestido del telar es la estructura como será tejido el saco y la segunda acción básicamente en el tejido. El proceso empieza con la carga del embobinado, después la puesta en marcha del telar y posteriormente se pasará a la descarga e identificación de mangas.

### Proceso de telar



**Figura 16.** En el proceso de telar es el proceso de vestir para posteriormente tejer la manga.

Fuente: Elaboración propia

**3.1.2.6. Laminación.** Es aquí donde se recubre la manga tejida por ambas caras con una lámina de Polietileno y UV esto permite aumentar la resistencia y protección contra los rayos ultravioleta. El proceso se inicia cuando el operario realiza la dosificación y mezcla establecida de la materia prima y los distintos aditivos. La mezcla es añadida a la tolva principal mediante el sistema de succión de material, así el sistema extrusor quedara listo para iniciar el proceso.

### Laminación



**Figura 17.** En el proceso de laminación se recubre la manga tejida por ambas caras con una lámina de polietileno y UV.

Fuente: Elaboración propia

**3.1.2.7. Impresión.** En este proceso el operador juega un papel importante ya que tiene por objetivo la descarga del clisé y el drenaje de la pintura., posteriormente a la carga del clisé a la impresora y el llenado de pintura en las bombas de succión. Para la utilización del clisé se debe considerar el diámetro del rodillo a utilizar, distancias necesarias entre logos, distancia del largo del saco, etc.

### Impresión



**Figura 18.** En el proceso de impresión se plasma el diseño del cliente.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.8. *Conversión.* En este proceso de fabricación las mangas tubulares son cortadas automáticamente según las especificaciones del cliente, después de realizar esta operación se adhiere un parche en la base del saco, el cual evita falsificaciones en la marca del producto.

### Conversión



**Figura 19.** En el proceso de conversión las mangas tubulares son cortadas automáticamente según las especificaciones del cliente.

Fuente: Elaboración propia

3.1.2.9. *Enfardelado.* Es el último proceso de la fabricación de fabricación de sacos, son empaquetados en fardos de 1000 unidades para ser trasladados al almacén.

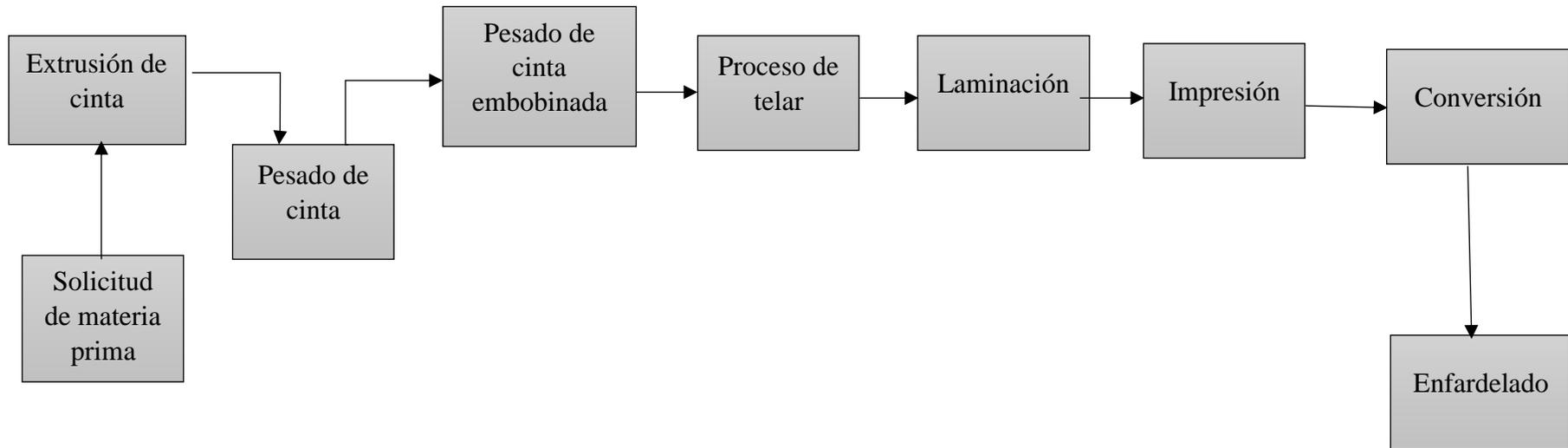
### Enfardelado



**Figura 20.** El proceso de enfardelado es la última etapa en el proceso de producción, aquí se empaquetan los sacos en bloques de 1000 unidades.

Fuente: Elaboración propia

**Diagrama de flujo del proceso productivo de la empresa.**



**Figura 21.** El diagrama muestra la secuencia en la elaboración de productos de la empresa PROCOMSAC, siendo el enfardelado el proceso final del proceso productivo.

Fuente: Elaboración propia

### 3.1.3. *Análisis de la problemática*

El área de extrusión resulta ser el proceso decisivo para la producción de 7 hilos diferentes, por ello mejorando la elaboración de cintas se generará mayores ingresos a la empresa, mediante la observación y la recolección de datos se logró detectar que la empresa tiene un problema de asignación de tareas para la optimización de la producción como podremos observar a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3.**

*Demanda no atendida de enero a octubre del 2019*

Nombre del producto	Producción (Kg)	Demanda máxima (Kg)	Demanda no atendida (Kg)
Sacos big bag	576,920.75	680,766	103,845.25
Sacos leno	233,080.32	272,704	39,623.68
Malla rachel	252,503.68	295,429	42,925.32
Sacos tejidos negros	177,214.14	207,341	30,126.86
Sacos tejidos/laminados	609,887.65	768,458	158,570.35
Sacos valvulados	461,536.60	539,998	78,461.40
Telas arpilleras	289,138.86	338,292	49,153.14
<b>Total</b>	<b>2,600,282.00</b>	<b>3,102,988</b>	<b>502,706.00</b>

Fuente: Elaboración propia

La empresa PROCOMSAC durante el periodo enero a octubre del 2019 priorizo la producción de cintas según el orden de pedidos, como muestra la tabla 4.

**Tabla 4**  
*Utilidad percibida de enero a octubre del 2019*

Nombre del producto	Utilidad	Producción (Kg)	Total
Sacos big bag	S/0.38	576,920.75	S/219,229.89
Sacos leno	S/0.35	233,080.32	S/81,578.11
Malla raschel	S/0.19	252,503.68	S/47,975.70
Sacos tejidos negros	S/0.26	177,214.14	S/46,075.68
Sacos tejidos/laminados	S/0.22	609,887.65	S/134,175.28
Sacos valvulados	S/0.45	461,536.60	S/207,691.47
Telas arpilleras	S/0.29	289,138.86	S/83,850.27
Total		2,600,282.00	S/820,576.40

Fuente: Elaboración propia

Existe una demanda no atendida que genera pérdidas a la organización, dejando de percibir por otros productos de mayor utilidad como muestra la tabla 5.

**Tabla 5.**  
*Utilidad de la demanda no atendida de enero a octubre del 2019*

Nombre del producto	Utilidad	Producción no atendida (kg)	Utilidad no atendida
Sacos big bag	S/0.38	103,845.25	S/39,461.20
Sacos leno	S/0.35	39,623.68	S/13,868.29
Malla rachel	S/0.19	42,925.32	S/8,155.81
Sacos tejidos negros	S/0.26	30,126.86	S/7,832.98
Sacos tejidos/laminados	S/0.22	158,570.35	S/34,885.48
Sacos valvulados	S/0.45	78,461.40	S/35,307.63
Telas arpilleras	S/0.29	49,153.14	S/14,254.41
Total		502,706.00	S/153,765.80

Fuente: Elaboración propia

Por ello el desarrollo del presente trabajo de investigación es fundamental y necesario para aumentar la utilidad así generar mayores ingresos y tener más recursos económicos para crear un plan de mantenimiento preventivo y establecer un plan de producción que no implique la fabricación solamente de los sacos con mayor costo en el mercado.

### *3.1.3.1. Resultados de la aplicación de instrumentos*

*Número de líneas de extrusión.* En el área de extrusión se fabrican cintas para diferentes productos que comercializa la empresa los cuales codificaremos como muestra la siguiente tabla.

**Tabla 6**

*Hilos fabricados en el área de extrusión*

<b>N°</b>	<b>Nombre del producto</b>	<b>Codificación</b>
1	Sacos big bag	H1
2	Sacos leno	H2
3	Malla rachel	H3
4	Sacos tejidos negros	H4
5	Sacos tejidos/laminados	H5
6	Sacos valvulados	H6
7	Telas arpilleras	H7

Fuente: Elaboración propia

*Utilidad de cada producto.* Es necesario detallar los costos en la materia prima, así como, el gasto que generan las maquinas ya está incluido en el costo de fabricación del producto. La utilidad que presentan después de pasar el área de extrusión.

**Tabla 7***Utilidad de cada producto*

Nombre del producto	Codificación	Costo del producto	Precio de venta	Utilidad
Sacos big bag	H1	S/5.88	S/7.35	S/0.38
Sacos leno	H2	S/3.65	S/4.56	S/0.35
Malla rachel	H3	S/3.52	S/4.40	S/0.19
Sacos tejidos negros	H4	S/3.50	S/4.37	S/0.26
Sacos tejidos/laminados	H5	S/3.34	S/4.18	S/0.22
Sacos valvulados	H6	S/3.09	S/3.86	S/0.45
Telas arpilleras	H7	S/2.14	S/2.67	S/0.29

Fuente: Elaboración propia

*Numero de máquinas.* Aquí se registró el número de máquinas en el área de extrusión, la cual presenta tres líneas de fabricación de cintas para la elaboración de sacos, es necesario mencionar que la línea de extrusión Starex es la más moderna que cuenta actualmente la empresa.

**Tabla 8***Número de máquinas*

Nº	Línea extrusora (marca)	Codificación
1	Starex	M1
2	Yonming	M2
3	Lorex	M3

Fuente: Elaboración propia

*Demanda mínima de cada tipo de cinta.* Es el volumen mínimo de cintas que se debe producir y entregar obligatoriamente de enero a octubre del 2019 según los requerimientos de la cartera de clientes fijos que maneja la empresa, de no cumplirse existe una penalidad en perjuicio de organización.

**Tabla 9**

*Demanda mínima de cada tipo de cinta*

Nombre del producto	Codificación	Demanda mínima (Kg)
Sacos big bag	H1	530767
Sacos leno	H2	214434
Malla rashell	H3	232303
Sacos tejidos negros	H4	163037
Sacos tejidos/laminados	H5	561097
Sacos valvulados	H6	424614
Telas arpilleras	H7	266008

Fuente: Elaboración propia

*Clasificación de las cintas en referencia a las líneas de extrusión.* La empresa ya cuenta con una clasificación para la fabricación de las cintas en cada línea de extrusión como muestra el siguiente cuadro.

**Tabla 10**

*Producción en referencia a las líneas de extrusión*

Línea de extrusión	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
M1	✓	X	X	X	✓	✓	X
M2	X	X	X	✓	X	X	✓
M3	X	✓	✓	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia.

Entonces las codificaciones serían las siguientes:

H1, H2, H3, H4, H5, H6 y H7 son la codificación de tipos de cintas que la empresa produce en el área de extrusión.

M1, M2 y M3 son las capacidades de cada extrusora para producir las cintas.

*Definición de las variables:*

*H1M1*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 1 para producir H1

*H2M3*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 3 para producir H2

*H3M3*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 3 para producir H3

*H4M2*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 2 para producir H4

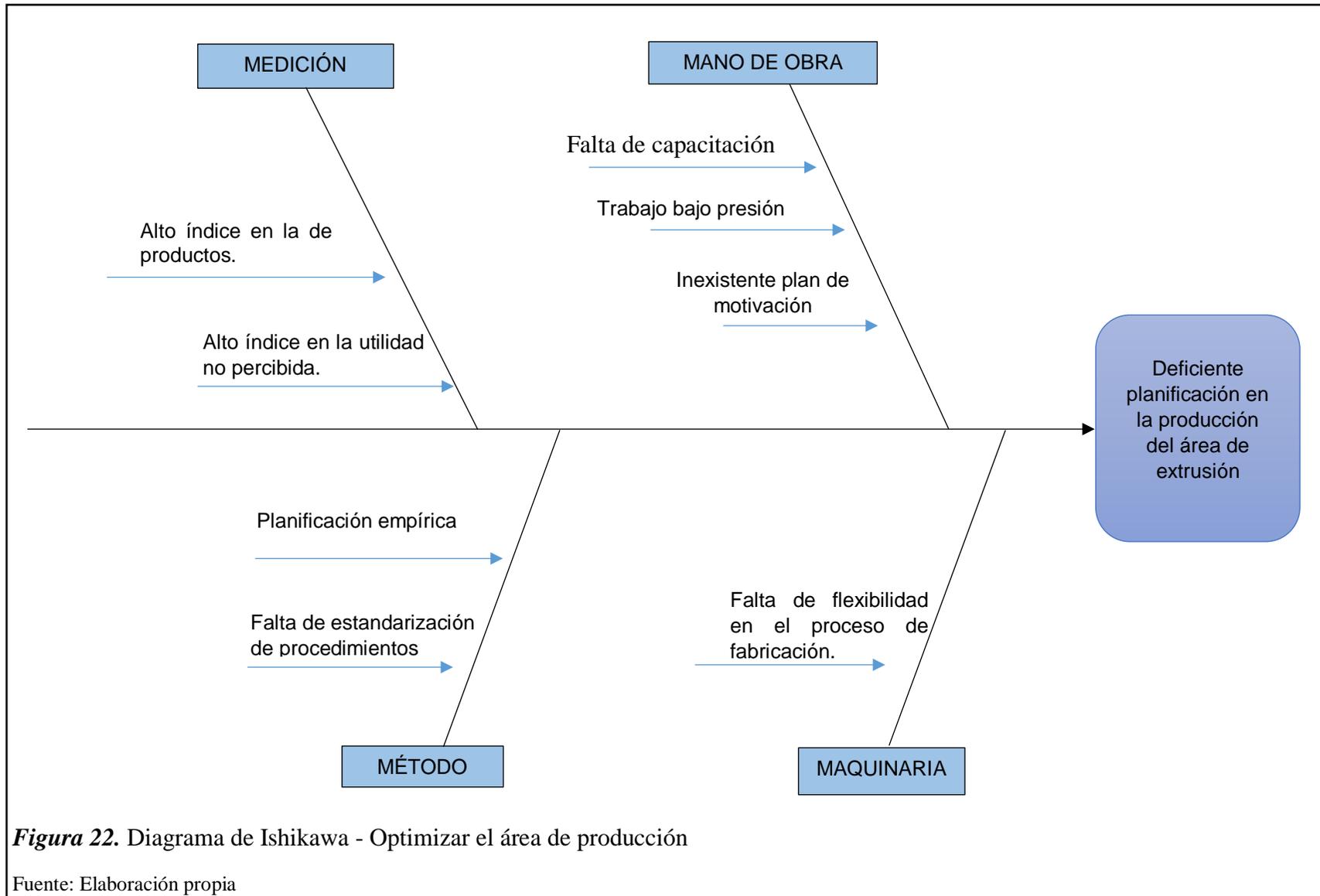
*H5M1*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 1 para producir H5

*H6M1*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 1 para producir H6

*H7M2*: Capacidad requerida por cada EXTRUSORA 2 para producir H7

### *3.1.3.2. Herramientas de diagnóstico*

*Diagrama de Ishikawa.* Se realizó un diagrama de Ishikawa para identificar las principales causas que ocurren en el área de extrusión, como se muestra en la figura N°22.



*Selección del software.* A continuación, se procede a realizar una matriz de ponderación con el fin de evaluar el software que se va a utilizar en la resolución del modelamiento matemático de la programación lineal, se tiene tres softwares: el primero es el Solver que es un programa de complemento de Microsoft Excel, el software Tora es una aplicación muy simple y con una interfaz agradable con el usuario y el LINGO (optimizador de generalización lineal) es una herramienta de formulación de problema lineales y no lineales.

Se procede a hacer una lista con los criterios a considerar en la matriz.

- Descarga e instalación.
- Facilidad en el uso.
- Flexibilidad en el ingreso de datos.
- Portabilidad del software.
- Reputación.

Ponderación de criterios.

- [1] Costo de software: 3 (gratis), 2(prueba o piloto) y 1 (precio con licencia).
- [2] Utilización: 5 (muy fácil), 4 (fácil), 3(normal), 2 (difícil) y 1 (muy difícil).
- [3] Base de datos: 3 (flexible) 2 (normal) y 1 (complicado).
- [4] Cumplimiento de portabilidad: 5 (muy alto), 4 (alto), 3 (medio), 2(bajo) y 1 (muy bajo).
- [5] Reputación: 3 (conocida), 2 (mencionada) y 1 (desconocida).

Teniendo los puntos de vista y la ponderación de los criterios para la elección de un software de programación lineal, se procederá a elaborar el cuadro de ponderado, el cual indicará que alternativa de las propuestas es la mejor para resolver la ecuación obtenida del modelamiento matemático.

**Tabla 11***Ponderación de softwares*

Actividades de los software	Componente Solver	Software TORA	Software LINGO
Descarga e instalación.	2	2	2
Facilidad en el uso.	3	4	3
Flexibilidad en el ingreso de datos.	2	2	1
Portabilidad.	3	4	4
Reputación	3	3	2
TOTAL	13	15	12

En esta situación se obtiene que el software Tora tiene una alta prioridad de acuerdo al resultado de la tabla N°10, el cual está en base a los objetivos que se persiguen de un programa que ayude en la resolución de la ecuación que resulta del modelamiento matemático, por lo que lo sitúa por encima de los otros dos softwares siguiéndole en prioridad el componente Solver y por último el LINGO.

**3.1.4. Situación actual de la variable dependiente.**

La producción entre los meses de enero-octubre 2019 en el área de extrusión es de 2,600,282.0 Kg es el valor de la capacidad real de producción que contamos para producir cintas para una posterior elaboración de sacos.

**Tabla 12***Producción del área de extrusión enero-octubre*

Línea de extrusión	Producción (Kg)
Starling	1,615,140.00
Lores	485,584.00
Yonming	466,353.00
TOTAL	2,600,282.00

Fuente: Elaboración propia

En el área de extrusión cada línea extrusora tiene predeterminado la producción de un determinado material de cinta, en base a ello la empresa PROCOMSAC ha suministrado la producción de cintas en referencia a los pedidos, datos entregados por la empresa.

**Tabla 13***Ingreso recibido por cada tipo de cinta*

<b>Tipo de hilo</b>	<b>Utilidad S/.</b>	<b>M1 (Kg)</b>	<b>M2 (Kg)</b>	<b>M3 (Kg)</b>	<b>Utilidad Total (S/.)</b>
H1	0.38	576,920.75	X	X	219,229.89
H2	0.35	X	X	233,080.32	81,578.11
H3	0.19	X	X	252,503.68	47,975.70
H4	0.26	X	177,214.14	X	46,075.68
H5	0.22	609,887.65	X	X	134,175.28
H6	0.45	461,536.60	X	X	207,691.47
H7	0.29	X	289,138.86	X	83,850.27
<b>TOTAL</b>					<b>820,576.40</b>

Fuente: Elaboración propia

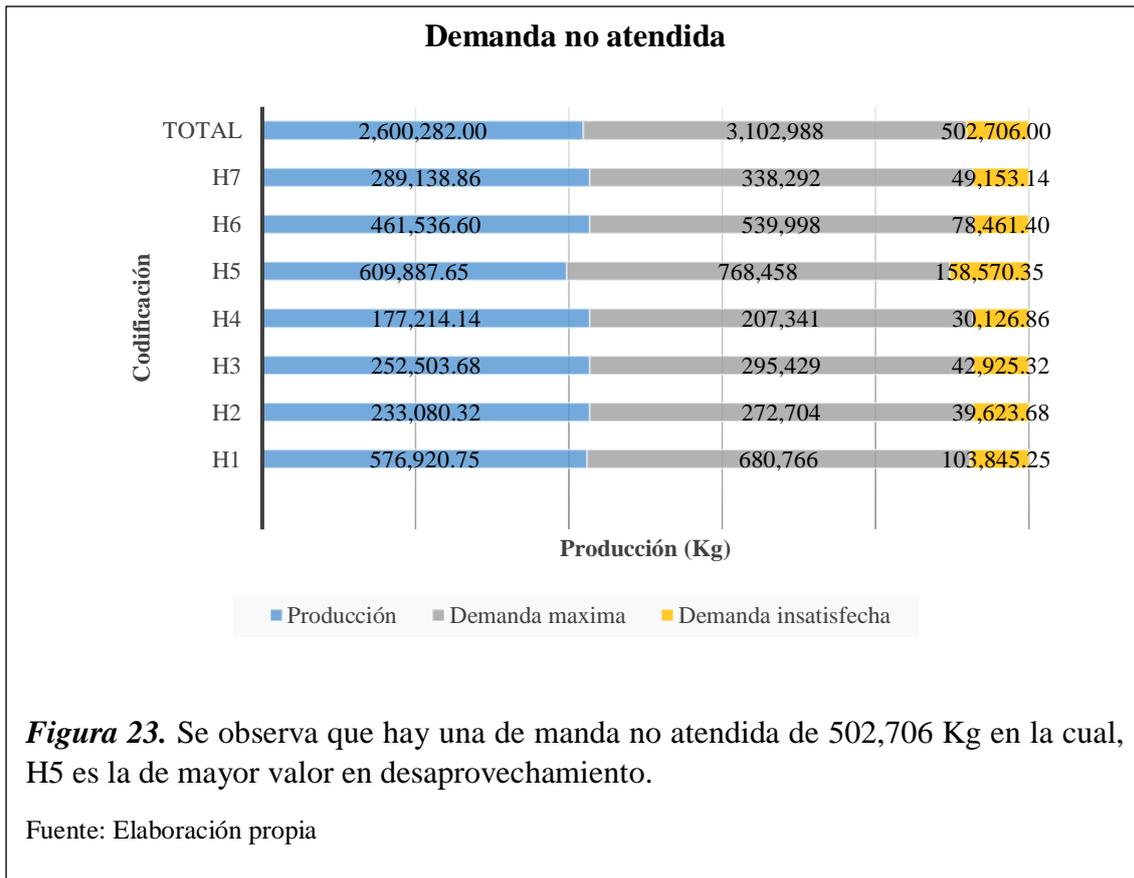
3.1.4.1. *Indicadores de producción.* El estado actual de producción presenta los siguientes indicadores:

*Demanda no atendida.* La empresa actualmente tiene una demanda insatisfecha de 502,706.00 Kg, por la demanda no atendida lo que genera pérdidas a la organización.

**Tabla 14***Demanda no atendida*

<b>Nombre del producto</b>	<b>Codificación</b>	<b>Producción (Kg)</b>	<b>Demanda máxima (Kg)</b>	<b>Demanda no atendida (Kg)</b>
Sacos big bag	H1	576,920.75	680,766	103,845.25
Sacos leno	H2	233,080.32	272,704	39,623.68
Malla raschel	H3	252,503.68	295,429	42,925.32
Sacos tejidos negros	H4	177,214.14	207,341	30,126.86
Sacos tejidos/laminados	H5	609,887.65	768,458	158,570.35
Sacos valvulados	H6	461,536.60	539,998	78,461.40
Telas arpilleras	H7	289,138.86	338,292	49,153.14
	<b>Total</b>	<b>2,600,282.00</b>	<b>3,102,988</b>	<b>502,706.00</b>

Fuente: Elaboración propia



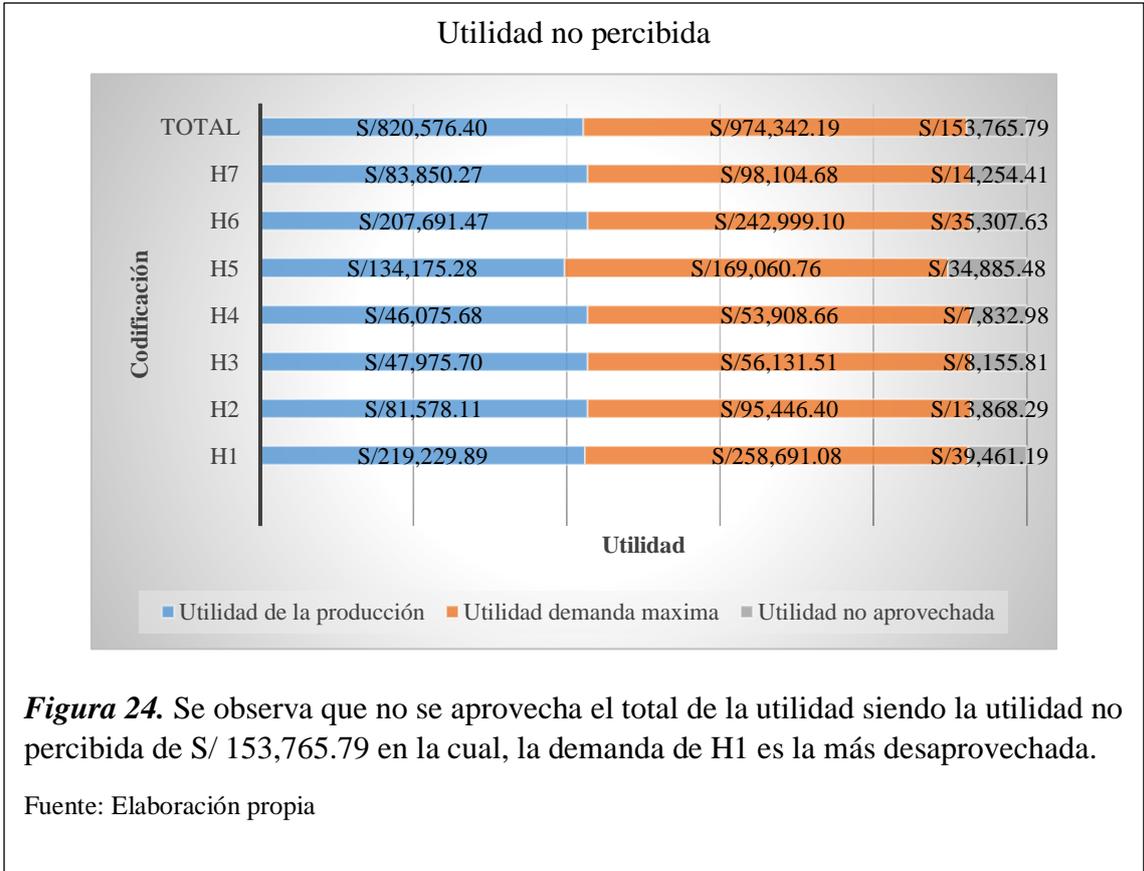
*Utilidad no percibida.* Es el indicador que muestra la cantidad de dinero que se deja de percibir por la demanda no atendida.

**Tabla 15**

*Utilidad no aprovechada*

Nombre del producto	Codificación	Utilidad de la producción	Utilidad demanda máxima	Utilidad no percibida
Sacos big bag	H1	S/219,229.89	S/258,691.08	S/39,461.19
Sacos leno	H2	S/81,578.11	S/95,446.40	S/13,868.29
Malla raschel	H3	S/47,975.70	S/56,131.51	S/8,155.81
Sacos tejidos negros	H4	S/46,075.68	S/53,908.66	S/7,832.98
Sacos tejidos/laminados	H5	S/134,175.28	S/169,060.76	S/34,885.48
Sacos valvulados	H6	S/207,691.47	S/242,999.10	S/35,307.63
Telas arpilleras	H7	S/83,850.27	S/98,104.68	S/14,254.41
	Total	S/820,576.40	S/974,342.19	S/153,765.79

Fuente: Elaboración propia



Variación porcentual de la producción:

$$\frac{S/974,342.19 - S/820,576.40}{S/820,576.40} * 100\% = 18,73\%$$

Actualmente la empresa en utilidad deja de percibir S/ 153,765.79, siendo el 18.74 % no aprovechada por la demanda insatisfecha.

### 3.2. Propuesta de mejora.

#### 3.2.1. *Fundamentación.*

Para formular el modelo de la programación lineal en el área de extrusión para maximizar la contribución que reciba la empresa en un periodo de 10 meses, se utilizara el software TORA para la solución del problema.

Para el desarrollo la aplicación de la programación lineal en el área de extrusión es necesario determinar el número de variables que afectan la producción en esta área y en qué manera influyen su producción en la utilidad de la empresa.

*Productos del área de extrusión.* Son obtenidos netamente del área de extrusión los cuales son siete tipos de cintas que se codifico en la tabla 6.

*Utilidad por cada tipo de cinta.* Según la documentación que brinda la empresa, dado que realizan sus propios estudios para detallar la utilidad se detalló en la tabla 7.

Se debe tener en consideración que ya existe una fabricación de cada tipo de cinta en una determinada línea de extrusión, como indica la tabla 16. Pero en la actualidad existe una demanda en los diferentes tipos de cintas no pudiéndose cubrir los pedidos de los clientes, lo que se busca es optimizar la producción de la empresa la cual se ve reflejada en la utilidad en un determinado periodo de 10 meses, para lo cual ordenamos los datos recolectados de la empresa en la tabla 4, que se muestra a continuación:

**Tabla 16**

*Resumen de valores para la programación lineal en el software TORA*

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
Utilidad(S/ /Kg)	0.38	0.35	0.19	0.26	0.22	0.45	0.29
M1	576,921	X	X	X	609,888	461,537	X
M2	X	X	X	177,214	X	X	289,139
M3	X	233,080	252,504	X	X	X	X
mínimo	530,767	214,434	232,303	163,037	561,097	424,614	266,008
máximo	680,766	272,704	295,429	207,341	768,458	539,998	338,292

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.2. *Objetivos de la propuesta*

Elaborar un modelo de programación lineal en el área de extrusión para optimizar la producción en la empresa PROCOMSAC

### 3.2.3. *Desarrollo de la propuesta*

Luego de la recolección de datos para la elaboración de las restricciones que son la capacidad real de producción y de la función a maximizar se procederá al planteamiento del modelo para ingresarlo al software TORA para la aplicación de la programación lineal, el cual ayudará a asignar cuanta producción de cada línea de extrusión es necesaria, para satisfacer la demanda y aumentar los ingresos a la empresa optimizando la utilidad de la empresa.

3.2.3.1. *Upper Bound.* Se restringirá la capacidad de producción de cada cinta teniendo en consideración la demanda máxima de cintas en enero a octubre del 2019.

$$H1M1 \leq 680,766$$

$$H2M3 \leq 272,704$$

$$H3M3 \leq 295,429$$

$$H4M2 \leq 207,341$$

$$H5M1 \leq 768,458$$

$$H6M1 \leq 539,998$$

$$H7M2 \leq 338,292$$

3.2.3.2. *Lower Bound.* Se restringirá la capacidad mínima de producción cada cinta teniendo en consideración la demanda mínima en el periodo enero a octubre del 2019.

$$H1M1 \geq 530,767$$

$$H2M3 \geq 214,434$$

$$H3M3 \geq 232,303$$

$$H4M2 \geq 163,037$$

$$H5M1 \geq 561,097$$

$$H6M1 \geq 424,614$$

$$H7M2 \geq 266,008$$

3.2.3.3. RHS. Es el valor máximo que las variables puedan alcanzar, el cual es la capacidad de las líneas de extrusión.

$$H1 + H5 + H6 \leq 1,615,140$$

$$H4 + H7 \leq 466,353$$

$$H2 + H3 \leq 485,584$$

Por lo tanto, la función a maximizar será la siguiente:

$$Zmax = M1(0.38 * H1 + 0.22 * H5 + 0.25 * H6) + M2(0.26 * H4 + 0.29 * H7) + M3(0.35 * H2 + 0.19 * H3)$$

En el software TORA quedara expresado de la siguiente manera:

### Introducción de datos en el software TORA

File EditGrid

LINEAR PROGRAMMING

Problem Title: <b>Nueva utilidad del área de extrusión</b> Nbr. of Variables: <b>7</b> No. of Constraints: <b>4</b>	Editing Grid: >>Click Maximize(Minimize)-cell to change it to Minimize(Maximize) >>To DELETE, INSERT, COPY, or PASTE a column(row), click heading cell of target column(row), then invoke pull-down EditGrid menu >>For INSERT mode, a single(double) click of target row/column will place new row/column after(before) target row/column.
---	--

INPUT GRID - LINEAR PROGRAMMING

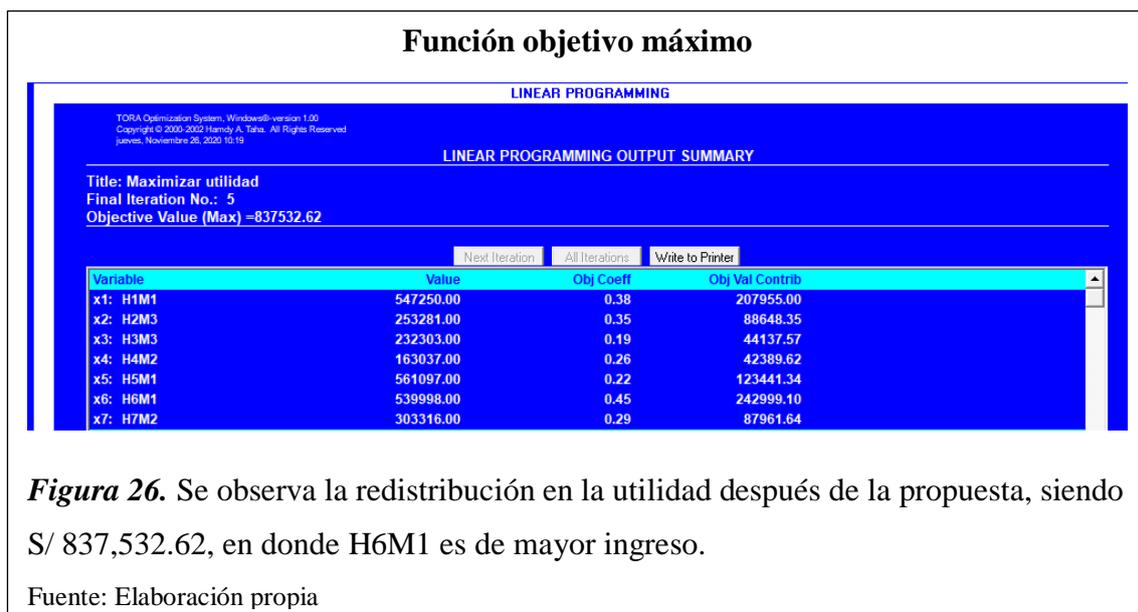
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	Enter <, >, or =	R.H.S.
Var. Name	H1M1	H2M3	H3M3	H4M2	H5M1	H6M1	H7M2		
Maximize	0.38	0.35	0.19	0.26	0.22	0.45	0.29		
Constr 1	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00	<=	1648345.00
Constr 2	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	<=	466353.00
Constr 3	0.00	1.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<=	485584.00
Constr 4	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	>=	1.00
Lower Bound	530767.00	214434.00	232303.00	163037.00	561097.00	424614.00	266008.00		
Upper Bound	680766.00	272704.00	295429.00	207341.00	768458.00	539998.00	338292.00		
Unrestr'd (y/n)?	n	n	n	n	n	n	n		

SOLVE Menu
MAIN Menu
Exit TORA

**Figura 25.** Los datos recolectados de la producción de hilos son digitados en el software TORA como son, las variables de los productos (Var. Name), ganancia percibida por cada hilo (maximize), la demanda mínima que se debe producir (Lower Bound), la demanda máxima de cada hilo (Upper Bound) y los límites de producción (R.H.S.), utilizados para maximizar la función objetivo.

Fuente: Elaboración propia

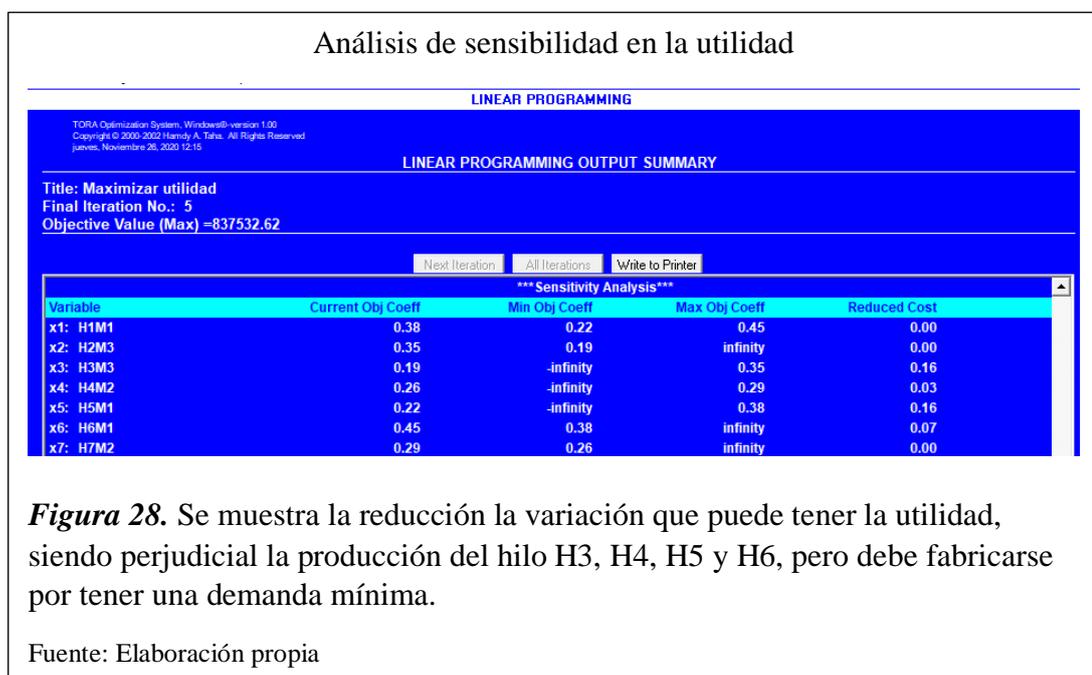
3.2.3.4. *Función objetivo máximo.* Es la multiplicación de las variables por la utilidad percibida de cada cinta, siendo la suma de la función objetivo. Sirve para saber cuál es la cinta que más contribuye para incorporar los esfuerzos en su producción, además, si por algún problema no podemos fabricar algún producto perderíamos la cantidad que está determinada en el TORA



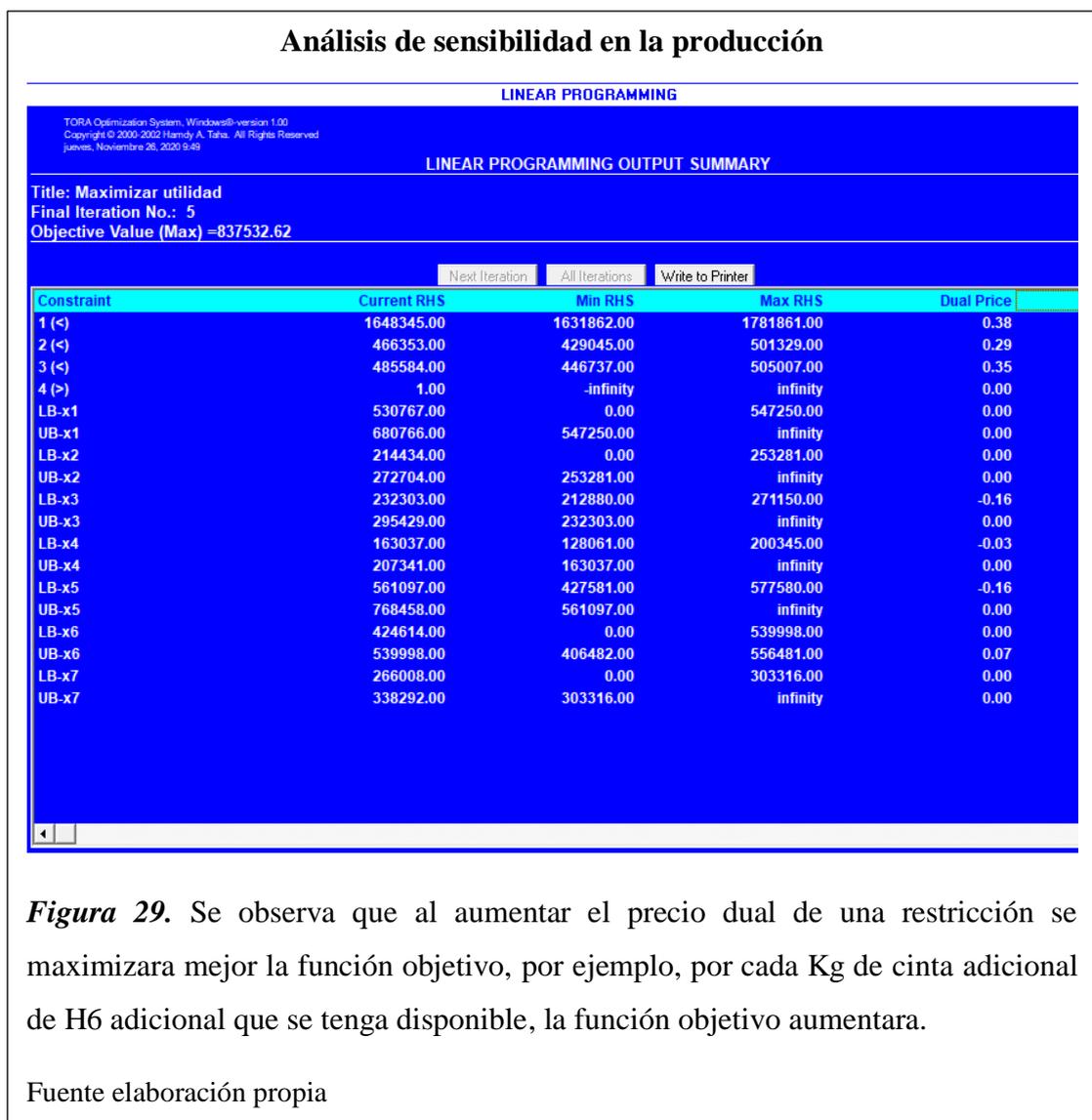
3.2.3.5. *Restricciones.* Son los valores límites de las variables, es decir, son los valores permitidos que puede tomar, el cual indica si generamos holgura (-) o un superávit (+) de la acción realizada.



3.2.3.6. *Análisis de sensibilidad de la función objetivo.* La producción de cintas ya tiene una utilidad preestablecida, con un estudio de la empresa como muestra la tabla (X), pero en el análisis de sensibilidad proporciona rangos en los cuales puede variar el margen de contribuciones, siendo el “Reduced Cost” la utilidad mínima que deba tener la utilidad, si se encuentra fuera de los límites producirá una repercusión en la línea de producción.



3.2.3.7. *Análisis de sensibilidad de la producción.* Es el cambio marginal de la función objetivo cuando el valor del lado derecho de la restricción aumenta en una unidad, es decir, el precio dual de una restricción es la mejora del valor óptimo si se agrega una unidad adicional al lado derecho de dicha restricción, dado que el precio de una restricción es la mejora del valor óptimo, esta mejora va depender si el modo es de maximizar o minimizar la función objetivo. Si el objetivo es maximizar, entonces la mejora significa un aumento del valor óptimo.



### 3.2.4. Situación de la variable dependiente con la propuesta

Se utilizó la programación lineal como herramienta para optimizar la producción de cintas, se ha considerado mantener la capacidad real de producción, pero fabricar hilos que generan mayor utilidad a la empresa, respetando que cada máquina ya tiene predestinado la fabricación de un determinado hilo para la elaboración de sacos, como muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 17**  
*Variable dependiente con la propuesta*

Nombre del producto	Codificación	Producción con la propuesta	Producción sin la propuesta	Diferencia
Sacos big bag	H1	547,250	576,920.75	-29,670.75
Sacos leno	H2	253,281	233,080.32	20,200.68
Malla raschel	H3	232,303	252,503.68	-20,200.68
Sacos tejidos negros	H4	163,037	177,214.14	-14,177.14
Sacos tejidos/laminados	H5	561,097	609,887.65	-48,790.65
Sacos valvulados	H6	539,998	461,536.60	78,461.40
Telas arpilleras	H7	303,316	289,138.86	14,177.14

Fuente: Elaboración propia

La mejora en utilidad con la propuesta en referencia a la producción en el área de extrusión usando la programación lineal.

**Tabla 18**  
*Mejora en la utilidad con la propuesta*

Nombre del producto	Codificación	Utilidad con la propuesta	Utilidad sin la propuesta	Total
Sacos big bag	H1	S/207,955.00	S/219,229.89	-S/11,274.89
Sacos leno	H2	S/88,648.35	S/81,578.11	S/7,070.24
Malla raschel	H3	S/44,137.57	S/47,975.70	-S/3,838.13
Sacos tejidos negros	H4	S/42,389.62	S/46,075.68	-S/3,686.06
Sacos tejidos/laminados	H5	S/123,441.34	S/134,175.28	-S/10,733.94
Sacos valvulados	H6	S/242,999.10	S/207,691.47	S/35,307.63
Telas arpilleras	H7	S/87,961.64	S/83,850.27	S/4,111.37
Total		S/837,532.62	S/820,576.40	S/16,956.23

Fuente: Elaboración propia

En el área de extrusión cada línea extrusora tiene predeterminado la producción de un determinado material de hilo, en base a ello la empresa PROCOMSAC ha suministrado la producción de hilos en referencia a los pedidos, datos entregados por la empresa.

**Tabla 19**

*Ingreso recibido por cada tipo de hilo*

<b>Tipo de hilo</b>	<b>Utilidad S/.</b>	<b>M1 (Kg)</b>	<b>M2 (Kg)</b>	<b>M3 (Kg)</b>	<b>Utilidad Total (S/.)</b>
H1	0.38	547,250.00	X	X	207,955.00
H2	0.35	X	X	253,281.00	88,648.35
H3	0.19	X	X	232,303.00	44,137.57
H4	0.26	X	163,037.00	X	42,389.62
H5	0.22	561,097.00	X	X	123,441.34
H6	0.45	539,998.00	X	X	242,999.10
H7	0.29	X	303,316.00	X	87,961.64
				<b>TOTAL</b>	<b>837,532.62</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.2.4.1. Indicadores con la propuesta de mejora.

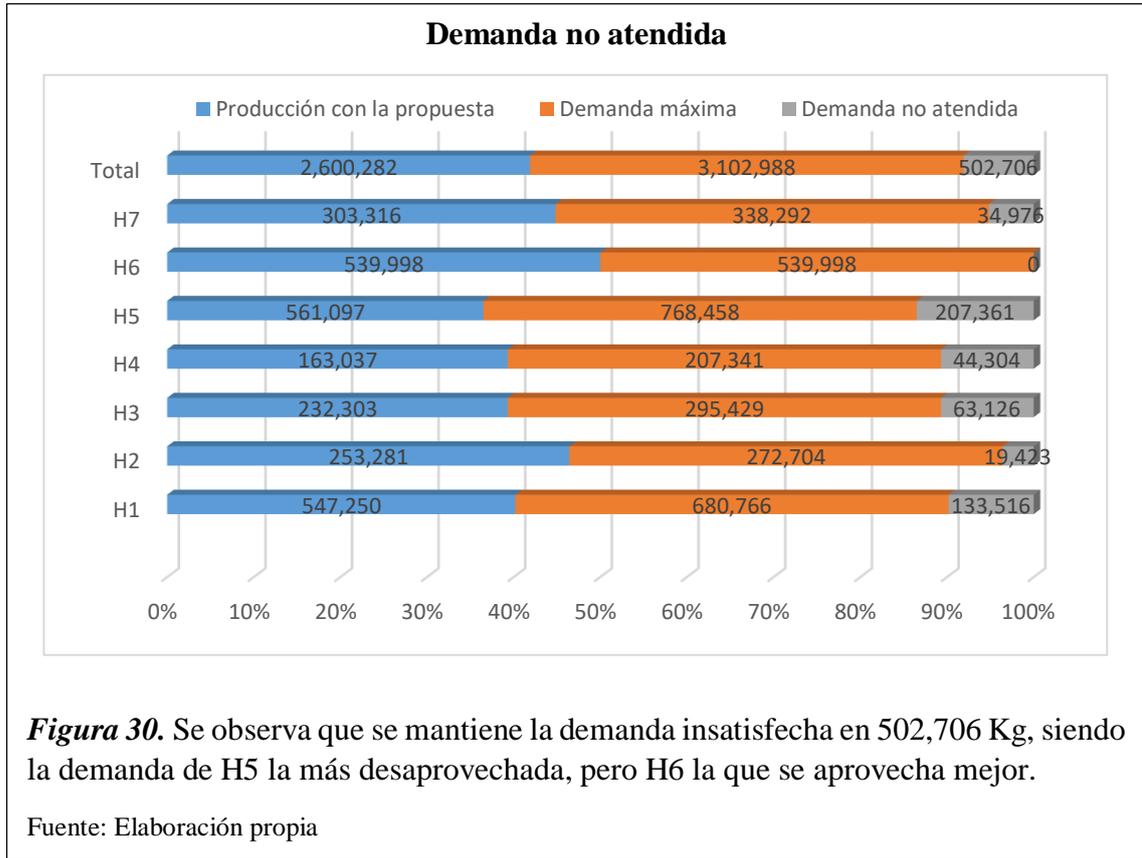
*Demanda insatisfecha.* Con la propuesta de mejora en la optimización de la producción mediante la programación lineal se logró una mejora en optimizar la producción de productos con mayor utilidad.

**Tabla 20**

*Demanda no atendida con la propuesta de mejora*

<b>Nombre del producto</b>	<b>Codificación</b>	<b>Producción con la propuesta</b>	<b>Demanda máxima</b>	<b>Demanda no atendida</b>
Sacos big bag	H1	547,250	680,766	133,516
Sacos leno	H2	253,281	272,704	19,423
Malla raschel	H3	232,303	295,429	63,126
Sacos tejidos negros	H4	163,037	207,341	44,304
Sacos tejidos/laminados	H5	561,097	768,458	207,361
Sacos valvulados	H6	539,998	539,998	0
Telas arpilleras	H7	303,316	338,292	34,976
	<b>Total</b>	<b>2,600,282</b>	<b>3,102,988</b>	<b>502,706</b>

Fuente: Elaboración propia



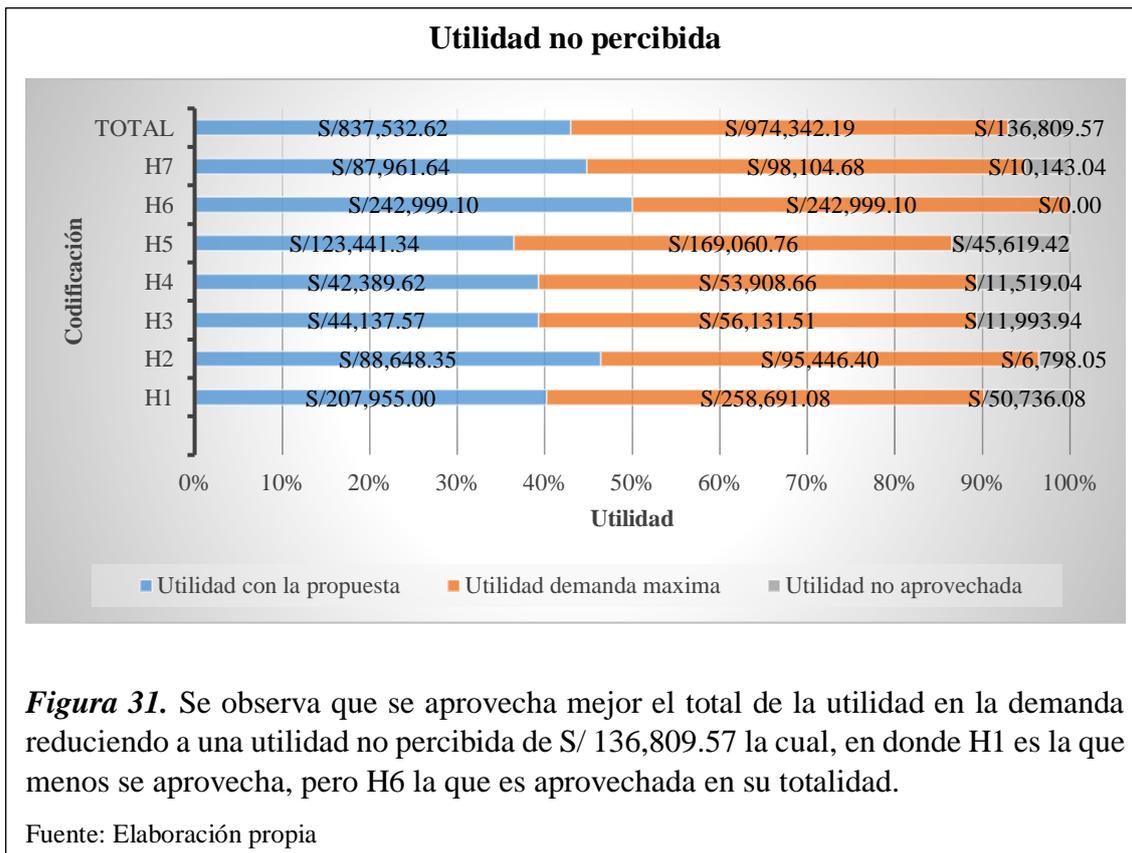
*Utilidad no percibida.* Existe una utilidad desaprovechada por la demanda de los productos comercializados, con la propuesta de mejora se reduce la utilidad no percibida por la empresa.

**Tabla 21**

Utilidad no percibida después de la mejora

Nombre del producto	Codificación	Utilidad con la propuesta	Utilidad demanda máxima	Utilidad no percibida
Sacos big bag	H1	S/207,955.00	S/258,691.08	S/50,736.08
Sacos leno	H2	S/88,648.35	S/95,446.40	S/6,798.05
Malla raschel	H3	S/44,137.57	S/56,131.51	S/11,993.94
Sacos tejidos negros	H4	S/42,389.62	S/53,908.66	S/11,519.04
Sacos tejidos/laminados	H5	S/123,441.34	S/169,060.76	S/45,619.42
Sacos valvulados	H6	S/242,999.10	S/242,999.10	S/0.00
Telas arpilleras	H7	S/87,961.64	S/98,104.68	S/10,143.04
	Total	S/837,532.62	S/974,342.19	S/136,809.57

Fuente: Elaboración propia



3.2.4.2. *Plan de capacitación sobre liderazgo a los trabajadores.* En el área de extrusión se realizará la capacitación al personal para mejorar el compromiso ante la empresa.

- *Objetivos.* Mejorar el compromiso de los trabajadores.
- *Alcance.* El presente plan de capacitación es de aplicación para todo el personal que trabaja en el área de extrusión de la empresa PROCOMSAC.
- *Cotización.* La cotización realizada para las capacitaciones de liderazgo se puede apreciar en el anexo 5.
- *Cronograma.* Como se muestra a continuación.

**Tabla 22**

*Cronograma de capacitación*

Grupo	Fecha
Trabajadores en general.	30/06/2020

Fuente: Elaboración propia

• *Temario.* La motivación es el deseo de hacer mucho esfuerzo por alcanzar las metas de la organización, condicionado por la necesidad de satisfacer alguna necesidad individual. Si bien la motivación general se refiere al esfuerzo por conseguir cualquier meta, nos concentramos en metas organizacionales a fin de reflejar nuestro interés primordial por el comportamiento conexo con la motivación y el sistema de valores que rige la organización.

### 3.2.5. *Análisis beneficio/costo de la propuesta*

3.2.5.1. *Inversión de la mejora.* Se muestran todos los costos que incluye la implementación de estas propuestas, separándolos en tangibles e intangibles. Cabe resaltar que el total de estos costos representará la inversión inicial que requiere el proyecto en el periodo de diez meses en que se estimó su implementación, el cual esta detallado en la tabla 23.

**Tabla 23**

*Inversión de la propuesta*

Descripción	Costo
Asesoría por diseño de la programación	S/2,800.00
Capacitación al supervisor sobre investigación operativa	S/1,200.00
Capacitación sobre liderazgo	S/ 500.00
CD	S/ 10.00
Total	S/4,510.00

Fuente: Elaboración propia

Se obtienen como total S/4,510.00, el cual es la inversión del proyecto.

3.2.5.2. *Beneficio*. La utilidad implementando la programación lineal será s/ 16,956.22 como muestra la tabla 24.(Anexo 5)

**Tabla 24**

*Calculo del beneficio mensual de la propuesta*

Mes	Sin la mejora	Con la propuesta	Beneficio
Enero	S/94,917.24	S/96,900.73	S/1,983.48
Febrero	S/94,243.49	S/96,212.89	S/1,969.40
Marzo	S/49,443.78	S/50,477.00	S/1,033.23
Abril	S/42,919.34	S/43,816.22	S/896.88
Mayo	S/59,594.51	S/60,839.86	S/1,245.35
Junio	S/75,402.24	S/76,977.92	S/1,575.68
Julio	S/92,768.97	S/94,707.56	S/1,938.59
Agosto	S/101,813.49	S/103,941.08	S/2,127.59
Setiembre	S/98,710.69	S/100,773.45	S/2,062.76
Octubre	S/110,762.64	S/112,885.90	S/2,123.26
Total	S/820,576.40	S/837,532.62	S/16,956.22

Fuente: Elaboración propia

$$\frac{S/974,342.19 - S/837,532.62}{S/837,532.62} * 100\% = 16,33\%$$

Con la propuesta la utilidad no percibida se redujo en S/ 136,809.57 siendo el %16.33 la utilidad desaprovechada.

**Tabla 25** *Flujo de caja de la propuesta*

Descripción	Mes 0	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre
Ingresos		S/1,983	S/1,969	S/1,033	S/897	S/1,245	S/1,576	S/1,939	S/2,128	S/2,063	S/2,123
Beneficio		S/1,983	S/1,969	S/1,033	S/897	S/1,245	S/1,576	S/1,939	S/2,128	S/2,063	S/2,123
Egresos	S/4,510										
Inversión	-S/4,510										
Asesoría por diseño de la programación	S/2,800										
Capacitación al supervisor sobre investigación operativa	S/1,700										
CD	S/10										
Utilidad bruta	-S/4,510	S/1,983	S/1,969	S/1,033	S/897	S/1,245	S/1,576	S/1,939	S/2,128	S/2,063	S/2,123
Impuestos	-S/4,510	S/575	S/571	S/300	S/260	S/361	S/457	S/562	S/617	S/598	S/616
Utilidad neta	-S/4,510	S/1,408	S/1,398	S/734	S/637	S/884	S/1,119	S/1,376	S/1,511	S/1,465	S/1,508
Utilidad acumulada		-S/3,102	-S/1,703	-S/970	-S/333	S/551	S/1,670	S/3,046	S/4,557	S/6,021	S/7,529

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.3. *Calculo del VAN Y TIR.* Para proceder con el cálculo del VAN y el TIR, en cuanto al VAN el porcentaje de tasa de descuento del banco de crédito se ha considerado de 12%, según el Banco de Crédito del Perú, así mismo no se estimó un financiamiento, ya que la empresa está en la capacidad de poder realizar la inversión

**Tabla 26** *Beneficio de la propuesta*

Utilidad neta	-S/4,510	S/1,408	S/1,398	S/734	S/637	S/884	S/1,119	S/1,376	S/1,511	S/1,465	S/1,508
Utilidad acumulada		-S/3,102	-S/1,703	-S/970	-S/333	S/551	S/1,670	S/3,046	S/4,557	S/6,021	S/7,529

Fuente: Elaboración propia

El VAN arroja que el proyecto es viable, ya que tras calcular los flujos del beneficio y los costos junto la inversión inicial queda S/ 2 103.66 como ganancia, por tanto, se considera viable. El TIR indica que habrá un 22% de rentabilidad al realizar la inversión, lo cual es bueno debido a que es mayor al TMAR de 12% considerado.

**Tabla 27** *Indicador VAN y TIR*

Indicador	Valor
VAN	S/2,103.66
TIR	22%

Fuente: Elaboración propia

3.2.5.4. Costo Beneficio. Para realizar un análisis de costo-beneficio, debemos considerar los gastos de la implementación de la programación lineal y la utilidad implementando la programación:

$$C/B \text{ de la propuesta} = \frac{S/9,315.01}{S/4,026.79} = S/ 2.31$$

### 3.3. **Discusión de resultados**

A nivel general se concluye que existe una problemática en el área de extrusión de la fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro SA.C, con la producción de 2,600,282.00 Kg percibiendo una utilidad de S/ 820,576.40, siendo el 18.73% la utilidad no percibida durante los 10 meses que se evaluó el proyecto., para la solución en la producción de los 7 hilos polipropilenos se planteó aplicar un modelo de programación lineal en el área de extrusión el cual logro optimizar la producción de la empresa PROCOMSAC, manteniendo la capacidad real de producción como muestra la tabla 13, siendo la mejora como se muestra en la tabla 19, que contradice a Nieto y Prieto, (2017) quienes buscan optimizar la producción en referencia al tiempo de trabajo de una maquina lo cual no es viable debido a que no existe un pronóstico de fallas de maquinaria u otros casos fortuitos.

La utilización de la programación lineal es una herramienta básica que se puede aplicar en cualquier campo de la industria, solo es necesario modelar matemáticamente la función objetivo, determinar las variables y restricciones como muestra en la tabla (Resumen de valores para la programación lineal en el software TORA), concordando con Collado (2017) en la que solo necesita de un modelo matemático con restricciones para saber lo que se va fundir. El software TORA cuenta con un entorno de programación más flexible para la introducción de datos como se muestra en la tabla 16, discrepando con Azahuanche y Pajares (2017), quienes para la implementación de la programación lineal utilizan el complemento Solver de Excel para la ejecución el cual se necesita mayor expertísimo en la programación de datos para obtener la función objetivo.

La investigación resulta rentable económicamente, ya que la aplicación de la programación lineal en el área de extrusión durante 10 meses, debido a que la inversión fue S/4,510.00 generando un ingreso de S/. 16,956.23 soles, teniendo en consideración que se recupera S/ 2.75 soles por cada sol invertido, además al darle un adecuado seguimiento a la demanda de productos y mejorando la capacidad real de producción aumentando el margen de ganancia en la utilidad, contradiciendo a Gárate (2016), quien para el diseño de un sistema de producción utilizó la herramienta de producción esbelta 5S's la cual generó un gasto de S/. 11,140 soles, teniendo en consideración que se recupera S/. 1.61 soles por cada sol invertido, el estudio tuvo una duración de 9 meses.

**CAPITULO IV:**  
**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 4.1. CONCLUSIONES

Se concluye que mediante la aplicación de programación lineal en el área de extrusión se disminuyó la utilidad no percibida de 18.73% en un 16.33%, beneficiando a la fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro S.A.C con S/. 16,956.22 durante 10 meses.

Mediante el diagnostico actual de la empresa se identificaron 7 tipos de hilos en el área de extrusión, 6 operarios en un turno de día (12 horas), 6 operarios en el turno de la noche (12 horas), 2 mecánicos encargados de mantener en funcionamiento las líneas de extrusión, 2 supervisores y 3 líneas de extrusión; además se obtuvieron la producción de los hilos en los meses de enero-octubre del 2019, siendo 2,600,282.00 Kg resultando una utilidad de S/820,576.40, se encontraron distintas causas que generaban la baja producción como la inadecuada planificación en la producción y falta de estandarización en los procesos, lo que provoco una utilidad no percibida de 18.73%.

Se concluye que mediante la aplicación de la programación lineal utilizando el software TORA, se maximizara la función  $Z = M1(0.38 * H1 + 0.22 * H5 + 0.25 * H6) + M2(0.26 * H4 + 0.29 * H7) + M3(0.35 * H2 + 0.19 * H3)$ , siendo S/ 837,532.6 la utilidad con la propuesta, reduciéndose en 16.33% la utilidad no percibida.

Mediante el análisis del costo beneficio de la propuesta se concluye que con una inversión de S/ 4,510 soles se obtuvo un beneficio-costos de 2.31 indicándonos que obtendremos S/ 1.31 por cada S/ 1 invertido, un valor actual neto de S/ 2,103.66; una tasa interna de retorno de 22% y finalmente la inversión, según el flujo de caja con la propuesta, se recupera al quinto mes.

## **4.2. RECOMENDACIONES**

Se le recomienda para próximas investigaciones analizar la implementación del método de programación lineal en todo el proceso productivo, de tal manera que se pueda sacar un beneficio.

Se sugiere para próximas investigaciones evaluar el precio de venta en los tipos de hilos, en base a las recomendaciones del software TORA para optimizar más la utilidad.

Para futuras investigaciones se recomienda analizar otros métodos de programación lineal que apoyen o complementen al modelo propuesto, para determinar si se obtiene un mayor beneficio en la producción, por ende, en la utilidad de la empresa.

Se recomienda para próximas investigaciones analizar a detalle la producción del área de extrusión por cada tipo de producto.

## V. REFERENCIAS

- Abril, M., & Lema, E. (2015). *Automatización de una línea de producción de bobinado de fleje tipo PP en el área de empaque para un sistema extruder #1 de extrusión de plástico en la empresa Codiempaquas del Ecuador Cía Ltda.* Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/9906/1/T-ESPE-048658.pdf>
- Aldás, D., Reyes, J., Morales, L., & Sánchez, .. S. (2017). *Optimización de costos de inventarios con algoritmo de programación lineal. Cap aplicado industria de producción.* Ambato: Universidad técnica de Ambato. Obtenido de <https://repositorio.uide.edu.ec/bitstream/37000/3316/3/document%20%287%29.pdf>
- Alejandro, L. G. (2017). *Gestión de inventario en el almacén de la Corporación Ganajur S.A.C en Cercado de Lima, 2017.* Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Anaya, J. (2016). *Organización de la producción industrial: Un enfoque de gestión operativa en fábrica.* Madrid: ESIC. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=cH3uDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA11&dq=libros++de+producci%C3%B3n+en+una+planta+industrial&ots=DFIbYmrzVy&sig=bjH0o-DWmqYe8taZZ3KBZQpybqU#v=onepage&q=libros%20%20de%20producci%C3%B3n%20en%20una%20planta%20industrial&f=tr>
- Aparicio, U. J., Borjas, F. D., Grosskewing, N. G., & Garcia, S. L. (2016). Modelacion de escenarios mediante programacion lineal y muestreo aleatorio simple. (I. T. Misantla, Ed.) *Congreso Interdisciplinario de Ingenierias*, 156.
- Aramburú, J. (2016). *Programación lineal para la mejora del proceso de envasado en una empresa de lubricantes.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Obtenido de [http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6433/Aramburu\\_pj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/cybertesis/6433/Aramburu_pj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Azahuanche, G., & Pajares, J. (2017). *Modelo de planeamiento y programación del abastecimiento de materia prima para la producción del concreto premezclado a través de la programación lineal para incrementar la utilidad de la empresa Elmer Oscar Quintana Guevara S.R.L. - La Colpa.* Cajamarca: Universidad Privada del Norte. Obtenido de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12042/Azahuanche%20Vel%20c3%a1squez%20Gianella%20Alejandra%20-%20Pajares%20Terrones%20Judith%20Stephanie%20Fabiola.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Azuero Azuero, Á. E. (diciembre de 2019). Significatividad del marco metodológico en el desarrollo de proyectos de investigación. *KOINONIA, IV*, 110-127.

- Brito, C. (2017). *Modelo de Programacion Lineal para la Optimizacion del Manejo de los Recursos de Simulacion en las Pequeñas Fincas Productoras de Leche en la Provincia de Chimborazo*. Chimborazo: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=qY40DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=teor%C3%ADa+de+restricciones&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwjsibiIpNnlAhUIvVkKHRO2C1MQ6AEIOTAC#v=onepage&q=teor%C3%ADa%20de%20restricciones&f=true>
- Cáceres, D., Reyes, J., García, M., & Sánchez, C. (2015). *Modelo de programación lineal para planeación de requerimiento de materiales*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Obtenido de <http://rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/322/236>
- Calduch, R. (2014). Métodos y técnicas de investigación internacional. *Universidad Complutense de Madrid*. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:5H-S4jHsM8IJ:https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-55163/2Metodos.pdf+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- Calvay, J. (2016). *Rediseño eléctrico de una máquina extrusora de Polipropileno para incrementar la productividad en la empresa C&D SAC, Chiclayo 2016*. Lima: Universidad César Vallejo. Obtenido de [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/8746/calvay\\_chj.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/8746/calvay_chj.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Campos Vásquez, M. A., & Ricra Quispe, R. D. (2017). *IMPACTO DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL CON EL USO DE SOLVER EN LA OPTIMIZACIÓN DE LAS OPERACIONES DE CARGIO - ACARREO DE MINERAL EN LA MINA LAGUNAS NORTE, LA LIBERTAD, 2017*. Cajamarca: Universidad Privada del Norte.
- Carranza, D. &. (2019). *Optimización de utilidades en la empresa DM&E S.A.S. mediante un modelo de programación lineal que permita mejorar su rendimiento operacional*. Giradot: Universidad Piloto de Colombia.
- Carrasco, S. (2018). *Metodología de la investigación científica: Pautas metodológicas para diseñar y elaborar el proyecto de investigación* (Segunda ed.). Lima: Editorial San Marcos.
- Ccora, A., & De la Cruz, M. (2019). Evaluación del diseño de la extrusora prototipo en el proceso de extrusión quinua de la empresa Foods Perú Andinos S.R.L. *Universidad Continental*. Obtenido de [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5208/4/IV\\_FIN\\_108\\_TE\\_Ccora\\_DelaCruz\\_2019.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/5208/4/IV_FIN_108_TE_Ccora_DelaCruz_2019.pdf)
- Chachapoya, D. (2014). *Producción de alimentos balanceados en una planta procesadora en el Cantón Cevallos*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de

<https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:tL8eQaMRrPEJ:https://bidigital.epn.edu.ec/handle/15000/8927+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>

- Collado, C. E. (2017). *Modelamiento matemático para optimizar la carga metálica en un horno de fusión para la elaboración de fundiciones grises por el método de la programación lineal - método simplex*. Arequipa: Universidad nacional de San Agustín de Arequipa.
- Cruz, F. A. (2018). *Planificación y gestión de la demanda. COMLO210*. Antequera: IC Editorial.
- De La Cruz Falcón, Á. J. (2017). *Maximización de la producción de derivados lácteos caso Empresa Industrial PLEMSA S.A.* Lima: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- De la Hoz, E., Vélez, J., & López, L. (2017). Modelo de Programación Lineal Multiobjetivo para la Logística Inversa en el Sector Plástico de Polipropileno. *Inf. tecnol.*, 31 - 36. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v28n5/art05.pdf>
- Espin, J. (2015). *Propuesta de una mejora para corregir las deficiencias en el área de extrusión durante el proceso de producción de fundas de Polietileno en la empresa Migplas S.A.* Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/16928/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n%20de%20Omar%20Esp%C3%ADn%20Philco.pdf>
- Fierro F, C. (2017). *MODELO DE PROGRAMACIÓN LINEAL PARA UN SISTEMA DE PLANEACIÓN DE REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP) EN LA EMPRESA DE CALZADO DE SEGURIDAD INDUSTRIAL MARCIA*. AMBATO: UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO.
- FMI. (2020). *INFORMES DE PERSPECTIVAS DE LA ECONOMÍA MUNDIAL OCTUBRE DE 2020*. FMI.org.
- Gárate, C. (2016). *Diseño de un sistema de producción, para mejorar la productividad en la fábrica de accesorios y tuberías plásticas E.I.R.L., basado en producción Esbelta-Chiclayo 2015*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán. Obtenido de <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/2307/G%C3%81RATE%20CERVERA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García, C. A., Garcia, P. G., Pérez, P. M., Sánchez, R. L., & Serrano, B. A. (2013). *Manual de dirección de operaciones. Decisiones Estratégicas*. Santander: Universidad de Cantabria.
- Gavilanez, A., & Puente, R. (2017). *PROGRAMACION LINEAL. CASO DE ESTUDIO. MAXIMIZACION DE UTILIDADES APLICANDO EL METODO GRAFICO MEDIANTE SOFTWARE LIBRE*. Ecuador: Servicios Académicos Intercontinentales S.L. B-93417426. Obtenido de <https://books.google.com.pe/books?id=9XhaDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Programaci%C3%B3n+Lineal+definici%C3%B3n&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwj4iPK9j9nlAhWCnFkKHcFFCSkQ6AEIOzAD#v=onepage&q=Programaci%C3%B3n%20Lineal%20definici%C3%B3n&f=true>

- Gonzalez, B., & Suarez, A. (2018). *Desarrollo de un modelo de asignación de horarios en el entorno educativo mediante la programación lineal*. Santiago de Cali: Universidad autónoma de occidente.
- Guerrero, D., & López, A. (2014). *Sistema de planeación, programación y control de la producción para la empresa AJC Servicios S.A.S*. Bogotá: Universidad Libre de Colombia. Obtenido de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9445/Documento%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Heredia, A. (2016). *Reducción de mermas en la producción de sacos polipropileno para la mejora de la productividad en la empresa El Águila S.R.L*. Chiclayo: Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Obtenido de [http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/806/1/TL\\_%20HerediaEspinozaAnais.pdf](http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/20.500.12423/806/1/TL_%20HerediaEspinozaAnais.pdf)
- Hernán, M. A. (2016). *Diseño de Sistema de Gestion de Seguridad y Salud en el Trabajo para Industria de Plásticos PROCOMSAC EN CHICLAYO*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- Hernández Rodriguez, N. R., Lora Freyre, R. J., Moreno Garcia, R. R., Parra Pérez, K. M., & Fajardo Alcolea, E. (2017). Planificacion de la produccion industrial con enfoque integrador asistido por las tecnologías de la información. *SCIELO*.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Investigación Científica*. D.F. México: Mc Graw Hill. Obtenido de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Herrera, G., & Marrugo, H. (2017). Modelo de planificación para la cadena de aprovisionamiento en una empresa del sector plástico. *Revista Espacios*, 23 - 47. Obtenido de <https://www.revistaespacios.com/a17v38n53/a17v38n53p23.pdf>
- Humberto, G. S. (2017). *Programacion Lineal Aplicada* (Segunda edición ed., Vol. II). Bogota, Colombia: ECOE EDICIONES.
- Jablonsky, J., & Skocdopolova, V. (2017). Análisis de Optimización del Proceso de Produccion en una Empresa Procesadora de Leche. *Scielo Analytics*.
- Jablonsky, J., & Skocdopolova, V. (2017). Análisis y Optimización del Proceso de Producción en una Empresa Procesadora de Leche. *Scielo Analytics*.
- Jimenez, A., Borroto, A., Montesino, M., Gómez, J., Jiménez, Y., & Sosa, F. (2015). Mejoramiento de la eficiencia energética en los procesos de extrusión de tuberías plásticas. *Energética*. Obtenido de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012015000200011&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1815-59012015000200011&script=sci_arttext&tlng=pt)
- Maldonado, P. J. (2018). *Metodologia de la Investigacion Social*. Bogota, Colombia: Ediciones de la U.

- Marchena, L. J. (2017). *Plan basado en técnicas de manufactura esbelta en el proceso de producción para reducir desperdicios en la empresa PROCOMSAC Pimentel 2017*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo.
- Martínez, I., López, F., & Vértiz, G. (2014). *Investigación de Operaciones: Serie Universitaria Patria*. México: Grupo Editorial Patria. Obtenido de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=md3hBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=libros++de+m%C3%A9todos+de+programaci%C3%B3n+lineal+&ots=ydC4VzogI0&sig=BpkxOSCT1rQ4U36PB6ESWw2Xj\\_U#v=onepage&q=libros%20%20de%20m%C3%A9todos%20de%20programaci%C3%B3n%20lineal&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=md3hBAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=libros++de+m%C3%A9todos+de+programaci%C3%B3n+lineal+&ots=ydC4VzogI0&sig=BpkxOSCT1rQ4U36PB6ESWw2Xj_U#v=onepage&q=libros%20%20de%20m%C3%A9todos%20de%20programaci%C3%B3n%20lineal&f=false)
- MINCETUR. (2018). *Reporte Comercial de Productos*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- MINCETUR. (2018). *Reporte mensual de comercio*. Lima: Biblioteca Nacional del Perú.
- Mora, L. (2014). *Optimización de las líneas de producción del área de extrusión en la empresa Sunchodeza representaciones Cia Ltda*. Guayaquil: Universidad de Guayaquil. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/4030>
- Moscoso, J., & Yalan, A. (2015). *Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles utilizando Six Sigma*. Lima: Universidad de San Martín de Porres. Obtenido de <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:aVk9YzcLJ90J:www.repositorioacademico.usmp.edu.pe/handle/usmp/1471+&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- Moya, M. (2013). Planeación de la producción mediante la programación lineal con incertidumbre: Uso del programa OR Brainware Decision Tools. *Tecnología en Marcha*, 85-95. Obtenido de <https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:73Ah36KRfcEJ:https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835573.pdf+&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=pe>
- Nieto, D., & Prieto, D. (2017). *Optimización del tiempo de producción de mezclado bajo un modelo matemático en una planta extrusora de tubos*. Bogotá: Universidad distrital Francisco José de Caldas. Obtenido de <http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5970/6/NietoBernalDianaMagdalena2017.pdf>
- Ñaupas, H., Mejía, E., Novoa, E., & Villagómez, A. (2014). *Metodología de la Investigación, Cuantitativa, Cualitativa y Redacción de tesis*. Bogotá: Ediciones De La U.
- Ñaupas, H., Valdivia, M., Palacios, J., & Romero, H. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis*. Bogotá: Ediciones de la U.
- O'Donnell, K. (2016). *Manual de producción de panadería*. Bloomington: Xlibris US.
- Ortiz, V., & Caicedo, Á. (2014). *Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa de calzado*. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/849/84933912004.pdf>

- Ortiz, V., & Caicedo, A. (2015). *Procedimiento para la programación y control de la producción de una pequeña empresa*. Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander. Obtenido de <http://revistas.ubiobio.cl/index.php/RI/article/view/1917/3235>
- Penagos, J., Acuña, M., & Galvis, L. (2012). Teoría de Restricciones Aplicada a Empresas Manufactureras y de Servicios. *Dialnet*, 79-86. Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6579705>
- Quispe Saavedra, A. A., & Sanchez Chauca, P. A. (2018). *Aplicación de la programación lineal para maximizar la eficiencia en hornos de recalentamiento, empresa siderurgica del Perú S.A.A. Chimbote, 2018*. Chimbote: Universidad César Vallejo.
- Ramirez, C. J. (2019). *Produccion y comercializacion de cerveza artesanal*. Lima: Universidad de Piura.
- Reyes, J., & Molina, C. (2014). *Plan agregado de producción mediante el uso de un algoritmo de programación lineal: Un caso de estudio*. Ambato: Universidad técnica de Ambato. Obtenido de [http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/254](http://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/254)
- Romero, R. (2016). *Planeación y programación de la producción de bolsas de polietileno mediante programación lineal y entera mixta*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/10082/tesis.pdf?sequence=1>
- Sánchez, D., & Ramírez, N. (2017). *Diseño de un modelo de programación lineal para la planeación de producción en un cultivo de fresa, según factores costo/beneficio y capacidades productivas en un período temporal definido*. Granada: Universidad Militar Nueva Granada. Obtenido de <https://revistas.usb.edu.co/index.php/IngUSBmed/article/view/2564/2493>
- Suñe, T. A., Fonollosa, G. J., Fernández, A. V., & Sallán, L. J. (2016). *Metodos cuantitativos para la toma de decisiones*. Barcelona: Universidad Politecnica de Catalunya.
- Toapanta, E. (2019). *Modelo matemático de transporte en programación ineal. Una aplicación*. Quito: Universidad central del Ecuador.
- Valencia, N. E. (2018). *Programacion Lineal con Soluciones Detalladas*. Ambato: MEGAGRAF.
- Vélez, J. (2014). *Modelo de programación lineal multiobjetivo para la logística inversa del sector plástico de Polipropileno*. Cartagena de Indias: Universidad tecnológica de Bolívar. Obtenido de <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0066454.pdf>
- Villagómez, G., Viteri, J., & Medina, A. (2012). Teoría de restricciones para procesos de manufactura. *Universidad Tecnológica Equinoccial*, 14-28. Obtenido de <http://www.ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/7/7>

Villareal, K., & Vizuete, S. (2017). *Análisis y aplicación de un modelo de programación lineal para la optimización de la exportación de Flores, 2012-2016. Estudio de caso*. Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14072/1/T-UCE-0005-ES008-2017.pdf>

## VI. ANEXOS

### ANEXO N° 01: PERMISO PARA RECOJO DE INFORMACIÓN



#### AUTORIZACIÓN PARA EL RECOJO DE INFORMACIÓN

Chiclayo, 20 de enero del  
2019

Quien Suscribe:

SR.

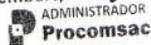
SR REPRESENTANTE LEGAL – PROCOM SAC

Autoriza: Permiso de recojo de información pertinente en función del proyecto de investigación denominado: **APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PROCOMSAC, PIMENTEL- 2019**

Por el presente el que suscribe **REMBERTH ALONSO FALLA ZULOETA**, representante legal de la empresa PROCOMSAC, autorizo a los alumnos: **Erick Enrique Mongrut Cuba** con DNI N° **72072137**, **Edwin Alexander Tigre Acosta** con DNI N° **47064274**, estudiantes de la escuela profesional de **INGENIERIA INDUSTRIAL** y autores del trabajo de investigación denominado: **APLICACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA PROCOMSAC. Pimentel – 2019**. Al uso de dicha información que conforma el expediente técnico, así como hojas de memoria, cálculos entre otros como planos para efectos exclusivamente académicos de la elaboración de tesis enunciada líneas arriba.

Se garantiza la absoluta confidencialidad de la información solicitada.

Atentamente,

  
Remberth Falla Zuloeta  
ADMINISTRADOR  


 965 912 575 - 978 994 930

 [www.procomsac.com.pe](http://www.procomsac.com.pe)

 [ventas@procomsac.com.pe](mailto:ventas@procomsac.com.pe)

Mz. G Lote 2 Parque Industrial, carretera a Pimentel - Chiclayo.  
Av. Chillón 470 (ex Lote 46) Urb. Industrial Chacra Cero - Comas - Lima



## ANEXO N° 02: GUÍA DE ENTREVISTA

Guía de Entrevista
Lugar: Fecha: Hora: Tema: Producción en el área de extrusión de la empresa.
<b>3. Presentación:</b>
Buenos días, por medio de la presente entrevista, se les agradece el poder brindar información relevante al tema en estudio, los cuales serán muy valiosos para el desarrollo del presente trabajo de suficiencia profesional.
<b>4. Preguntas formuladas:</b>
1. ¿La fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro S.A.C., considera que tiene problemas en el cumplimiento de pedidos programados? _____ _____
2. ¿Existe un cuello de botella? ¿De ser el caso, coméntenos porque razón el cuello de botella perjudica la producción de la empresa? _____ _____
3. ¿Qué medidas se ha tomado para tratar de aumentar la producción en el área de extrusión? _____ _____
4. ¿En base a qué criterio realizan la orden de producción? _____ _____
5. ¿En qué manera influye en la utilidad de la empresa? _____ _____
6. ¿Sabe la existencia de métodos para optimizar la producción?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

7. ¿Considera usted viable la ayuda de la programación lineal para optimizar el área de extrusión?

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

### **5. Despedida**

De acuerdo a lo conversado en esta entrevista, ¿Que comentarios o sugerencias nos podría brindar respecto al tema? Agradecemos, el tiempo brindado para la entrevista.

Fuente: Elaboración propia

### ANEXO N° 03: RESPUESTAS DE LA ENTREVISTA

<b>Preguntas de la Entrevista</b>	<b>Entrevista 1: Supervisor turno I</b>	<b>Entrevista 2: Supervisor turno II</b>
<p>1. ¿La fábrica de sacos Procesadora Comercializadora Montenegro S.A.C., considera que tiene problemas en el cumplimiento de pedidos programados?</p>	<p>La empresa durante su periodo de existencia se ha logrado posicionar dentro de las favoritas por su calidad y costos a diferencia de las demás empresas a nivel nacional, por tal motivo tenemos una cartera de clientes sólida que va creciendo en el transcurso de los años, la cual resulta un desafío para nuestra empresa. Pero tal crecimiento no se ha llevado de la mano con la mejora dejando una demanda insatisfecha que va creciendo con el transcurso de los años e imposibilita cubrir lotes de pedidos que van llegando a nuestra organización.</p>	<p>La empresa PROCOMSAC desde que inició sus operaciones se ha mantenido entre las favoritas para el abastecimiento en productos a base de propileno, para lo cual hemos definido 9 tipos de productos, los cuales varían según los requerimientos de los clientes, claro se les exige un mínimo de 5 toneladas, resulta que la empresa ya cuenta con contratados estables para diferentes años, los cuales no los podemos incumplir por las enormes penalidades que contienen, además hay pedidos de emergencia o nuevos clientes que se van sumando, pero lamentablemente existe una demanda no atendida por parte de la empresa.</p>
<p>2. ¿Existe un cuello de botella? ¿De ser el caso, coméntenos porque razón el cuello de botella perjudica la producción de la empresa?</p>	<p>El cuello de botella es el área de extrusión, debido a que en esa área tenemos tres líneas de extrusión las cuales se encargan de fabricar el hilo para la elaboración de los 8 productos comercializados por la empresa, en el periodo</p>	<p>El cuello de botella en toda fabrica es perjudicial porque ralentiza la producción en la empresa, en nuestro caso es el área de extrusión, compuesto por las líneas: Starex, lorex y Yonming las cuales ya tienen predestinados una fabricación</p>

	<p>enero a octubre 2019 se ha entregado 2,600,282 Kg de hilo los cuales no han sido suficiente para cubrir la demanda.</p>	<p>de cada tipo de hilo, siendo muy difícil cambiarlas porque toma horas en calibrar y produce más demoras por eso creemos conveniente dejar siempre la distribución ya establecida y fabricar con esos parámetros.</p>
<p>3. ¿Qué medidas se ha tomado para tratar de aumentar la producción en el área de extrusión?</p>	<p>Para lograr cubrir la demanda insatisfecha nos vemos en la necesidad de trabajar las 24 horas en el área de extrusión para lo cual contamos con en cada turno con un supervisor, un mecánico y 6 operarios para tener operativo dicha área.</p>	<p>Siendo el área de extrusión el área donde el proceso demora más, la gerencia considera conveniente que trabaje las 24 horas de dial en dos turnos los cuales se dividen de igual manera, el detalle radica en que el personal no debe de faltar ni mucho menos malograr el material, lo que ocasiona sanciones, los trabajadores muchas veces se ven incomodos por que las sanciones se reflejan en sus sueldos y en tiempos adicionales que se tienen que quedar para limpiar los scrap que se produce por material malogrado. Esto a veces sucede por falta de capacitación, lo que la empresa ira trabajando en el siguiente periodo para reducir el material inservible.</p>
<p>4. ¿En base a qué criterio realizan la orden de producción?</p>	<p>La empresa realiza la producción en base a lotes de pedidos que llegan a nuestra organización, es decir, es</p>	<p>La empresa como se ha mencionado, ya tiene una cartera de clientes fija que firma contratos por largo</p>

	<p>primordial entregar por contrato a inicio de temporada, después se atiende los que van llegando a la organización dejando de recibir los que llegan sin un aviso anticipado.</p>	<p>periodo de tiempo con la empresa, es por ello que primero se produce los hilos con un contrato de inicio de temporada, para después ir produciendo los pedidos que se van sumando, es decir, la producción la realizamos según la separación que se realiza por los pedidos dándose prioridad a los que van llegando, allí radica la fortaleza de la empresa en la puntualidad que tenemos para entregar y los clientes contentos, pero existe una cantidad considerable de pedidos que no se puede atender los cuales ya avisamos previamente con anticipación que no se podrá producir sus lotes de pedidos.</p>
<p>5. ¿En qué manera influye en la utilidad de la empresa?</p>	<p>Existe una demanda de 3,102,988 Kg en el periodo de enero a octubre 2019 la cual no se atendió 502,706 Kg siendo la utilidad no atendida S/ 153,765.80 lo cual es un dinero que se desaprovecha en la organización, como se ha indicado el modelo de producción y la falta de estandarización en los procesos conlleva estas pérdidas, además de que el espacio de la fábrica esta en</p>	<p>La empresa siempre ha respetado los contratos que se realizan con los clientes a pesar de que existe un poco margen de ganancia por la fabricación de algunos productos, pero la organización considera pertinente mantener la cartera de clientes y producir lo restante según los pedidos que se van realizando durante la temporada.</p>

	los límites para poder implementar otra línea de extrusión.	
6. ¿Sabe la existencia de métodos para optimizar la producción?	No, ya que mi trabajo en la organización resulta de 12 horas dedico la mitad de mi tiempo a la empresa y el resto a mi familia lo cual me imposibilita de la búsqueda de nuevos conocimientos, además que tenemos un trabajo de alta presión lo cual nos imposibilita probar nuevas cosas que no tengan un beneficio económico probado y por tal motivo la gerencia no lo aprobaría.	En el área de producción nos preocupamos por fabricar productos de calidad para mantener nuestra cartera de clientes anualmente, por tal motivo solo nos enfocamos en la producción y cumplir con los plazos de entrega sin tratar de experimentar ningún otro método que ayude a la optimización, debido a que si no resulte o no sea tan beneficioso conlleve a pérdidas de dinero y sería perjudicial para mi persona como supervisor. Mi persona está disponible de aprender nuevas cosas siempre y cuando mejoren la producción de la empresa y se vea reflejado en la utilidad.
7. ¿Considera usted viable la ayuda de la programación lineal para optimizar el área de extrusión?	No escuche nada acerca de la programación lineal ni su utilización en la industria, pero si resulta un método beneficioso para la organización y se prueba en base a una propuesta que sea respaldada con un beneficio económico pues se puede implementar en el área de fabricación.	Si resulta beneficioso en el aumento de la utilidad de la empresa, cualquier método probado científicamente es bienvenido a la empresa.

Fuente: Elaboración propia (2020)

## ANEXO N° 04: TABLAS DE PRODUCCIÓN ENERO - OCTUBRE 2019

**Tabla 28**

*Producción de cintas enero 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL (Kg)
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
2-Ene	8 302.89	93.5	6 309.56	14	13	0	28 543.41
3-Ene	3 060.33	97	3 187.51	19	5 657.55	62	12 083.39
4-Ene	4 196.39	31	2 970.96	52	6 669.65	91	14 011
5-Ene	0	0	0	0	7 142.68	57.5	7 200.18
6-Ene	3 904.08	105	1 108.48	23.5	7 045.55	28	12 214.61
7-Ene	3 658.81	66.5	2 547.18	50	2 570.33	84	8 976.82
8-Ene	4 366.62	40.5	3 528.23	27	0	0	7 962.35
9-Ene	4 612.23	90	2 874.94	31	0	0	7 608.17
10-Ene	3 420.37	65.5	2 961.1	22	0	0	6 468.97
11-Ene	3 371.12	57.5	2 629.28	44.5	0	0	6 102.4
12-Ene	1 476.96	71	1 466.37	16	0	0	3 030.33
13-Ene	2 592.52	71	2 608.8	48.5	5 395.44	61.5	10 777.76
14-Ene	3 874.08	39.5	2 095.74	42	7 853.94	55.5	13 960.76
15-Ene	3 332.98	91	1 995.88	9	4 644.64	106	10 179.5
16-Ene	3 958.02	85	2 768.2	23	5 805.8	44	12 684.02
17-Ene	3 420.67	61	2 997.18	43.5	6 917.32	42.5	13 482.17
18-Ene	2 288.01	12.5	2 805.19	26	7 013.14	78.5	12 223.34
19-Ene	0	0	0	0	6 028.87	53	6 081.87
20-Ene	3 643.7	88	2 376.07	48.5	4 259.32	67	10 482.59
21-Ene	2 033.68	55.5	2 513.83	48.5	7 773.16	103.5	12 528.17
22-Ene	4 071.63	69.5	3 220.49	14.5	232.89	0	7 609.01
23-Ene	2 799.72	103	2 501.16	24	4 321.07	44.5	9 793.45
24-Ene	364.99		3 197.65	43.5	5 559.63	79	9 244.77
25-Ene	1 286.69	70	2 346.26	42.5	6 707.49	50.5	10 503.44
26-Ene	0	0	0	0	4 207.66	45	4 252.66
27-Ene	0	95.5	1 598.79	38.5	3 307.56	51	5 091.35
28-Ene	3 104.96	98	1 415.76	17	4 122.93	56	8 814.65
29-Ene	486	6	2 701.23	12	6 085.46	111	9 401.69
30-Ene	3 462.34	122	1 460.39	22	5 791.43	40.5	10 898.66
31-Ene	0	0	2 836.97	36	5 618.4	76.5	8 567.87

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 29***Producción de cintas febrero 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Feb	0	0	1 578.91	40.5	5 230.51	95.5	6 945.42
2-Feb	0	0	1 362.84	0	14	27	15 848.16
3-Feb	651.44	79.5	1 997.03	42	7 859.12	61	10 690.09
4-Feb	0	8.5	1 821.51	23	5 103.09	100.5	7 056.6
5-Feb	4 754.69	52	2 165.6	44	6 880.6	58	13 954.89
6-Feb	3 101.24	47.5	2 221.28	21.4	6 336.93	92	11 820.35
7-Feb	1 391.57	28.5	1 627.63	26.5	6 491.81	51	9 617.01
8-Feb	1 727.08	40	2 742.55	22.5	6 430.79	100.5	11 063.42
9-Feb	0	0	0	0	3 588.61	41.5	3 630.11
10-Feb	2 408.49	64	1 074.08	20.5	7 208.1	64.5	10 839.67
11-Feb	579.35	25.5	4 200.52	16.5	6 276.54	57	11 155.41
12-Feb	191.73	0	2 630.06	44.5	5 709.83	97.5	8 673.62
13-Feb	9.67	0	2 326.17	26.5	8 170.86	84.5	10 617.7
14-Feb	3 107.27	59.5	2 876.04	21	6 435.87	65.5	12 565.18
15-Feb	3 560.82	55	1 346.78	33	7 292.13	44.5	12 332.23
16-Feb	0	0	0	0	5 976.6	46.5	6 023.1
17-Feb	0	0	2 483.66	24.5	6 275.25	49.5	8 832.91
18-Feb	833.83	238	586.36	11	6 922.04	82	8 673.23
19-Feb	3 099.81	105.5	5 719.04	40.5	4 199.9	49	13 213.75
20-Feb	3 227.18	89	2 925.48	12	7 298.54	78.5	13 630.7
21-Feb	4 007.96	156.5	2 701.09	38.1	6 130.47	71.5	13 105.62
22-Feb	1 842.96	21.5	1 598.64	25	7 885.1	111.5	11 484.7
23-Feb	0	0	4 059.38	21.5	0	0	4 080.88
24-Feb	0	0	3 059.79	23	5 090.37	125.5	8 298.66
25-Feb	3 059.07	86.5	2 377.67	22	4 636.21	50	10 231.45
26-Feb	2 142.43	81.5	2 677.43	32.5	6 328.84	143	11 405.7
27-Feb	0	0	2 668.81	48	7 022.65	70	9 809.46
28-Feb	0	0	3 062.41	42.5	6 872.75	63	10 040.66
29-Feb	2 568.21	159.5	3 368.38	20.5	6 810.91	76	13 003.5

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 30***Producción de cintas marzo 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Mar	3 513.22	128.5	0	0	0	0	3 641.72
2-Mar	3 068.38	75.5	1 785.44	63.5	2 708.55	67.5	7 768.87
3-Mar	4 327.58	65	1 547.31	38	6 583.47	52.5	12 613.86
4-Mar	2 722.48	54.5	2 496.11	22	8 576.87	41.5	13 913.46
5-Mar	222.12	8	2 724.05	34.5	5 834.58	79	8 902.25
6-Mar	0	0	2 827.04	25.5	7 389.15	39.5	10 281.19
7-Mar	3 018.5	109	2 924.13	27.5	6 388.46	65.5	12 533.09
8-Mar	0	0	0	0	4 244.01	21.5	4 265.51
9-Mar	0	0	2 440.6	92	5 570.87	56.5	8 159.97
10-Mar	0	0	2 601.33	26.5	5 796.45	151	8 575.28
11-Mar	1 281.05	53	2 466.81	41.5	4 253.52	117.5	8 213.38
12-Mar	3 757.56	40.5	2 578.73	28	3 760.76	28.5	10 194.05
13-Mar	3 622.94	84	639.98	14	7 296.26	69.5	11 726.68
14-Mar	1 062.84	26.5	3 129.53	10	5 069.43	49.5	9 347.8
15-Mar	0	0	0	0	7 850.06	33.5	7 883.56
16-Mar	0	0	1 155.23	64.5	1 474.18	47	2 740.91
26-Mar	0	0	0	0	0	0	0.00
27-Mar	0	0	0	0	1 837.92	37	1 874.92
28-Mar	0	0	0	0	3 452.35	26.8	3 479.15
30-Mar	0	0	0	0	1 643.31	30.2	1 673.51
31-Mar	0	0	0	0	1 991.58	33.5	2 025.08

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 31***Producción de cintas abril 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Abr	0	0	0	0	2 233.19	40	2 273.19
2-Abr	0	0	674.99	21.5	2 007.71	43	2 747.2
3-Abr	0	0	863.43	10.5	1 755.14	51.9	2 680.97
6-Abr	0	0	0	0	5 188.73	158	5 346.73
7-Abr	0	0	0	0	2 386.46	16	2 402.46
8-Abr	0	0	0	0	7 471.35	72	7 543.35
11-Abr	0	0	603.35	37.5	1 201.13	40	1 881.98
13-Abr	0	0	0	0	5 056.95	75.5	5 132.45
14-Abr	0	0	461.34	51	1 276.65	57.5	1 846.49
15-Abr	0	0	2 343.59	47.5	7 202.89	66	9 659.98
16-Abr	0	0	1 085.83	6	3 956.82	25.5	5 074.15
17-Abr	244.55	28	2 312.11	53.5	5 142.21	146.5	7 926.87
18-Abr	1 003.31	63	857.65	13	1 960.76	29.5	3 927.22
20-Abr	0	0	3 183.66	46	5 954.61	67.5	9 251.77
21-Abr	0	0	1 075.22	36	6 818.98	78.5	8 008.7
22-Abr	0	0	1 741.53	76.5	6 006.98	50.5	7 875.51
23-Abr	0	0	3 226.77	25.5	2 771.87	23.5	6 047.64
24-Abr	0	0	2 780.95	29	6 143.41	77	9 030.36
25-Abr	0	0	2 378.59	109.5	2 402.04	11.5	4 901.63
27-Abr	0	0	938.89	47.5	6 650.25	76	7 712.64
28-Abr	0	0	181.04	0	7 183.09	92.5	7 456.63
29-Abr	0	0	1 520.8	41	6 348.24	57	7 967.04
30-Abr	0	0	2 832.58	37	6 386.29	54.5	9 310.37

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 32***Producción de mayo 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-May	0	0	0	0	2 681.32	16	2 697.32
2-May	835.7	36.5	557.93	20	2 264.98	34.5	3 749.61
4-May	0	0	0	0	7 113.34	71.5	7 184.84
5-May	0	0	1 782.25	34	6 937.56	64	8 817.81
6-May	0	0	2 623.41	51.5	5 332.25	66.5	8 073.66
7-May	0	0	877.99	57.5	5 689.79	83.5	6 708.78
8-May	0	0	0	0	7 761.68	51	7 812.68
9-May	0	0	831.65	20.5	7 676.75	52	8 580.9
11-May	0	0	1 549.86	44.5	5 982.1	27	7 603.46
12-May	0	0	820.04	27	7 739.93	62.5	8 649.47
13-May	0	40	2 098.43	55.5	7 390.73	39	9 623.66
14-May	3 396.75	47	1 543.19	47.5	168.13	4.5	5 207.07
15-May	0	0	2 604.8	46	6 882.34	59	9 592.14
16-May	0	0	1 306.06	3	6 226.89	31	7 566.95
18-May	0	0	2 204.64	67.5	6 151.66	59	8 482.8
19-May	1 270.62	90	1 159.97	14.5	7 094.66	46	9 675.75
20-May	3 740.58	85	0	0	3 650.1	72.5	7 548.18
21-May	409.19	8	2 380.07	40.5	6 782.7	21	9 641.46
22-May	0	0	296.13	0	7 931.6	84	8 311.73
23-May	0	0	0	0	0	0	0.00
25-May	0	0	2 377.06	6	5 168.15	73	7 624.21
26-May	2 333.28	64	3 905.92	6.5	2 552.51	11	8 873.21
27-May	3 278.36	100.5	769.08	6.5	0	24.5	4 178.94
28-May	0	0	1 514.41	56	6 524.06	59	8 153.47
29-May	0	0	418.33	9	5 894.14	102.5	6 423.97
30-May	0	0	1 422.24	16.5	6 539.8	86	8 064.54

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 33***Producción de junio 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Jun	1 499.16	54	1 180.65	19.5	4 992.18	54.5	7 799.99
2-Jun	0	0	3 059.14	15.5	8 444.18	73.5	11 592.32
3-Jun	0	0	3 117.49	40.5	6 352.41	78	9 588.4
4-Jun	3 167.77	111.5	2 615.09	30	246.14	0	6 170.5
5-Jun	545.2	11.5	2 707.67	35.5	4 283.62	112.5	7 695.99
6-Jun	0	0	2 843.06	16	6 636.93	47	9 542.99
8-Jun	1 489.25	32.8	1 174.35	9.5	6 095.39	52	8 853.29
9-Jun	1 281	24	1 809.81	26.5	6 380.81	88	9 610.12
10-Jun	1 567.36	36.5	3 427.67	38.5	6 020.03	99.2	11 189.26
11-Jun	1 518	19	2 943.87	37	6 998.49	104	11 620.36
12-Jun	1 416.65	27	2 507.7	34.5	7 064.68	41	11 091.53
13-Jun	1 326.61	38	1 737.36	10.5	6 350.95	35.5	9 498.92
15-Jun	1 584.66	21	1 242.32	25.5	5 465.41	77.5	8 416.39
16-Jun	3 715.38	93	1 001.79	14.5	7 170.41	38	12 033.08
17-Jun	1 537.91	49	3 023.86	19	5 816.27	45	10 491.04
18-Jun	849.67	21.5	1 941.98	34	4 325.05	95.5	7 267.7
19-Jun	0	0	2 610.16	72.5	7 663.12	63.5	10 409.28
20-Jun	0	1	2 720.25	41.5	6 582.05	23.5	9 368.3
22-Jun	491.81	79.5	0	0	4 619.07	82	5 272.38
23-Jun	1 775.84	49.5	623.71	68	5 984.99	47.5	8 549.54
24-Jun	0	0	2 755.68	27.5	6 781.76	35.5	9 600.44
25-Jun	3 251.77	93.5	3 395.5	39	7 844.36	61.5	14 685.63
26-Jun	2 500.94	81.5	2 535.83	57	7 181.5	61	12 417.77
27-Jun	0	0	2 625.13	29.5	6 473.79	26	9 154.42
30-Jun	0	0	1 034.77	17	5 857.67	110	7 019.44

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 34***Producción de julio 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Jul	0	0	3 138.51	12	6 543.76	60	9 754.27
2-Jul	2 096.11	106	1 647.4	30.5	7 204.5	82	11 166.51
3-Jul	3 806.57	39.5	2 763.89	16	6 157.3	68.5	12 851.76
4-Jul	3 310.41	52	496.44	0	7 117.61	116	11 092.46
6-Jul	0	0	1 141.28	20.5	5 376.57	47	6 585.35
7-Jul	1 294.68	24.5	1 829.23	5	7 188.53	22	10 363.94
8-Jul	3 373.01	50.5	2 193.85	74.5	6 462.07	92	12 245.93
9-Jul	3 331.97	81.5	2 973.57	27.5	6 739.87	44	13 198.41
10-Jul	3 653.99	32	372.19	0	7 732.15	42	11 832.33
11-Jul	1 614.83	10.5	1 271.61	37	6 070.69	82	9 086.63
12-Jul	0	0	0	0	5 050.84	65	5 115.84
13-Jul	0	0	1 812.4	61	5 924.39	70	7 867.79
14-Jul	3 177.12	63	986.05	3	7 759.98	67.5	12 056.65
15-Jul	2 112.59	21.5	601.63	18.5	7 390.9	73.5	10 218.62
16-Jul	0	0	3 115.62	10	6 805.76	31.5	9 962.88
17-Jul	0	0	2 796.01	21	6 287.91	98.5	9 203.42
18-Jul	1 542.62	52	1 767.01	4.5	7 123.16	85	10 574.29
19-Jul	0	0	0	0	5 692.66	62	5 754.66
20-Jul	0	0	2 387.25	59.5	7 411.18	42	9 899.93
21-Jul	2 957.2	53	2 897.79	11	6 612.12	36	12 567.11
22-Jul	3 420.82	67	339.61	0	7 739.22	39.5	11 606.15
23-Jul	2 205.83	29	2 455.69	22.5	7 855.64	66.5	12 635.16
24-Jul	2 854.06	73	3 049.72	23.5	7 194.9	79.5	13 274.68
25-Jul	3 106.38	50	1 137.41	13	6 333.64	51	10 691.43
26-Jul	0	0	0	0	6 344.54	81	6 425.54
27-Jul	2 480.72	69	580.58	21	6 945.47	80.5	10 177.27
28-Jul	0	0	0	0	6 701.2	45.5	6 746.7
29-Jul	1 524.95	53	1 472.22	30.5	8 434.82	114.5	11 629.99
30-Jul	1 316.01	53	1 402.65	42	6 510.42	62	9 386.08
31-Jul	0	0	0	0	0	0	0.00

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 35***Producción de cintas Agosto 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Ago	1 734.63	65	1 418.12	40	0	7	3 264.75
2-Ago	0	0	0	0	6 254.59	62.5	6 317.09
3-Ago	2 634.73	68.5	0	24	7 720.6	32.5	10 480.33
4-Ago	1 740.7	75.5	1 095.59	22	7 216.86	62.5	10 213.15
5-Ago	2 717.91	95	2 198.38	14	7 095.14	82	12 202.43
6-Ago	3 551.19	62	0	0	7 131.4	30	10 774.59
7-Ago	3 844.5	79.5	1 923.33	69.5	7 412.54	56.5	13 385.87
8-Ago	3 028.03	80.5	3 541.97	38	7 340.96	33.5	14 062.96
9-Ago	0	0	0	0	5 928.22	102.5	6 030.72
10-Ago	2 298.41	86.5	635.12	24	4 051.02	36	7 131.05
11-Ago	3 272.44	77	1 810.61	20	6 556.52	44.5	11 781.07
12-Ago	2 019.81	40	2 393.48	58	5 927.33	55.5	10 494.12
13-Ago	3 168.61	44.5	1 981.44	14.5	6 723.5	49	11 981.55
14-Ago	1 541.96	101	0	0	5 320.22	44.5	7 007.68
15-Ago	566.39	0	2 709.85	20	6 517.34	38.5	9 852.08
16-Ago	0	0	0	0	7 126.97	63	7 189.97
17-Ago	1 440.75	46	1 372.31	24	6 750.65	40.5	9 674.21
18-Ago	2 721.31	89	1 355.69	23	7 564.69	65.5	11 819.19
19-Ago	1 485.84	18	3 069.86	13	6 223.49	61.5	10 871.69
20-Ago	3 559.91	57	2 917.77	19	6 914.52	45	13 513.2
21-Ago	4 088.15	44.5	1 158.32	4	7 683.79	49.5	13 028.26
22-Ago	4 605.13	53	2 284.19	34.5	6 200.92	54	13 231.74
23-Ago	0	0	0	0	6 384.08	49.5	6 433.58
24-Ago	2 713.15	97.5	2 379.15	44	7 990.3	46	13 270.1
25-Ago	3 114.15	67	2 912.83	12	6 873.16	63	13 042.14
26-Ago	3 206.93	73.5	1 933.74	22.5	6 362.48	79.5	11 678.65
27-Ago	3 642.43	57	615.29	40.5	7 054.13	43	11 452.35
28-Ago	3 019.35	37.5	3 032.01	15.5	7 404.96	85.5	13 594.82
29-Ago	944.51	29.5	2 464.29	54.5	2 898.7	101.5	6 493
30-Ago	0	0	0	0	9 856.01	42.5	9 898.51
31-Ago	2 832.62	88	2 376.21	49	7 069.91	46	12 461.74

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 36***Producción de cintas setiembre 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
01-sep	2 395.65	76.5	2 854.59	15.5	8 598.43	37	13 977.67
02-sep	1 977.44	51.5	1 131.46	71.5	902.62	46	4 180.52
03-sep	2 297.92	68	2 861.27	22	5 777.93	66.5	11 093.62
04-sep	0	0	1 606.78	36.5	6 195.84	124	7 963.12
05-sep	732.27	57	1 418.29	41.5	2 435.32	40	4 724.38
06-sep	0	0	0	0	7 919.11	22.5	7 941.61
07-sep	2 826.41	65	1 494.46	23	5 491.44	59	9 959.31
08-sep	3 420.69	53.5	1 457.59	18	7 329.2	49.5	12 328.48
09-sep	3 460.06	32	2 254.65	84.5	6 798.73	75.5	12 705.44
10-sep	3 520.7	63	3 085.01	23.5	6 414.25	67.5	13 173.96
11-sep	1 938.73	57	2 804.37	27	6 241.25	56	11 124.35
12-sep	2 323.85	51.5	1 775.99	5.5	8 246.12	57.5	12 460.46
13-sep	0	0	0	0	7 427.94	42	7 469.94
14-sep	2 505.96	66	958.08	28	5 915.24	56.5	9 529.78
15-sep	3 456.28	61.5	2 292.3	53	7 971.98	46.5	13 881.56
16-sep	3 427.67	48.5	779.59	12.5	6 703.31	40	11 011.57
17-sep	1 437.84	73	2 364.12	23	6 502.76	61	10 461.72
18-sep	3 290.11	36.5	2 780.83	13	6 989.39	26.5	13 136.33
19-sep	1 714.75	48.5	1 886.9	15	7 272.57	52	10 989.72
20-sep	0	0	0	0	6 667.86	48	6 715.86
21-sep	3 336.8	78	2 412.23	24	6 006.14	59.5	11 916.67
22-sep	2 240.79	52.5	2 701.81	57	6 233.51	42.5	11 328.11
23-sep	1 417.01	28	2 859.1	21.5	7 267.34	50	11 642.95
24-sep	3 835.95	66.5	2 976.95	15	6 757.59	36.5	13 688.49
25-sep	2 268.68	102.5	360.89	0	7 555.72	52	10 339.79
26-sep	221.41	0	2 612.68	55	6 485.98	106.5	9 481.57
27-sep	1 307.52	38	1 632.23	28.5	3 164.59	40	6 210.84
28-sep	2 714.08	81.5	587.5	12.5	7 808.29	23	11 226.87
29-sep	3 177.69	41	695.02	30	6 498.18	49	10 490.89
30-sep	3 682.24	0	979.52	0	6 982.92	0	11 644.68

Fuente: PROCOMSAC

**Tabla 37***Producción de cintas octubre 2019*

FECHA	Yonming		Lorex		Starling		TOTAL
	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	Cinta	Scrap	
1-Oct	3 863.77	63.5	0	0	7 068.19	51.5	11 046.96
2-Oct	2 068.86	18.5	1 092.93	40	1 974.52	34	5 228.81
3-Oct	1 906	36	3 352.27	5.5	9 602.37	67.5	14 969.64
4-Oct	0	0	0	0	1 538.83	23	1 561.83
5-Oct	3 164.08	48	1 295.58	26.5	6 183.9	40	10 758.06
6-Oct	3 438.93	65.5	829.03	25	5 926.6	62.5	10 347.56
7-Oct	4 831.88	65	2 844.74	16	7 913.43	40	15 711.05
8-Oct	2 115.53	61	2 778.49	58.5	7 806.44	46.5	12 866.46
9-Oct	2 293.31	63	192.75	30.5	3 108.91	41	5 729.47
10-Oct	5 007.59	34.5	3 500.95	25	8 639.1	47.5	17 254.64
11-Oct	0	0	0	0	6 422.12	59	6 481.12
12-Oct	2 931.87	47.5	2 626.34	38	6 813.52	31.9	12 489.13
13-Oct	3 624.63	61.5	1 865.33	10	7 521.26	34	13 116.72
14-Oct	1 741.08	60	797.58	38.5	3 549.46	76	6 262.62
15-Oct	4 457.65	30	2 682.28	36.5	9 794.23	47.5	17 048.16
16-Oct	3 639.28	86.5	2 638.73	46.5	6 448.43	48	12 907.44
17-Oct	2 496.63	6.5	2 606.69	39.5	6 886.99	45	12 081.31
18-Oct	0	0	0	21	7 088.21	44	7 153.21
19-Oct	0	30	2 758.77	50.5	7 523.73	37.7	10 400.7
20-Oct	3 411.14	54.5	1 525.82	17	7 838.11	60.5	12 907.07
21-Oct	1 359.06	29	2 051.52	11	6 067.46	58.5	9 576.54
22-Oct	3 843.16	44.5	731.95	24.5	4 928.02	68.2	9 640.33
23-Oct	4 657.26	51.5	2 701.13	54.5	7 561.45	45.5	15 071.34
24-Oct	3 469.55	38	3 661.7	18	8 078.2	53	15 318.45
25-Oct	0	0	0	0	6 702.66	57.5	6 760.16
26-Oct	3 142.61	58.5	2 313.01	37	5 503.21	53.5	11 107.83
27-Oct	3 493.86	58.5	2 946.85	17.5	6 289.03	66	12 871.74
28-Oct	3 487.92	63.3	3 070.46	13	6 660.72	41	13 336.4
29-Oct	3 213.04	41.5	2 998.7	34.5	7 694.76	62.5	14 045
30-Oct	3 883.13	57	1 783.18	26.5	7 268.24	31	13 049.05
31-Oct	3 691.56	116	1 765.4	49.5	8 199.54	61.5	13 883.5

Fuente: PROCOMSAC

## ANEXO N° 05: TABLAS DE UTILIDAD MENSUAL EN EL ÁREA DE EXTRUSIÓN

**Tabla 38**

*Utilidad mensual del área de extrusión*

Mes	Producción	Utilidad
Enero	300,779.36	S/94,917.24
Febrero	298,644.33	S/94,243.49
Marzo	156,680.36	S/49,443.78
Abril	136,005.33	S/42,919.34
Mayo	188,846.61	S/59,594.51
Junio	238,939.08	S/75,402.24
Julio	293,971.78	S/92,768.97
Agosto	322,632.59	S/101,813.49
Setiembre	312,800.26	S/98,710.69
Octubre	350,982.30	S/110,762.64
Total		S/820,576.40

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 39**

*Utilidad mensual con la propuesta en el área de extrusión*

Mes	Producción	Utilidad
Enero	300,779.36	S/96,900.73
Febrero	298,644.33	S/96,212.89
Marzo	156,680.36	S/50,477.00
Abril	136,005.33	S/43,816.22
Mayo	188,846.61	S/60,839.86
Junio	238,939.08	S/76,977.92
Julio	293,971.78	S/94,707.56
Agosto	322,632.59	S/103,941.08
Setiembre	312,800.26	S/100,773.45
Octubre	350,982.30	S/112,885.90
Total		S/837,532.62

Fuente: Elaboración propia

## ANEXO N° 06: COTIZACIÓN DE LA PROPUESTA

			
<b>EQUINLAB SAC</b>		15/06/2020	CO/05586
<p>COTIZACIÓN ROGRAMACION LINEAL</p> <p><a href="mailto:comercial@brainsins.com">comercial@brainsins.com</a></p> <p><a href="http://www.equinlabsac.com/">http://www.equinlabsac.com/</a></p> <p>Telf.: 336-4583</p>			
Descripción	Detalle	Precio	TOTAL
Asesoría por diseño de programación	Análisis de la producción	S/ 2,800.00	S/ 2,800.00
Capacitación sobre investigación operativa	Curso	S/ 1,200.00	S/ 1,200.00
Capacitación sobre liderazgo	Charla	S/ 500.00	S/ 500.00
CD de software TORA	programa	S/ 10.00	S/ 10.00
<b>SUBTOTAL</b>			S/ 4,510.00
<b>DESCUENTO</b>			S/ -
<b>SUBTOTAL MENOS DESCUENTO</b>			S/ 4,510.00
<b>Cuota Total</b>			<b>S/ 4,510.00</b>