

UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BASADA EN PROGRAMACIÓN
MATEMÁTICA PARA EL INCREMENTO DE UTILIDADES EN
FAMETAL S. A. C.

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL

AUTOR

MARYURY MARLENY BELLODAS MEDINA

ASESOR

SONIA MIRTHA SALAZAR ZEGARRA

<https://orcid.org/0000-0002-5299-1200>

Chiclayo, 2021

**PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN BASADA EN
PROGRAMACIÓN MATEMÁTICA PARA EL INCREMENTO
DE UTILIDADES EN FAMETAL S. A. C.**

PRESENTADA POR:

MARYURY MARLENY BELLODAS MEDINA

A la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR:

Maximiliano Rodolfo Arroyo Ulloa

PRESIDENTE

Abel Enrique Gonzales Wong

SECRETARIO

Sonia Mirtha Salazar Zegarra

VOCAL

Dedicatoria

Dedicado a mi padre, Herman, quien protege e ilumina mi camino desde el cielo. A mi madre, Marleny, quien es mi amor incondicional en esta vida. A mis hermanos: Wilder, Jhonny, Alex, Malbi, Ze Carlos y Sindy, quienes son mi complemento perfecto. A mis sobrinos, quienes aportan alegría y amor a mi vida.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida y permitirme seguir luchando por mis sueños. A mi padre, quien en vida impulsó mi crecimiento académico y festejó cada triunfo como si fuesen suyos. A mi madre y hermanos, quienes son mi soporte incondicional para cada meta propuesta. A mi asesora, quien me ha acompañado gratamente en este proceso académico.

Índice

Resumen	7
Abstract	8
Introducción	9
Revisión de literatura	10
Materiales y métodos	14
Resultados y discusión	18
Conclusiones	31
Recomendaciones	32
Referencias	33
Anexos	35

Lista de Tablas

Tabla 1. Tiempo de mano de obra utilizado para la fabricación de cada mueble y el tiempo disponible en estándar (horas).....	19
Tabla 2. Tiempo de maquinaria utilizado para la fabricación de cada mueble y tiempo disponible en promedio (horas)	20
Tabla 3. Material utilizado por cada mueble y disponibilidad aproximada del mismo.	22
Tabla 4. Costos involucrados en la fabricación de cada producto	24
Tabla 5. Resultado del plan agregado de producción.....	26
Tabla 6. Plan maestro de producción para cada producto.....	27
Tabla 7. Costos de inversión del plan de producción propuesto.....	29
Tabla 8. Flujo de caja	30

Lista de Figuras

Fig. 1. Diagrama de flujo para la Programación Fuzzy	16
Fig. 2. Diagrama de flujo de la relación entre la programación matemática y la planificación de la producción para maximizar las utilidades.	17
Fig. 3. Diagrama de análisis de proceso para la fabricación de un estante de melamina.....	21
Fig. 4. Resultados de la programación Fuzzy	26

Lista de Anexos

Anexo 1. Detalle de venta de muebles según el material en el periodo de enero – julio del 2019.	35
Anexo 2. Detalle de los pedidos generados en el periodo de enero – julio del 2019.....	35
Anexo 3. Utilidades no percibidas a causa de pedidos anulados en el periodo de enero – julio del 2019.....	35
Anexo 4. Causas de pedidos entregados con retraso en el periodo de enero – julio de 2019.....	36
Anexo 5. Descripción del proceso productivo de muebles de melamina – Ejemplo: fabricación de un estante.....	36

Anexo 6. Descripción del proceso productivo de muebles de metal – Ejemplo: fabricación de una silla	39
Anexo 7. Descripción del proceso productivo de muebles de metal – Ejemplo: fabricación de una carpeta escolar	40
Anexo 8. Despiece de cada mueble.....	41
Anexo 9. Solución en LINGO.....	45
Anexo 10. Interpretación de los resultados de las restricciones.....	48
Anexo 11. Plazos de entrega, lotes mínimos e inventario inicial de cada producto involucrado en el MRP.....	51
Anexo 12. Depreciación de activos tangibles	52
Anexo 13. Utilidades adicionales obtenidas con la propuesta	52
Anexo 14. Corriente de liquidez neta.....	52

Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo general proponer la planificación de la producción basada en programación matemática para incrementar las utilidades en Fametal S. A. C. Para ello, se consideraron cuatro objetivos específicos: el primero fue diagnosticar la situación actual de la empresa, en el cual se identificaron las variables y restricciones partícipes de la programación. El segundo fue formular el modelo matemático de programación para incrementar utilidades, el cual se realizó mediante la aplicación de la programación lineal y lógica *Fuzzy* y cuyos datos fueron ingresados al *Software LINGO*. Para el tercer objetivo, proponer la planificación de la producción en base a los resultados del modelo matemático, se realizó en base a tres planes: agregado, maestro y de requerimiento de materiales. Por último, el cuarto objetivo fue realizar un análisis beneficio – costo mediante la evaluación del flujo de caja considerando como egresos a los costos de inversión y egresos a lo adicional obtenido por la programación matemática. Como resultados se obtuvo el desarrollo de la programación matemática incrementó las utilidades de la empresa Fametal S. A. C. en un 52% cuando se propone la planificación de su producción. Así mismo, se determinó que la estrategia más conveniente para la empresa fue la de persecución adaptada a las necesidades y realidad de la misma.

Palabras claves: Programación *Fuzzy*, Programación Lineal, Modelo matemático, Planificación de la producción

Abstract

The general objective of this research work is to propose production planning based on mathematical programming to increase profits in Fametal S.A.C. For this, four specific objectives were considered: the first was to diagnose the current situation of the company, in which they were identified the variables and constraints involved in programming. The second was to formulate the mathematical programming model to increase profits, which was carried out through the application of linear programming and Fuzzy logic and whose data were entered into the LINGO Software. For the third objective, to propose the production planning based on the results of the mathematical model, it was carried out based on three plans: aggregate, master and material requirement. Finally, the fourth objective was carried out a benefit - cost analysis by evaluating the cash flow considering as expenses the investment costs and expenses as the additional obtained by the mathematical programming. As a result, the development of mathematical programming increased the profits of the company Fametal S. A. C. by 52% when planning its production was proposed. Likewise, it was determined that the most convenient strategy for the company was the pursuit adapted to the needs and reality of the same.

Keywords: Fuzzy Programming, Linear Programming, Mathematical Model, Production Planning

Introducción

El principal obstáculo para impulsar el comercio en la industria maderera es la falta de desarrollo en diferentes competencias como la planificación de sus procesos [1]. Este punto es muy determinante dentro de toda empresa; debido a que aquella que no planifica sus actividades es susceptible a presentar inadecuada asignación de recursos, variabilidad en sus costos de producción y baja eficiencia por la informalidad de sus procesos.

Para que una empresa pueda maximizar sus utilidades al momento de planificar, se requieren de herramientas que afiancen la toma de decisiones durante dicho proceso. Un claro ejemplo, es la programación lineal, utilizada por López, Castro y Guerra [2], cuya investigación demostró que la implementación de tal herramienta previamente al plan de producción, generó un aumento de 6,40% en las utilidades. También existe la programación *Fuzzy*, aplicada por Komsiyah, Meiliana y Ekaputera [3], cuyo modelo matemático permitió un incremento del 47,37% en las utilidades. Igualmente, Yücesan y Zengin [4], mediante los resultados obtenidos de la programación *Fuzzy*, propone la reducción del 8% de la fuerza laboral logrando aumentar la producción y un máximo beneficio.

En Lambayeque se encuentran diversas empresas fabricantes de muebles, una de ellas es Fametal S. A. C., la cual cuenta con una inadecuada planificación de su producción. En el periodo de enero a julio de 2019, el 75,2% de los pedidos fueron muebles de la línea de melamina, el 11,8% de metal y el 13% de melamina y metal. De los cuales, el 19,4% del total de sus pedidos fueron entregados con retraso y el 8,6% anulados. De los pedidos que fueron entregados con retraso, el 90,5% de ellos fueron causados por la falta de planificación, lo que a su vez generó la asignación inadecuada de recursos (mano de obra y materiales) y falta de materia prima e insumos. Mientras tanto, los pedidos que fueron anulados representaron una pérdida económica del 23% del total de sus utilidades, lo que equivale a S/ 63 735,00.

Dadas las diversas variables y restricciones encontradas en la planificación de diversos tipos y modelos de muebles, el problema de la planificación adecuada se vuelve complejo, por ello se presenta la oportunidad de formular modelos matemáticos donde se apliquen conocimientos aportados por la Investigación de Operaciones con el objetivo de hallar la solución óptima, asociada a las variables de decisión, cantidad de muebles a fabricar por modelo y tipo; la cual da el paso para planificar la producción de la empresa. En consecuencia, se evaluará la probabilidad de ¿En qué medida la programación matemática impactará en las utilidades de la empresa Fametal S. A. C., cuando se propone la planificación de su producción? Por lo tanto, el presente estudio tiene por objetivo general proponer la planificación de la producción basada en programación matemática para incrementar las utilidades en Fametal S. A. C. Así mismo, tiene por objetivos específicos: diagnosticar la situación actual de la empresa Fametal S.A.C.; formular el modelo matemático de programación para incrementar las utilidades; proponer la planificación de la producción en base a los resultados del modelo matemático. y, por último, realizar un análisis beneficio - costo de la propuesta.

Revisión de literatura

A. Antecedentes

Komsiyah, Meiliana y Ekaputera [3], en su proyecto de investigación titulado “A Fuzzy Goal Programming Model for Production Plannig in Furniture Company” presentan una investigación realizada en una empresa fabricante de muebles cuya problemática era la inadecuada planificación en su producción ya que esta era realizada de manera empírica, lo que generaba mayores costos de producción y, por ende, menores utilidades. Como objetivo, se planteó la aplicación de la programación por metas difusas para una buena toma de decisiones y la determinación de los planes de producción. La metodología utilizada fue la Programación *Fuzzy* Meta debido a que brinda la posibilidad de cumplir el objetivo basado en una solución cercana la realidad presentada. Metodología con la cual se buscó maximizar las utilidades. Como resultados del modelo matemático se obtuvo que las utilidades pueden aumentar hasta un 47,37%. Además, en base a estos resultados del modelo, se realizó el plan de producción de la empresa con la seguridad de obtener óptimos resultados.

Yücesan y Zengin [4], en su proyecto titulado “Çok Ürünlü Üretim Planlama Problemlerini Çözmek İçin MINMAX Yaklaşımına Dayanan Bir Bulanik Hedef Programlama Modeli: Mobilya İmalat Fabrikasında Örnek Bir Çalışma” presentan una investigación realizada en una empresa fabricante de muebles, cuya problemática se evidencia en la disminución de utilidades a causa de la ineficaz planificación en su producción. Como objetivo se plantearon la formulación de un modelo de programación de objetivos difusos para la planificación de la producción. La metodología utilizada, tal como se menciona anteriormente, fue la programación de metas difusas para lo cual se determinaron los productos y las restricciones a utilizar en el modelo matemático; luego dicho modelo propuesto se resolvió a través del Software LINGO. Como resultados se obtuvo que la empresa podría reducir un 8% a la fuerza laboral, donde las estaciones de trabajo serán utilizadas de manera más eficiente en el modelo propuesto. y así la producción podría funcionar de forma más eficiente. Además, se logró incrementar sus ganancias en un 39,4%.

López, Castro y Guerra [2], en su proyecto de investigación titulado “Optimización del plan de producción. Estudio de caso carpintería de aluminio” presentan una investigación realizada en una empresa fabricante de productos de aluminio cuya problemática era la inexistencia de planificación en su producción, por lo que requería aumentar sus utilidades, la utilización de la capacidad y reducir los costos de producción. Por tanto, tuvo como objetivo la aplicación de un plan de producción mediante el método matemático de programación lineal. La metodología utilizada fue la programación lineal, la cual consta de cuatro etapas: estudiar el problema, construir el modelo matemático, aplicar el modelo de manera práctica y comprobar los resultados. La empresa donde se realizó tal estudio obtuvo los siguientes cambios: se generó un aumento en la utilidad de 6,40% con respecto a la utilidad inicial; pasó de tener una capacidad de equipo de 90,37 % a una de 93,37%; y se redujeron los costos de producción en un 6,03%. De acuerdo a los autores, la mejora de dichos indicadores comprobó la efectividad del modelo matemático.

Zambrano, Arguello, Domínguez de la Torre y Bautista [5], en su proyecto de investigación titulado “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN” presentan una investigación realizada en una empresa fabricante de calzados cuya problemática era la falta de planificación de la capacidad en sus áreas productivas. Por tanto, tuvo como objetivo la planeación de requerimientos de la capacidad. Como metodología, se realizó un

PMP (Plan Maestro de Producción), una lista de materiales, un MRP (Planificación de Requerimiento de Materiales), rutas de producción y una CPR (Planificación de Requerimiento de la Capacidad). Finalmente, tales métodos brindaron la información necesaria sobre la capacidad de cada etapa productiva, obteniendo un 93% en aprovechamiento de ruta. Además, con el desarrollo de la planificación pudieron establecer órdenes de entrada y salida de materiales y órdenes de trabajo.

Arredondo, Ocampo, Orejuela y Rojas [6], en su proyecto de investigación titulado “Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order” presentan una investigación realizada en una empresa fabricante de uniformes industriales cuya problemática era la falta de la planeación de su producción. Por lo cual, tuvo como objetivo proponer una metodología para desarrollar el planeamiento de la producción a mediano plazo. El procedimiento consistió en dos fases: la primera fue desarrollar la planeación agregada y la segunda fue plantear un modelo de programación de operaciones. Como resultados se obtuvo una utilización del 95% de la capacidad y una reducción del 59% en los tiempos de entrega.

B. Bases Teóricas

De acuerdo a la Cartilla de construcción con madera [7], los tableros aglomerados son fabricados a base de madera triturada, prensada y unida con pegamento. Los tableros son muy utilizados para construcciones de casas, estructuras, muebles del hogar y oficina, entre otros. Existen diferentes tipos de tableros aglomerados de madera, entre los principales se encuentran: tableros contrachapados, de partículas, de fibra y de lana de madera. Así mismo, en [8], menciona que los tableros de melamina están compuestos por la mezcla de virutas de madera y pegamento cubiertas en ambas superficies por papel melaminizado.

En el proyecto de Rodas, Guamán, Colinas, Peña y Sigüenza [9] mencionan que “*La lógica Fuzzy es una herramienta de la inteligencia artificial que permite resolver problemas que presenten alto grado de incertidumbre*”. También, Redondo [10], menciona que la lógica difusa es aquella lógica encargada de representar respuestas a las preposiciones humanas que no tienen un resultado específico, es decir, no responden con un SÍ o NO, ni con un VERDADERO o FALSO. Simplemente, esta lógica permite que la respuesta a una interrogante se encuentre dentro de un intervalo cerrado en lugar de limitarse a una sola solución.

Según Begoña [11, p. 18], la programación matemática estudia diferentes metodologías para analizar, resolver problemas y lograr una solución óptima en base a recursos disponibles y un objetivo. La programación presenta el siguiente procedimiento: identificación del problema, planteamiento, programación del modelo y discusión de resultados.

Existen diferentes tipos de programación matemática que permiten hallar soluciones a diferentes problemas. Sin embargo, muchas veces un tipo de programación puede ser mejor que otra dependiendo el caso aplicado. Por ejemplo, Begoña [11, p. 110], menciona que la programación lineal clásica es simple, directa, requiere de un menor tiempo y es menos riesgosa para una experimentación real aunque los resultados obtenidos pueden ser muy alejados a la realidad. Lo contrario sucede con Díaz, Peidro, Mula y Ferriols [12] y Komsiyah, Meiliana y Ekaputera [3, p. 545], quienes describen que la programación lineal en base a la lógica *Fuzzy* a

pesar de su mayor complejidad y tiempo de estudio, esta es capaz de medir el grado de satisfacción de cada función objetivo de forma explícita, brindando una solución más cercana a la realidad. Para obtener resultados con dicha programación se debe formular un modelo matemático que se adecue a la problemática presentada. A continuación, se detalla la formulación para la presente investigación tomando como base a Komsiyah, Meiliana y Ekaputera [3, pp. 545-547].

La formulación del problema es:

Encontrar X_i

Maximizar Z hallando λ

Para satisfacer:

$$\mu_{fi}(\chi) \geq \lambda \quad (1)$$

$$Ax \leq b, x \geq 0 \quad (2)$$

Donde las funciones objetivas son:

$$\mu_{fi}(\chi) = \begin{cases} 1, F(x) \leq f_{imin} \\ \frac{U_i - F_i(x)}{U_i - f_{imin}}, f_{imin} < F_i(x) \leq U_i \\ 0, F_i(x) \geq U_i \end{cases} \quad (3)$$

Si $F_i(x) \geq f_i$, luego

$$\mu_{fi}(\chi) = \begin{cases} 1, F(x) \geq f_{imax} \\ \frac{F_i(x) - L_i}{f_{imax} - L_i}, L_i < F_i(x) \leq f_{imax} \\ 0, F_i(x) \leq L_i \end{cases} \quad (4)$$

Función objetivo con programación lineal:

$$\text{Máx } Z = \sum_{i=1}^n A_i * X_i \quad (5)$$

Función de restricción:

$$\sum_{i=1}^n b_i * X_i \leq B_i \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n c_i * X_i \leq C_i \quad (7)$$

$$\sum_{i=1}^n d_i * X_i \leq D_i \quad (8)$$

$$X_i \geq 0 \quad (9)$$

Función con programación *Fuzzy*:

$$\sum_{i=1}^n A_i * X_i - (Z^* - \bar{Z})\lambda \geq \bar{Z} \quad (10)$$

$$\sum_{i=1}^n A_i * X_i \geq \bar{Z} + (Z^* - \bar{Z})\lambda \quad (11)$$

Donde:

Índice de símbolo

i: Índice de tipos de producto (1,2,3, ..., n)

Símbolo del parámetro

x_i: Cantidad de producto *i*

b_i: Índice de material utilizado para producción de producto *i*

B_i: Disponibilidad de material para producción de producto *i*

c_i: Índice de mano de obra requerido para producción de producto *i*

C_i: Disponibilidad de mano de obra para producción de producto *i*

d_i: Índice de tiempo de maquinaria para producción de producto *i*

D_i: Disponibilidad de tiempo de maquinaria para producción de producto *i*

λ: Variable fuzzy

*Z**: La ganancia máxima que obtiene utilizando programación lineal

Z̄: El valor mínimo de beneficio, que quieren ser obtenido por la compañía

Para continuar con el desarrollo del modelo, es necesario conocer que Sipper y Bulfin [13], describen a la planificación de la producción como aquella actividad que tiene como principal objetivo la administración de las actividades productivas de una empresa. Existen tres sistemas con los que se puede planificar la producción: plan agregado, plan maestro y plan de requerimiento de materiales. Para Heizer y Render [14, p. 111], la función de un plan agregado es determinar qué cantidades y en qué momento producir a corto plazo con la finalidad de satisfacer la demanda y reducir costos (mano de obra, inventario, la tercerización, entre otros). El plan agregado puede realizarse en un horizonte de 6 a 18 meses y este plan brinda alternativas a la empresa para una buena toma de decisiones, tales como: variar el inventario, modificar la cantidad de mano de obra (despedir o contratar), incrementar horas extras o tercerizar alguna actividad productiva.

También, Heizer y Render [14, p. 154], señalan que el plan maestro de producción es una de las principales herramientas de una empresa porque especifica qué cantidades y en qué momento producir a largo plazo brindando información de la producción de cada producto, horas requeridas de fabricación, disponibilidad de recursos, entre otros. En dicho plan se detalla la producción por cada semana en base a pronósticos y pedidos aceptados por la empresa. Así mismo, se debe considerar que el horizonte mínimo para realizar el plan es de 12 semanas. Este se relaciona con el plan agregado, pues el plan maestro lo desglosa para establecer los términos de producción en periodos más cortos. En ese sentido, se encuentra otro sistema, el plan de requerimiento de materiales (MRP), el cual convierte el plan maestro en un programa que establece la cantidad de materiales a pedir en base a los productos planificados. Para su desarrollo, también es necesario que la empresa tenga determinada la lista de materiales por cada producto, así como contar con el registro de inventarios de los mismos [14, p. 229].

Con respecto a los inventarios, Parra [15] menciona que para realizar una adecuada gestión de existencias es necesario conocer las especificaciones del producto almacenado. Entre las clasificaciones de gestión de stocks más útiles se encuentran: la clasificación que atiende a la

función desempeñada por la empresa, según la naturaleza física de los productos y según su valor e importancia (conocido como clasificación ABC). De acuerdo a la primera clasificación mencionada, se tiene diferentes tipos de stocks: de seguridad, medio, de anticipación, sobrante y activo. Donde, el stock de seguridad es la cantidad de existencias de un determinado producto que se tiene en el almacén por encima de lo que se necesita regularmente, para estar preparados ante situaciones de demanda en exceso y retrasos imprevistos al recepcionar los pedidos. A continuación, se presenta la fórmula del stock de seguridad establecida por Muñoz [16]:

$$S = Z * \sigma L \quad ; \quad \sigma L = \sqrt{L * \sigma_d^2}$$

Donde:

S= Stock de seguridad

σL =Desviación estándar de la demanda diaria

L= Tiempo de entrega

Z=Desviación estándar normal (nivel de seguridad)

σ_d =Desviación estándar de la demanda en el tiempo *L*

Materiales y métodos

Una de las principales técnicas para la recolección de datos fue la observación, la cual permitió evaluar comportamientos en los procesos que a simple vista en un documento no se pueden percibir como los tiempos de producción, la disponibilidad de mano de obra y la cantidad de materiales utilizados para la fabricación de cada mueble. También se realizaron entrevistas abiertas hacia el personal de interés (gerencia general y trabajadores de producción). Dichas entrevistas se desarrollaron en las visitas técnicas y algunas de las preguntas formuladas fueron: ¿Con qué frecuencia se realizan los pedidos de manera prima?, ¿Cuál es el costo de la mano de obra?, ¿Cuenta con stock de seguridad? ¿Cuál es su costo de inventario?, entre otras. Los materiales utilizados para la metodología mencionada anteriormente fueron: un cronómetro y hojas de registros. Cabe recalcar que, para desarrollar la investigación, se seleccionó a los productos más significativos para la empresa por lo que, se realizó una clasificación ABC en base a las utilidades y a la demanda. Con respecto a la toma de tiempos, dicha actividad se realizó con la finalidad de que posteriormente sean estandarizados, por lo cual se calcularon las observaciones necesarias y se utilizó un método estadístico donde se cuenta con un nivel de confianza del 95% con un error de $\pm 5\%$ [17, p. 93].

$$n = \left(\frac{40\sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

donde:

n= número de observaciones a calcular

n'=número de observaciones preliminares

x = valor de las observaciones

40 es una constante del nivel de confianza establecido (95,45%).

Además, para determinar el tiempo promedio (TO), se consideró un puntaje de 1 en el factor de valoración (FV) teniendo en cuenta un desempeño promedio del trabajador y un suplemento del

12% según la Organización Industrial del Trabajo [17, p. 91]. Se consideró TN = tiempo normal y TE = tiempo estándar.

Así mismo, se obtuvo información histórica sobre los pedidos ingresados, facturas, pedidos de materiales, hojas de despiece de productos y registro de planilla de los operarios. Dado que la empresa no registra de manera virtual, toda documentación física fue registrada en una plantilla de Microsoft Excel para su mejor análisis e interpretación.

Con el primer objetivo, el diagnóstico evidenció el detalle de los pedidos realizados en el periodo de enero – julio identificando las variables que afectan a la planificación de la empresa. Después de analizar los datos se formuló el modelo de programación lineal, el cual fue ingresado al Software LINGO. Se comparó la utilidad máxima obtenida con la mínima ganancia esperada por la empresa para verificar que el resultado sea mayor al requerido. Después, se agregó la variable Fuzzy “ λ ”, cuyo valor fue tomado de los cálculos realizados por Yücesan y Zenginb [4, p. 147]. Luego de reemplazar dicho valor en el modelo, nuevamente se ingresó Software para obtener la solución óptima final. El procedimiento a mayor detalle se observa en la figura 1.

Dado que se busca que la empresa mantenga los resultados a lo largo del tiempo, no continúe con los mismos problemas y perjudique a sus utilidades, se realizó un plan de producción. Para la planificación de la producción primero se desarrolló un plan agregado, donde se consideró como demanda mensual a los resultados obtenidos por el modelo matemático; también, se consideraron los días laborables de cada mes, las horas requeridas por cada proceso para la fabricación de los productos, los costos de mano de obra y material y como se trabaja a pedido, se consideró un inventario inicial y final igual a cero. Dicho plan, se realizó mediante la aplicación de cuatro estrategias de capacidad: persecución, nivelación, tiempo extra y subcontratación con la finalidad de elegir la que más se adecue a las necesidades de la empresa. Para el plan maestro se desglosó la información del plan agregado en semanas, considerando el tamaño de lote igual a la unidad y la disponibilidad igual a cero al no encontrar existencias en almacén de producto terminado.

Por último, para el plan de requerimiento de materiales se tomó como datos de partida a los resultados obtenidos por el plan maestro, se listó a los componentes necesarios para la fabricación de cada producto, así como el tamaño de lote de cada material de acuerdo a la cantidad mínima de pedido y el *lead time* de los mismos. Debido a que la empresa no cuenta con un stock de seguridad y al intentar calcularla se tuvo como limitante a la falta de información sobre la demanda diaria de materiales para determinar su desviación estándar y aplicar la fórmula establecida por Muñoz [16]; por lo que a dicho indicador se le consideró con un valor igual a cero.

En la Figura 2 se puede observar la representación gráfica de todo el proceso realizado.

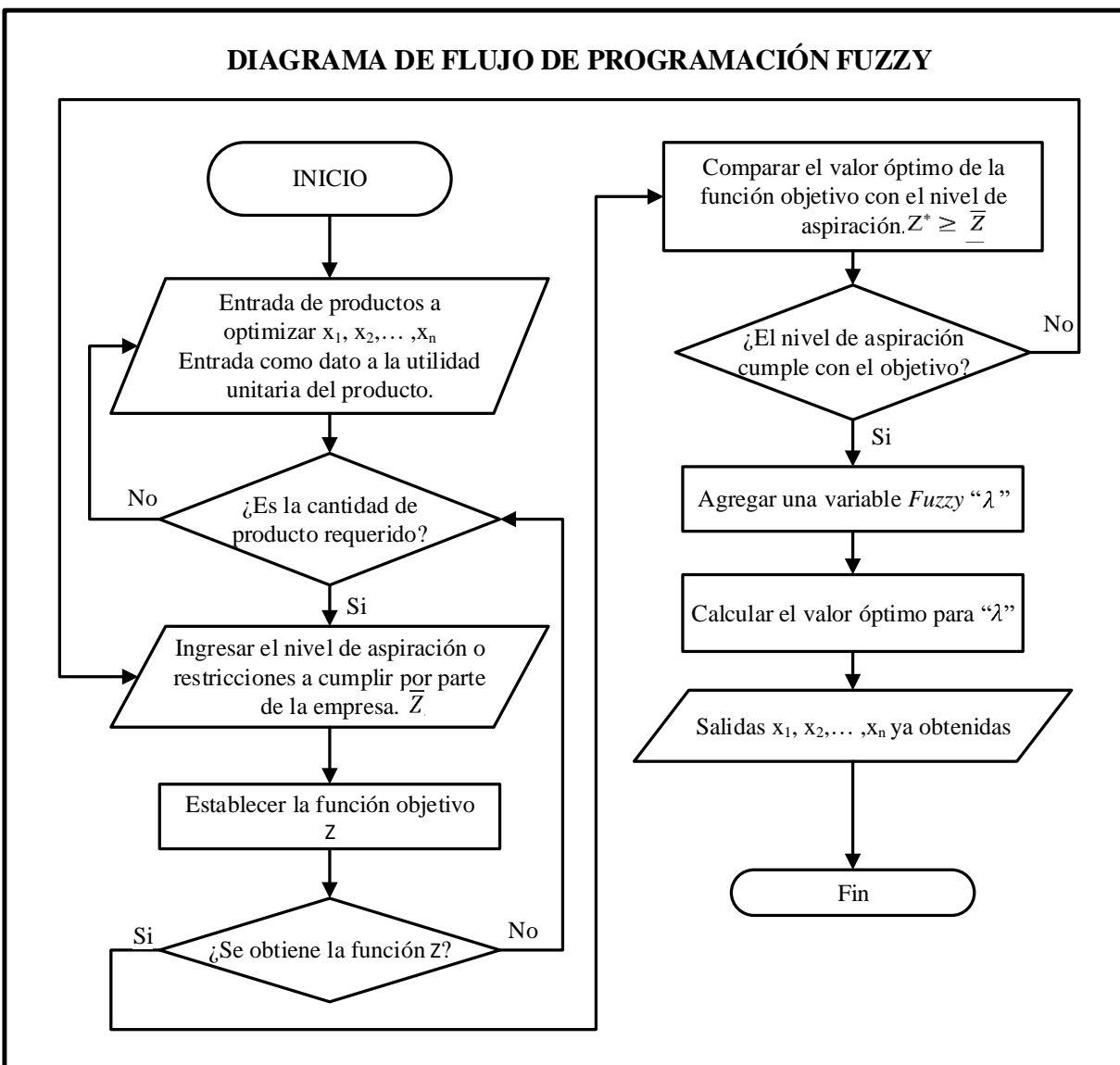


Fig. 1. Diagrama de flujo para la Programación Fuzzy

Fuente: Elaboración propia en base a Komsiyah, Meiliana y Ekaputera 2018:548

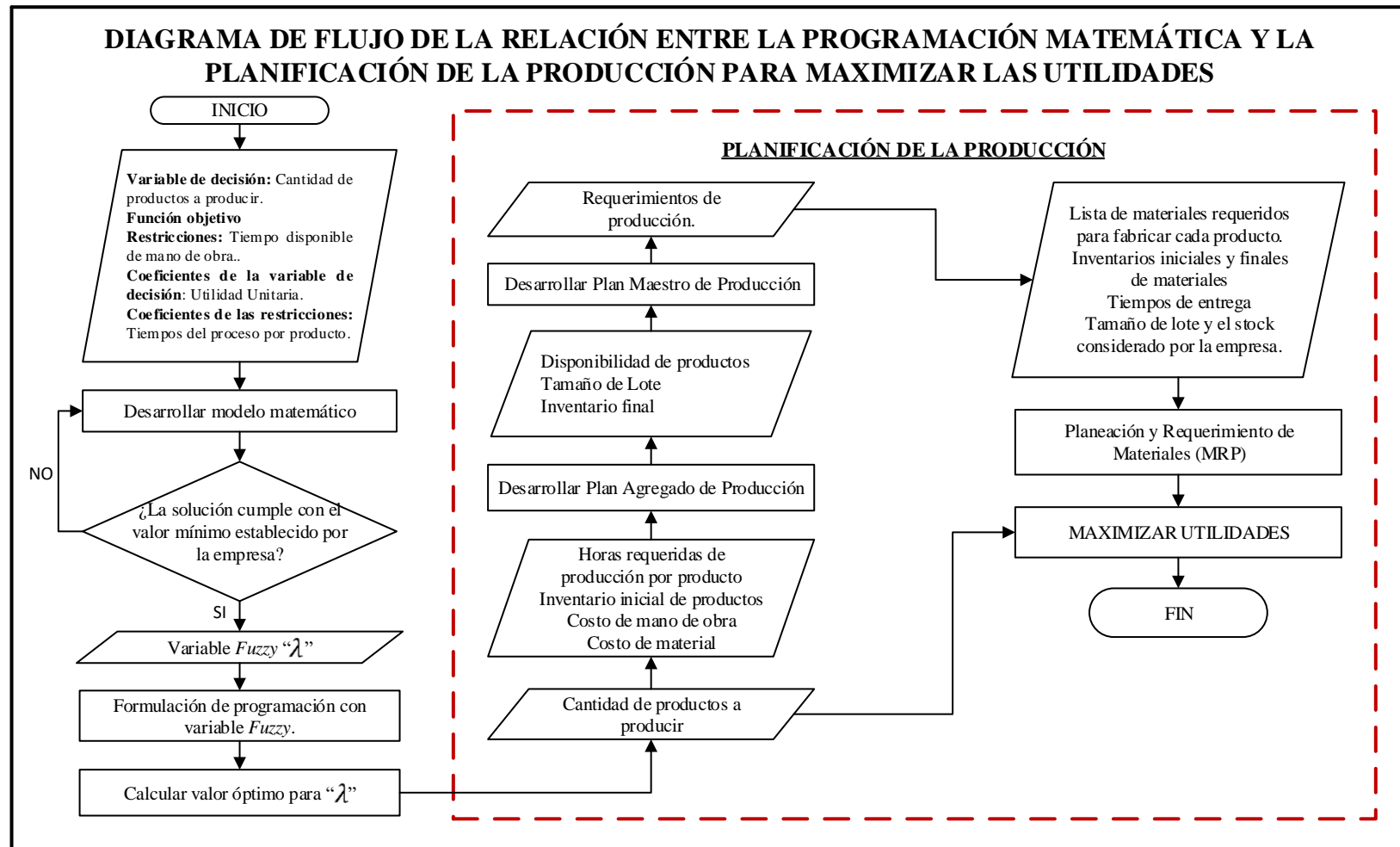


Fig. 2. Diagrama de flujo de la relación entre la programación matemática y la planificación de la producción para maximizar las utilidades.

Fuente: Elaboración Propia

Por último, se realizó el análisis del beneficio – costo de la propuesta mediante los costos de inversión, los cuales incluirán a recursos necesarios para su desarrollo como materiales de oficina, capacitaciones o cursos, entre otros. Así mismo, se determinó un flujo de caja en el tiempo de evaluación en donde se consideró como egresos a los costos mencionados y depreciación de los activos considerados en la propuesta y para los ingresos se consideró a las utilidades netas adicionales obtenidas por la programación matemática.

Resultados y discusión

A. Diagnóstico de la empresa

La empresa FAMETAL S.A.C., se dedica a la fabricación de muebles de melamina y metal; cuenta con más de 40 productos y trabajan con el Sistema de Producción Pull. En el periodo de enero – julio de 2019, en promedio, el 75,2% de los pedidos fueron de melamina, el 11,8% de metal y el 13% de melamina y metal (Ver anexo 1). Así mismo, el 72% de los pedidos fueron entregados a tiempo, el 19,4% fueron pedidos entregados con retraso y el 8,6% pedidos anulados por el cliente, los cuales a su vez representaron una pérdida económica del 3% del total de sus utilidades. (Ver anexo 2 y anexo 3). De los pedidos entregados con retraso, en el anexo 4 se observa que el 90,5% fue causado por la inadecuada planificación, donde el 18,9% la mano de obra fue asignada incorrectamente al igual que la materia prima en un 21,6%; así mismo, el 13,5% fue por la falta de materia y el 36,5% por no respetar el orden del pedido.

Cabe resaltar que la planificación es realizada de manera empírica causada por el desconocimiento del personal encargado para el registro de información virtual. Pues, todo ingreso de pedidos es registrado de manera física mediante boletas y mediante facturas para los pedidos de materia prima e insumos.

También, se realizó una clasificación ABC en base a las utilidades y a la demanda para seleccionar a los productos más representativos para la empresa. (Ver tabla 1 y tabla 2 del siguiente enlace: <https://cutt.ly/LgbkvNa>). Se analizó la información obteniendo como resultado: estante de melamina, carpetas escolares, silla de metal, mesa de melamina, ropero clásico de melamina, escritorio lineal de melamina y módulo de entretenimiento. Dichos productos representan el 68,80% de la demanda y el 80,57% de las utilidades.

- **Tiempos de producción**

En la tabla 1 se observa los resultados. Para los cálculos a mayor detalle, ver tablas 3 – 9 del siguiente enlace: <https://cutt.ly/LgbkvNa>. En cambio, para determinar el tiempo de maquinaria, se tomó el tiempo promedio de las observaciones realizadas. Los resultados obtenidos se observan en la tabla 2 y los cálculos a detalle se presentan en las tablas 10 – 16 del enlace anterior. Considerando TOP igual a tiempo observado promedio.

Tabla 1. Tiempo de mano de obra utilizado para la fabricación de cada mueble y el tiempo disponible en estándar (horas)

Línea de producción	Etapa	Tiempo promedio utilizado por mueble (horas)							Total tiempo Disponible en estándar
		Escritorio	Ropero	Módulo de entretenimiento	Estante	Carpeta escolar	Silla	Mesa de melamina	
Melamina	Corte de piezas de melamina	0,61	0,80	0,62	0,56	0,03		0,49	1 058,40
	Canteado de piezas	1,01	1,05	0,94	1,01	0,02		0,93	1 209,60
	Habilitado y ensamblaje del mueble	1,02	1,31	1,29	1,02	0,06		0,87	1 285,20
	Acabado del mueble	0,17	0,16	0,15	0,17	0,01		0,15	1 209,60
Metal	Corte de tubos					0,02	0,05		1 285,20
	Doblado de tubos					0,07	0,08		1 179,36
	Soldado					0,07	0,07		1 209,60
	Lijado					0,02	0,02		1 134,00
	Lavado en baño ácido					0,01	0,01		1 209,60
	Pintado electrostático					0,10	0,10		1 285,20
	Corte de tela para asiento						0,01		1 285,20
	Corte de tablero para asiento						0,02		1 058,40
	Ensamblaje de asiento						0,04		1 285,20
	Ensamblaje de silla						0,11		1 285,20
	Acabado de silla						0,03		1 209,60

Fuente: FAMETAL S.A.C.

Tabla 2. Tiempo de maquinaria utilizado para la fabricación de cada mueble y tiempo disponible en promedio (horas)

Maquinaria	Tiempo promedio utilizado por mueble (horas)							Tiempo Disponible en promedio
	Escritorio	Ropero	Módulo de entretenimiento	Estante	Carpeta escolar	Silla	Mesa de melamina	
Escuadradora	0,25	0,36	0,27	0,19	0,02	0,02	0,18	1058,40
Enchapadora	0,30	0,42	0,39	0,35	0,08		0,31	1134,00
Tronzadora					0,02	0,02		907,20
Dobladora					0,05	0,05		1028,16
Soldadora					0,10	0,09		756,00
Lijadora					0,02	0,02		710,64
Horno					0,10	0,10		922,32

Fuente: FAMETAL S.A.C.

- **Proceso de producción**

El proceso de fabricación de cada mueble depende del tipo de material del cual esté conformado: melamina, metal o melamina-metal. Para los muebles de melamina los procesos son: corte, canteo, habilitado, ensamblaje y acabado. En el anexo 5 se detalla en qué consiste cada uno; así como un diagrama de bloques tomando como ejemplo la fabricación de un estante y un diagrama de operaciones del proceso del mismo mueble. En la figura 3 se observa un diagrama de análisis de proceso para fabricación del ejemplo mencionado. En cambio, para la fabricación de muebles de metal, los procesos principales son: corte, doblado, soldado, lijado, lavado en baño ácido, pintado electrostático y secado artesanal; aunque, dependiendo del modelo del producto se requiere de procesos adicionales. Por ejemplo, para la fabricación de sillas, se añaden los siguientes procesos: corte de tela, corte de tablero, ensamblaje de asiento, habilitado, ensamblaje y acabado. En el anexo 6 se detalla en qué consiste cada uno y se presenta un diagrama de bloques del proceso productivo de dicho ejemplo.

También, para la fabricación algunos muebles se utilizan ambos materiales: melamina y metal. Tal caso sucede con las carpetas escolares, cuya fabricación pasa por los mismos procesos principales de un mueble de metal seguidamente de los de uno de melamina. En el anexo 7 se detalla en qué consiste cada uno y se presenta un diagrama de bloques del proceso productivo de una carpeta escolar.

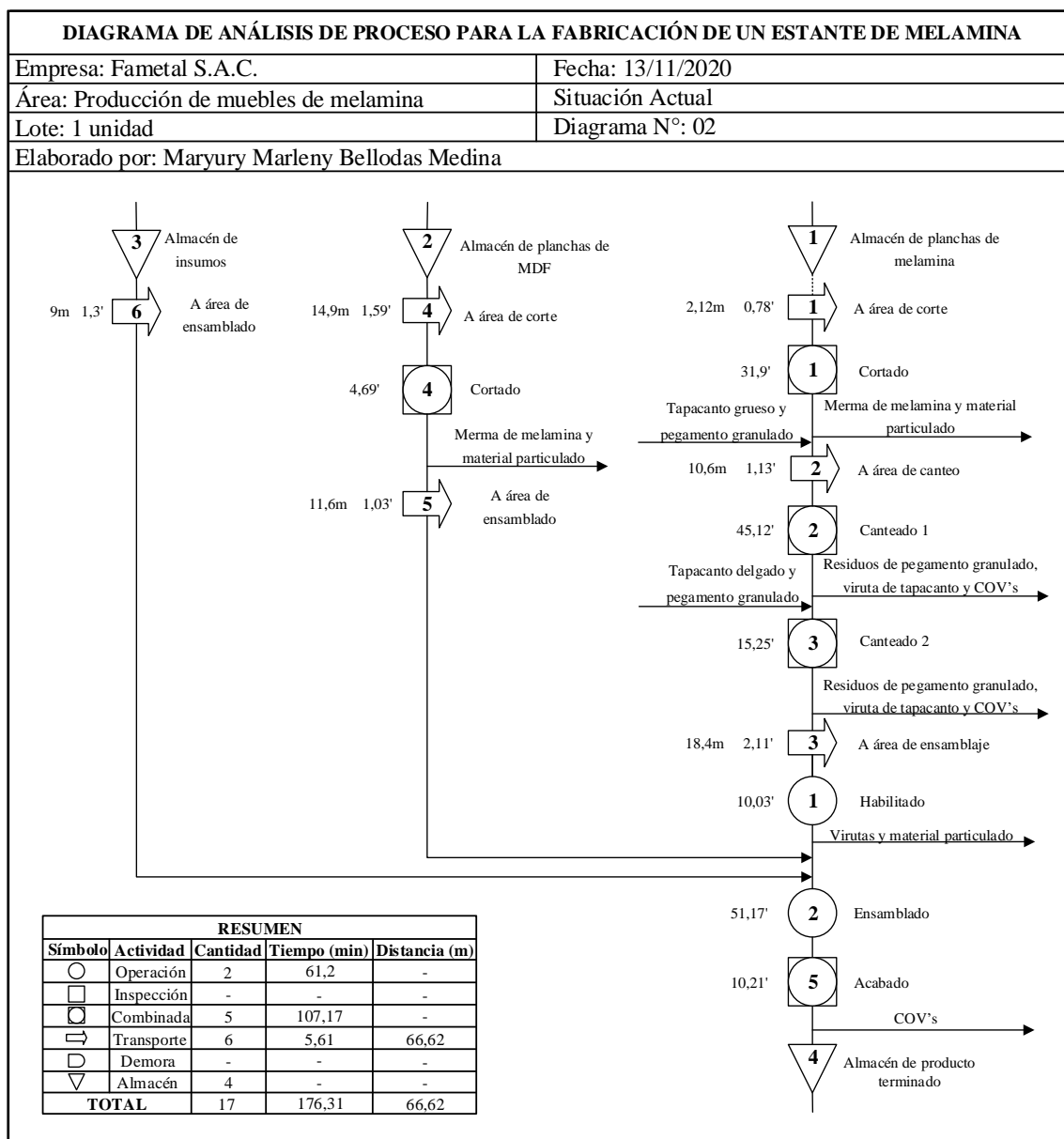


Fig. 3. Diagrama de análisis de proceso para la fabricación de un estante de melamina

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 3 se observa el diagrama de análisis de proceso para la fabricación de un estante de melamina, cuyo resumen evidencia un total de 17 actividades. En dicho proceso se requieren de 2 operaciones con un tiempo total de 61,2 minutos, 5 actividades combinadas (operación e inspección simultáneamente) con un tiempo total de 107,17 minutos; tales actividades son de valor agregado para el proceso productivo y en conjunto suman 168,37, lo que representa el 95,5% del tiempo total de producción.

Igualmente, en el cuadro resumen se evidenció a 6 actividades de transporte con un tiempo total de 5,61 y a 4 actividades de almacén; tales actividades no son de valor agregado, lo que representan al 4,5% del tiempo total de producción.

Una variable importante dentro del modelo matemático fue la cantidad de material utilizado para la fabricación de cada producto y la disponibilidad del mismo (Ver tabla 3). Así mismo, en el anexo 8 se observa el despiece de cada mueble.

Tabla 3. Material utilizado por cada mueble y disponibilidad aproximada del mismo.

MATERIAL	UNIDAD	MUEBLE							TOTAL DISPONIBLE EN
		ESCRITORIO	ROPERO	MODULO DE ENTRETENIMIENTO	ESTANTE	CARPETA ESCOLAR	SILLA	MESA DE MELAMINA	
Bisagras lateral 110° 35mm	unidad		3,00						2 000
Bisagras punto negro	unidad			2,00					1 500
Canoplas para tubo ovalado	unidad		2,00						1 000
Cerraduras de escritorio tambor cuadrado	unidad	2,00	2,00						1 000
Corredera telescópica 18"	unidad	3,00							1 100
Corredera telescópica 20"	unidad		5,00						800
Deslizadores	unidad	4,00	8,00	8,00	4,00				10 000
Escuadras 30mm x 30mm	unidad	3,00		6,00					1 700
Espejo	unidad		0,36						100
Grapas	unidad						12,00		200 000
Griper cromado	unidad			10,00					2 500
Huaipe	kilogramos						0,50		2 500
Jalador barra solido cromado 128mm	unidad	3,00	5,00						4 000
Pegamento granulado	kilogramos	0,23	0,61	0,20	0,58	0,20		0,86	700
Pintura en polvo	kilogramos					1,00	1,00		2 500
Plancha de MDF 8 mm x 2500 x 2140 mm	unidad	0,11	0,59		0,33				300
Plancha de melamina 18 mm x 2440 x 1830 mm	unidad	0,72	2,03	1,44	0,77	0,09		1,15	1 800
Plancha de Triplay de 8mm x 1,22m x 2,44m	unidad						0,05		225

Fuente: FAMETAL S.A.C.

Tabla 3. Material utilizado por cada mueble y disponibilidad aproximada del mismo. (Continuación)

MATERIAL	UNIDAD	MUEBLE							TOTAL DISPONIBLE EN
		ESCRITORIO	ROPERO	MODULO DE ENTRETENIMIENTO	ESTANTE	CARPETA ESCOLAR	SILLA	MESA DE MELAMINA	
Regatones de 1,5mm	kilogramos					0,50	0,50		1 000
Reten doble negro	unidad			4,00					2 000
Soldadura	unidad	6,00	8,00						2 500
Soportes plástico transparente	unidad	24,00		72,00	40,00	12,00		40,00	60 000
Stoboles 4 x 40	metros	24,76	62,66	17,16	24,12	4,36		49,06	31 000
Tapa tornillos	metros	3,82	12,98	6,83	2,58			6,00	15 500
Tapacanto delgado PVC 22 mm	metros						0,50		1 000
Tapacanto grueso PVC 22mm	unidad				13,00				25 000
Tela	unidad				40,00				12 500
Tornillos 3,5 x 25	unidad	50,00	102,00	22,00				16,00	30 000
Tornillos 3,5 x 40	unidad	10,00	50,00					16,00	25 000
Tornillos 4 x 20	unidad	45,00	100,00	85,00				22,00	35 000
Tornillos 4 x 30	unidad					12,00	4,00		10 000
Tornillos 4 x 50	metros		1,68						360
Tuercas y pernos enroscables de 1/4"	metros					5,82	3,00		6 000
Tubo circular 1" mate (6m)	metros						4,02		3 000
Tubo de fierro de 1" de 1,5mm de espesor	metros		0,55						200
Tubo de fierro de 1/2" de 1mm de espesor	plancha			0,08					250
Tubo ovalado	kilogramos					0,50	0,50		1 000
Vidrio de 5,5 mm de grosor	unidad			4,00					2 000

Fuente: FAMETAL S.A.C.

A continuación, en la tabla 4 se observan datos que servirán para la posterior programación y planificación de la producción.

Tabla 4. Costos involucrados en la fabricación de cada producto

Producto	Costo de materiales	Costo de mano de obra	Otros costos	Costo total de producción	Utilidad	Precio de venta
Escritorio melamina de	S/250,00	S/71,95	S/38,05	S/360,00	S/420,00	S/780,00
Ropero clásico melamina de	S/522,50	S/85,22	S/82,78	S/690,50	S/710,00	S/1 400,50
Módulo entretenimiento de	S/420,50	S/76,98	S/53,42	S/550,90	S/490,00	S/1 040,90
Estante de melamina	S/295,60	S/70,78	S/43,62	S/410,00	S/290,00	S/700,00
Carpetas escolares	S/40,10	S/8,71	S/11,19	S/60,00	S/45,80	S/105,80
Silla de metal	S/28,92	S/11,58	S/7,50	S/48,00	S/39,50	S/87,50
Mesa de melamina	S/289,50	S/62,47	S/49,43	S/401,40	S/255,00	S/656,40

Fuente: Fametal S.A.C.

B. Programación matemática

• Resolviendo con programación lineal

En base al comportamiento del periodo estudiado, se buscó determinar la cantidad a producir de los productos en los siguientes siete meses (agosto 2019 – febrero 2020)¹ para maximizar las utilidades de la empresa.

Encontrar X_i , donde:

*X_i = cantidad a fabricar del producto i , donde:
 i = Índice del producto seleccionado (1,2,3, ..., n)*

Índices de acuerdo al producto.

- | | |
|------------------------------|---------------------|
| 1. Escritorio | |
| 2. Ropero | 5. Carpeta escolar |
| 3. Módulo de entretenimiento | 6. Silla |
| 4. Estante | 7. Mesa de melamina |

¹ Periodo de planificación

Para maximizar utilidades, donde:

A_i : Utilidad generada por producto i (Ver tabla 4)

Entonces:

$$\text{Máx } Z = \sum_{i=1}^n A_i * X_i$$

Sujeta a:

- B_i : Disponibilidad máxima de materiales (unidades establecidas según el tipo de material).
- b_i : Índice de material utilizado (regatones de 1,5mm, reten doble negro, soldadura, soportes plástico transparente, ...) para la fabricación del producto i . (Ver tablas 3.a. y 3.b.)
- Cx_i : Disponibilidad máxima de tiempo de mano de obra (horas)
- cx_i : Índice de tiempo mano de obra (en horas) utilizada por cada etapa productiva (corte de piezas de melamina, canteado de piezas, habilitado y ensamblaje del mueble, ...) para la fabricación del producto i . (Ver tabla 1)
- Dxi : Disponibilidad máxima de tiempo de maquinaria (horas)
- dxi : Índice de tiempo (en horas) utilizada por cada maquinaria (escuadradora, enchapadora, tronzadora, ...) para la fabricación del producto i . (Ver tabla 2)

*No negatividad:

$$X_i \geq 0$$

El modelo planteado fue ingresado en el Software LINGO, cuya programación a detalle se observa en el anexo 9. La solución obtenida por la programación lineal es una máxima utilidad de S/. 425 745,00, la cual fue evaluada en el siguiente proceso.

• Resolviendo con Programación Fuzzy

Se comprobó que $Z \geq \bar{Z}$ al observar: S/ 425 745,50 \geq S/. S/ 279 662,80 (utilidad obtenida en el periodo estudiado y que la empresa considera como mínima a obtener).

Posteriormente, se agregó la variable Fuzzy “ λ ”, cuyo valor fue tomado de los cálculos realizados por Yücesan y Zenginb [4], quienes determinaron un valor de 0,873. Además, indicaron que a más cerca de la unidad se encuentre dicha variable, la solución óptima se acercará más a la realidad. Por último, se reemplazó la variable *Fuzzy* dentro de la función objetivo para obtener una nueva restricción:

$$\begin{aligned} & 209x_1 + 45x_2 + 39.5x_3 + 255x_4 + 710x_5 + 420x_6 + 490x_7 \\ & \quad - (425\,745,50 - 279\,662,80) \lambda \geq 279\,662,80 \\ & 209x_1 + 45x_2 + 39.5x_3 + 255x_4 + 710x_5 + 420x_6 + 490x_7 \\ & \quad - (425\,745,50 - 279\,662,80) * 0,873 \geq 279\,662,80 \\ & 209x_1 + 45x_2 + 39.5x_3 + 255x_4 + 710x_5 + 420x_6 + 490x_7 \geq 407\,193 \end{aligned}$$

La solución óptima indica que es necesario la fabricación 318 escritorios, 73 roperos, 124 módulos de entretenimiento, 312 estantes, 585 carpetas escolares, 745 sillas de metal y 129 mesas de melamina para obtener una máxima utilidad de S/. 425 745,50 en el periodo de agosto 2019 – febrero 2020 (Ver figura 4). En el anexo 10 se observa la interpretación de los resultados obtenidos por las restricciones.

Variable	Value	Reduced Cost
X1	318.0000	-420.0000
X2	73.00000	-710.0000
X3	124.0000	-490.0000
X4	312.0000	-290.0000
X5	585.0000	-45.80000
X6	745.0000	-39.50000
X7	129.0000	-255.0000

Global optimal solution found.		
Objective value:		425745.5
Objective bound:		425745.5

Fig. 4. Resultados de la programación Fuzzy

Fuente: Elaboración propia en Software LINGO

C. Planificación de la producción

Para el desarrollo del plan agregado se consideró tomar como dato de partida a la cantidad de productos a fabricar, establecida por la programación, en el periodo de planificación. Así mismo, en la tabla 2 se observa al tiempo requerido para la fabricación de cada producto y en la tabla 4 a los diferentes costos que involucran a cada producto, datos que también se utilizaron para la elaboración del plan. Por dato de la empresa, se tomó en cuenta a 6 operarios para la línea de melamina y 5 para la línea de metal, cuyo salario promedio por una jornada laboral de 9 horas equivale a S/ 38,46 o S/ 4,27 por hora.

Para el plan agregado también se consideró como criterio una repartición homogénea entre la cantidad de muebles a producir mensualmente. Además, la estrategia utilizada fue de persecución adaptada a la realidad y necesidades de la empresa dado que se tenía como principales restricciones el no despedir ni contratar personal y no generar inventario. En las tablas 17 – 24 del siguiente enlace: <https://cutt.ly/LgbkvNa> se detalla el plan y a continuación, en la tabla 5 se observa el resultado del mismo, el cual tiene un costo equivalente de S/ 426 845,19.

Tabla 5. Resultado del plan agregado de producción

Producto	Cantidad a producir	Costo de mano de obra	Costo de material	Costo Sub - Total
Escritorio de melamina	318	S/22 881,50	S/79 500,00	S/102 381,50
Ropero clásico de melamina	73	S/5 398,63	S/38 142,50	S/43 541,13
Módulo de entretenimiento	124	S/9 545,92	S/52 142,00	S/61 687,92
Estante de melamina	312	S/22 084,91	S/92 227,20	S/114 312,11
Carpetas escolares	585	S/5 096,78	S/23 458,50	S/28 555,28
Silla de metal	745	S/8 630,26	S/21 545,40	S/30 175,66
Mesa de melamina	129	S/8 059,18	S/38 132,40	S/46 191,58
Costo Total				S/426 845,19

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la tabla 6 se presenta al plan maestro de cada producto para cada semana del periodo de agosto 2019 – febrero 2020. Posteriormente, el plan de requerimiento de materiales se realizó teniendo en cuenta información como: la producción semanal brindada por el plan maestro, inventario inicial del material, el tamaño de lote para realizar un pedido y el tiempo de entrega del mismo (Ver anexo 11). En las tablas 25 – 67 del siguiente enlace: <https://cutt.ly/LgbkvNa> se presenta el plan a detalle.

Tabla 6. Plan maestro de producción para cada producto

Plan maestro de Escritorio de melamina																																
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20							
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Unidades pronosticadas	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	11	11	11	9
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	11	11	11	9
Cantidad de lotes	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	12	12	12	10	11	11	11	9
Tamaño de Lote	0																															
Plan maestro de Ropero clásico de melamina																																
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20							
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1
Cantidad de lotes	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	2	2	2	2	1
Tamaño de Lote	0																															
Plan maestro de Módulo de entretenimiento																																
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20							
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	4	4	4	4
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	4	4	4	4
Cantidad de lotes	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	5	5	5	3	4	4	4	4
Tamaño de Lote	0																															
Plan maestro de Estante de melamina																																
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20							
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	11	11	11	11
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	11	11	11	11
Cantidad de lotes	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	12	12	12	9	11	11	11	11
Tamaño de Lote	0																															

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6. Plan maestro de producción para cada producto (Continuación)

Plan maestro de Carpetas escolares																												
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Cantidad de lotes	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
Tamaño de Lote	0																											
Plan maestro de Sillas de metal																												
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	26	26	26	25
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	26	26	26	25
Cantidad de lotes	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	27	27	27	26	26	26	26	25
Tamaño de Lote	0																											
Plan maestro de Mesa de melamina																												
	Ago-19				Set-19				Oct-19				Nov-19				Dic-19				Ene-20				Feb-20			
Semanas	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Unidades pronosticadas	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4
Inv. Final	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MPS	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4
Cantidad de lotes	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4
Tamaño de Lote	0																											

Fuente: Elaboración propia

D. Análisis Beneficio - Costo

Para el análisis beneficio – costo se tomó en cuenta la compra de diferentes recursos que aporten al desarrollo de plan propuesto, los cuales fueron considerados como costos de inversión. El costo de inversión tangible involucra la compra de materiales cuyo valor equivale a S/ 8 190 y el costo de la inversión intangible representa un valor monetario de S/ 5 022. Así mismo, se consideró un 5% del total para cualquier tipo de imprevistos durante la implementación. Debido a que la inversión es baja, el costo será asumido por el promotor del proyecto; es decir, por la empresa Fametal S.A.C. En la tabla 7 se presenta dichos costos del plan de producción propuesto.

Tabla 7. Costos de inversión del plan de producción propuesto

COSTOS DE INVERSIÓN	
Descripción	Inversión total
<i>Inversión tangible</i>	
3 Laptops	S/5 400
3 Escritorio	S/2 340
3 Silla de oficina	S/450
Total Inversión Tangible	S/8 190
<i>Inversión intangible</i>	
Curso Online de Planificación y Organización de la Producción para jefe de Producción	S/4 413
Capacitación en Microsoft Excel para jefe de producción y encargados de las áreas de ventas y almacén	S/609
Total Inversión Intangible	S/5 022
Imprevistos 5%	S/661
INVERSIÓN TOTAL	S/13 873

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, para desarrollar el flujo de caja en el cual se consideró como egresos a la depreciación de los activos tangibles mencionados en la propuesta. Para ello, se tomó en cuenta una depreciación anual del 20% para las laptops y un 10% para los muebles de oficina (escritorios y sillas); dichos valores fueron brindados por la SUNAT según el artículo 22° del Reglamento del TUO de la Ley del Impuesto a la Renta [18]. Como resultado se obtuvo una depreciación igual a S/1 629 anuales y S/135,75 mensuales. (Ver detalle en anexo 12) En cambio, para los ingresos se consideraron a las utilidades adicionales obtenidas con la propuesta, cuyo cálculo se observa en el anexo 13.

A continuación, en la tabla 8 se observa el flujo de caja para el periodo de planificación, en el cual evidencia que la inversión se recupera en el primer mes.

Tabla 8. Flujo de caja

FLUJO DE CAJA (PRESUPUESTO DE EFECTIVO)								
ÍTEM	0 MES	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES
<u>Inversión</u>								
Capital Social	S/13 873							
Total Inversión	S/13 873							
<u>INGRESOS</u>								
Utilidades netas adicionales con propuesta		S/33 140	S/36 837	S/30 607	S/31 733	S/31 852	S/22 728	S/14 324
TOTAL INGRESOS		S/33 140	S/36 837	S/30 607	S/31 733	S/31 852	S/22 728	S/14 324
<u>EGRESOS</u>								
Depreciación de activos (laptops, escritorios y sillas)		S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136
TOTAL EGRESOS		S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136
SALDO FINAL (Déficit / Superávit)	-S/13 873	S/33 004	S/36 701	S/30 472	S/31 597	S/31 716	S/22 592	S/14 188
UTILIDAD ACUMULADA	-S/13 873	S/19 132	S/55 833	S/86 304	S/117 901	S/149 617	S/172 209	S/186 397

Fuente: Elaboración propia

Para la evaluación financiera se calculó la tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR), en el cual se consideró un 10% de riesgo de inversión y 1,72 % de tasa inflacionaria, brindada por el BCRP [19]. Como resultados se obtuvo un TMAR del 11,72%. Posteriormente, al evaluar la tasa interna de retorno (TIR) en base a la corriente de liquidez neta (Ver anexo 14) se obtuvo un TIR de 241,9%; es decir, el proyecto es aceptado.

También, se realizaron los cálculos del valor actualizado neto (VAN) en base a la corriente de liquidez neta, el TMAR y la inversión, obteniendo como resultado un VAN de S/ 123 582,36.

Por último, en la relación beneficio – costo se obtuvo un valor de 211,75; lo que indica que, por cada S/1,00 invertido, la empresa tiene un retorno de S/210,75.

$$\frac{\text{Beneficio}}{\text{Costo}} = \frac{S/ 201 2019,50}{S/ 950,25} = 211,75$$

E. Discusiones

Después de obtener los resultados del primer objetivo se determinó que las variables identificadas son similares a las encontradas por las investigaciones de Komsiyah, Meiliana y Ekaputera [3, pp. 546-547]; y, Yücesan y Zenginb [4, p. 144], debido a que todas estuvieron enfocadas en un mismo objetivo principal, maximizar utilidades en una empresa de muebles. Las variables identificadas fueron: el índice de tipos de productos, tipos de material, la utilidad unitaria de cada producto, tiempos de fabricación. La diferencia entre la presente investigación y las demás radica es que la presente investigación también consideró información sobre costos de materiales, los cuales fueron considerados para el desarrollo de la planificación.

La máxima utilidad obtenida mediante la programación lineal es la misma cantidad obtenida en la programación *Fuzzy*; sin embargo, este último fue calculado y evaluado con la involucración de la variable *Fuzzy* “ λ ”, lo que comprueba que es una solución muy cercana a la realidad, tal como lo señala el estudio realizado por Yücesan y Zenginb [4, p. 145]. Así mismo, con el modelo de programación *Fuzzy*, se pudo incrementar las utilidades en un 52% a comparación del estudio realizado por Komsiyah, Meiliana y Ekaputera, Hasegaf [3, p. 549], que obtuvo un aumento del 47,37% en sus utilidades. Ambas investigaciones fueron realizadas con la misma metodología en una empresa de muebles. Sin embargo, a pesar que ambas empresas trabajan a pedido, la diferencia de resultados radica en que en la investigación por los autores mencionados planteó como restricciones a cantidades máximas de unidades a producir. En cambio, en la presente investigación no se plantearon dichas restricciones lo que significa que mientras más requerimientos de productos obtenga, las utilidades serán mayores

Como se describe inicialmente, la empresa no realiza una adecuada planificación por lo que se ha demostrado las bondades de desarrollar los planes de producción dado que organiza el trabajo, permite establecer los requerimientos de materia prima e insumos. Además, anteriormente la empresa era muy desordenada y efectivamente aceptaba trabajos sin tener la seguridad de contar con todos los recursos necesarios. Ahora, al igual que en la investigación de Zambrano, Arguello, Domínguez y Bautista [5, pp. 815-822], mediante la programación realizada se ha establecido una secuencia ordenada de pedidos, los cuales se llegaron a convertir en órdenes de entradas y salidas de materiales, y órdenes de trabajo.

Conclusiones

Se concluye que la combinación de la Programación matemática y la Planificación de la producción incrementó las utilidades en un 52%.

Del diagnóstico se determinó que la empresa contaba con un nivel de servicio solo del 72%. por la inadecuada planificación: incorrecta asignación de recursos, falta de materiales y la alteración en el orden de los pedidos. También, la planificación era realizada de manera empírica causada por el desconocimiento del personal encargado para el registro de documentación vía virtual como, por ejemplo: la emisión de pedidos e ingreso, salida de materia prima e insumos y salida de productos terminados. Por lo tanto, con el desarrollo de la propuesta, dicho nivel de servicio incrementó al 98%. Así mismo, se identificaron a dos tipos de componentes para el desarrollo del modelo matemático: variables de decisión y restricciones. Para el primer

componente se identificó como variables a la cantidad de productos a fabricar con sus respectivas utilidades. En cambio, para el segundo componente, se identificaron restricciones como la cantidad Disponible en de materiales y tiempo Disponible en de mano de obra y maquinaria, el cual fue determinado mediante el cálculo de tiempos estándares.

Posteriormente, se formuló problema mediante Programación lineal Fuzzy: función objetivo con 7 variables, 63 restricciones funcionales y 1 de no negatividad, para hallar valores para la óptima solución y máxima utilidad. La importancia de la elaboración de la programación radica en que permitió aprovechar al máximo los recursos limitados de la empresa y dar paso a siguientes evaluaciones, como la planificación de la producción.

Mediante el plan agregado se determinó que la estrategia más conveniente para la empresa era la de persecución adaptada a las necesidades y realidad de la misma. Con el plan maestro se estableció el cronograma de producción semanal para cada producto con el objetivo de respetar los plazos de entrega de los pedidos. Y, con el plan de requerimiento de materiales se estableció el plan de pedidos de materiales con el objetivo de evitar que haya faltantes y asegurar la llegada a tiempo de las mismas. Entonces, se puede decir que la finalidad de la elaboración de los tres planes fue cumplir con la cuota de producción establecida.

Cabe resaltar que, Sipper y Bulfin [13] señalan que para planificar la producción, la mitad del procedimiento consiste en determinar y analizar diferentes tipos de proyecciones. Sin embargo, con la aplicación de la programación matemática, dichos cálculos no fueron necesarios. Pues, los resultados del modelo permitieron tener como base la información necesaria para desarrollar los planes propuestos. Lo mencionado anteriormente, demuestra que se empleó el 50% de la programación matemática para la planificación actual, respecto a una planificación clásica.

Por último, el análisis beneficio – costo indicó que la propuesta de la planificación de la producción basada en programación matemática para el incremento de utilidades en Fametal S.A.C. es económicamente viable.

Recomendaciones

Se recomienda realizar un seguimiento y monitoreo de la propuesta con la finalidad de asegurar su adecuada aplicación y mantener los resultados a largo plazo.

También, se recomienda realizar una redistribución de planta de la empresa ya que permitiría reducir tiempos improductivos durante el proceso y el ahorro de los costos generados por los mismos.

Por último, se recomienda elaborar gestión de inventarios para tener un mayor control de las existencias dentro de la empresa, tanto de almacén de materia prima e insumos como de productos terminados. Pues, dicha gestión brindaría con mayor exactitud la disponibilidad de materiales, cuya información ha sido una restricción para la programación matemática; así como la información del stock se seguridad, que igualmente lo fue para la planificación de la producción.

Referencias

- [1] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); Instituto Tecnológico de la Producción (ITP); CITEmadera, “La Industria de la Madera en el Perú: Identificación de las barreras y oportunidades para el comercio interno de productos responsables de madera, provenientes de fuentes sostenibles y legales, en la MIPYMEs del Perú”, Ausangraf SAC, Lima, 2018.
- [2] G. López, N. Castro y O. Guerra, “Optimización del plan de producción. Estudio de caso carpintería de aluminio”, *Universidad y Sociedad*, vol. 9, no. 1, pp. 178-186, 2017.
- [3] S. Komsiyah, Meiliana y H. Ekaputera, “A Fuzzy Goal Programming Model For Production Planning in Furniture Company,” *ELSEVIER*, vol. 135, no. 1, pp. 544-552, 2018.
- [4] M. Yücesan y H. Zengin, “Çok Ürünlü Üretim Planlama Problemlerini Çözmek İçin MINMAX Yaklaşımına Dayanan Bir Bulanik Hedef Programlama Modeli: Mobilya İmalat Fabrikasında Örnek Bir Çalışma,” *Journal of Social of Mus Aparsian University*, vol. 7, no. 4, pp. 141-147, 2019.
- [5] D. Zambrano, L. Arguello, J. Domínguez De La Torre y E. Bautista, “Planificación de requerimientos de la capacidad de calzado en la microempresa BAZKIN”, *Revista Científica Dominio de las ciencias*, vol. 4, no. 1, pp. 803-830, 2018.
- [6] G. Arredondo, K. Ocampo, J. Orejuela y C. Rojas, “Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order”, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 16, no. 30, pp. 169-193, 2017.
- [7] PADT-REFORT, JUNAC, “Cartilla de construcción con madera”, Junta de Acuerdo de Cartagena, IIMA, 1980.
- [8] FINSA: Financiera Maderera, “FINSA”, [En línea]. Disponible en: <https://cutt.ly/8ySNGXW>. [Accedido: 20-5-2019].
- [9] P. Rodas, R. Guamán, E. Colinas, M. Peña y L. Siguenza, “Modelo matemático basado en programación lineal y lógica difusa para predicción de tiempos en industrias de ensambles de bicicletas”, *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação*, vol. 17, no. 4, pp. 581-594, 2019.
- [10] M. Redondo, “La Lógica Fuzzy y su aplicación en la limitación de recursos”, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://cutt.ly/SySMR5j>. [Accedido: 11-6-2019].
- [11] B. Begoña, Programación Matemática para la economía y la empresa, Valencia: Universitat de Valencia, 2011.
- [12] M. Díaz, D. Peidro, J. Mula y F. Ferriols, “Enfoques de programación matemática fuzzy multiobjetivo para la planificación operativa del transporte en una cadena de suministro del sector del automóvil”, *Revista de métodos cuantitativos para la economía y la empresa*, vol. 9, pp. 44-68, 2010.
- [13] D. Sipper y R. Bulfin, Planeación y control de la producción, México, D.F.: The McGraw-Hill Companies Inc., 1998.
- [14] J. Heizer y B. Render, Dirección de la Producción y de Operaciones, Octava ed., Madrid: Pearson Educación S.A., 2008.
- [15] F. Parra, Gestión de Stocks, Madrid: ESIC Editorial, 2005.

- [16] D. Muñoz, Administración de Operaciones, España: Cengage Learning Editores de C.V., 2009.
- [17] R. López, “Apuntes del tema Estudio del Trabajo”, SENATI.
- [18] Superintendencia Nacional de Administración Tributaria (SUNAT), “SUNAT”, [En línea]. Disponible en: <http://www.sunat.gob.pe/legislacion/oficios/2006/oficios/i1962006.htm>. [Accedido: 14-11-2020].
- [19] BANCO CENTRAL DE RESERVA DEL PERÚ, “BCRP”, [En línea]. Disponible en: <https://www.bcrp.gob.pe/145-publicaciones/reporte-de-inflacion.html>. [Accedido: 14-11-2020].

Anexos

Anexo 1. Detalle de venta de muebles según el material en el periodo de enero – julio del 2019.

MES	MATERIAL DE MUEBLE		
	MELAMINA	METAL	MELAMINA Y METAL
Enero	74,8%	2,7%	22,5%
Febrero	78,7%	5,6%	15,7%
Marzo	80,3%	10,7%	9,0%
Abril	73,8%	17,5%	8,7%
Mayo	70,7%	14,1%	15,2%
Junio	65,8%	25,0%	9,2%
Julio	81,4%	10,0%	8,6%
PROMEDIO	75,2%	11,8%	13,0%

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 2. Detalle de los pedidos generados en el periodo de enero – julio del 2019.

MES	PEDIDOS ENTREGADOS A TIEMPO	PEDIDOS ENTREGADOS CON RETRASO	PEDIDOS ANULADOS POR EL CLIENTE
Enero	59,6%	26,9%	13,5%
Febrero	65,4%	23,1%	11,5%
Marzo	69,0%	22,5%	8,5%
Abril	78,6%	14,8%	6,6%
Mayo	76,7%	18,3%	5,0%
Junio	80,9%	10,6%	8,5%
Julio	74,4%	17,9%	7,7%
PROMEDIO	72,0%	19,4%	8,6%

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 3. Utilidades no percibidas a causa de pedidos anulados en el periodo de enero – julio del 2019

MES	Utilidad no percibida
Enero	S/10 201,00
Febrero	S/8 367,00
Marzo	S/7 970,00
Abril	S/9 255,00
Mayo	S/9 488,00
Junio	S/9 054,00
Julio	S/9 400,00
TOTAL	S/63 735,00

Fuente: FAMETAL S.A.C.

Anexo 4. Causas de pedidos entregados con retraso en el periodo de enero – julio de 2019

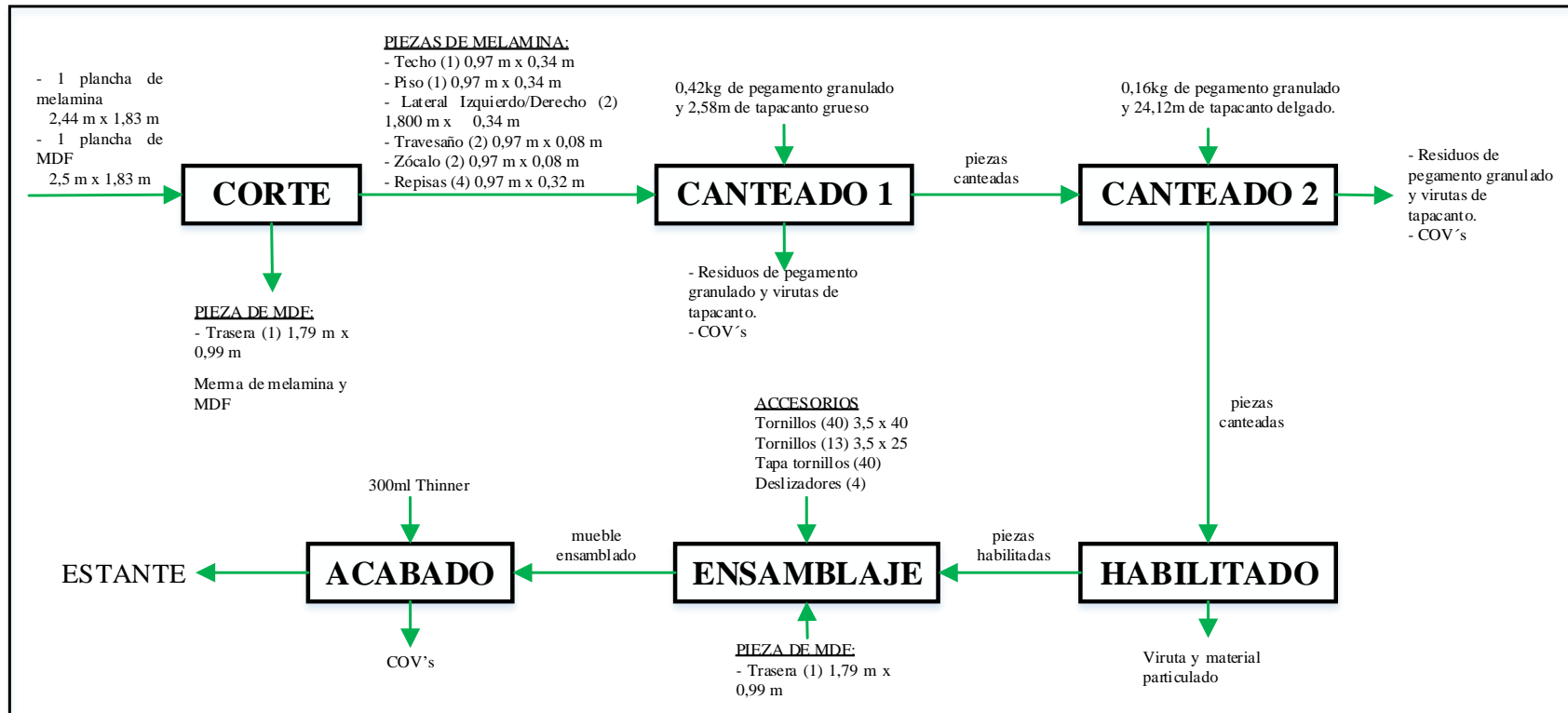
MES	Inadecuada de planificación				
	Asignación inadecuada de recursos		Faltó materia prima	No respetar el orden del pedido	Inasistencia de trabajador
	Mano de obra	Materia prima			
Enero	28,6%	28,6%	28,6%	14,2%	-
Febrero	8,3%	8,3%	16,7%	66,7%	-
Marzo	25,0%	12,5%	6,2%	31,3%	25,0%
Abril	-	22,2%	-	66,7%	11,1%
Mayo	18,2%	18,2%	18,2%	36,4%	9,0%
Junio	20,0%	40,0%	-	20,0%	20,0%
Julio	28,6%	42,8%	14,3%	14,3%	-
TOTAL	18,9%	21,6%	13,5%	36,5%	9,5%

Fuente: FAMETAL S.A.C.

Anexo 5. Descripción del proceso productivo de muebles de melamina – Ejemplo: fabricación de un estante

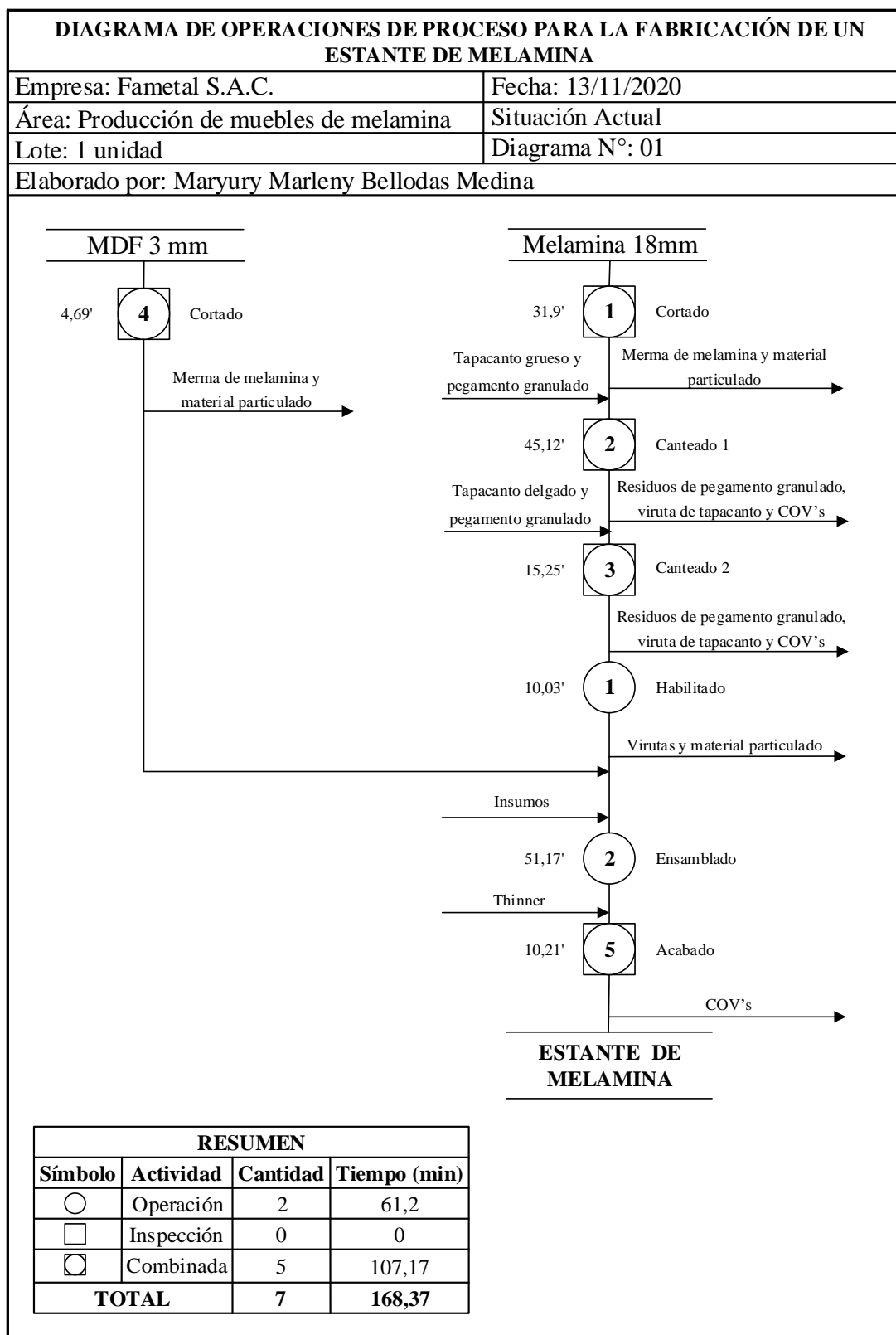
Una vez que la empresa recibe un pedido, se diseña el plano de corte del mueble en el *Software* “Corte Certo”, el cual sirve para optimizar los cortes en la plancha de melamina y disminuir el porcentaje de merma generada. Posteriormente, pasa al área de producción, la cual está conformada por 4 operaciones:

- **Corte:** El operario primero se encarga de ajustar la escuadradora y luego junto con el ayudante transporta las planchas de melamina o MDF desde el almacén de materia prima hacia la máquina para que se inicie con la operación.
- **Cantado:** El operario programa la enchapadora en base al tapacanto que se va a utilizar, luego inserta la pieza con el lado que se requiere cantear, en donde la máquina se encarga de adherir el tapacanto hacia la pieza mediante el uso de pegamento granulado y presión. Mientras que, el ayudante se encuentra al otro extremo de la enchapadora a la espera de las piezas canteadas para posteriormente inspeccionarlas y ordenarlas y finalmente llevarlas a la siguiente etapa.
- **Habilitado y Ensamblaje:** El operario perfora aquellas piezas en las que necesitará de agujeros para su ensamble. Luego, une las mismas mediante tornillos, los cuales luego son cubiertos con tapa tornillos para que el producto tenga una mejor presentación.
- **Acabado:** El ayudante se encarga de limpiar el mueble con un trapo húmedo de thinner acrílico y posteriormente, lo transporta hacia almacén de producto terminado.



Anexo 5.1. Diagrama de bloques del proceso productivo de un estante de melamina.

Fuente: Elaboración propia



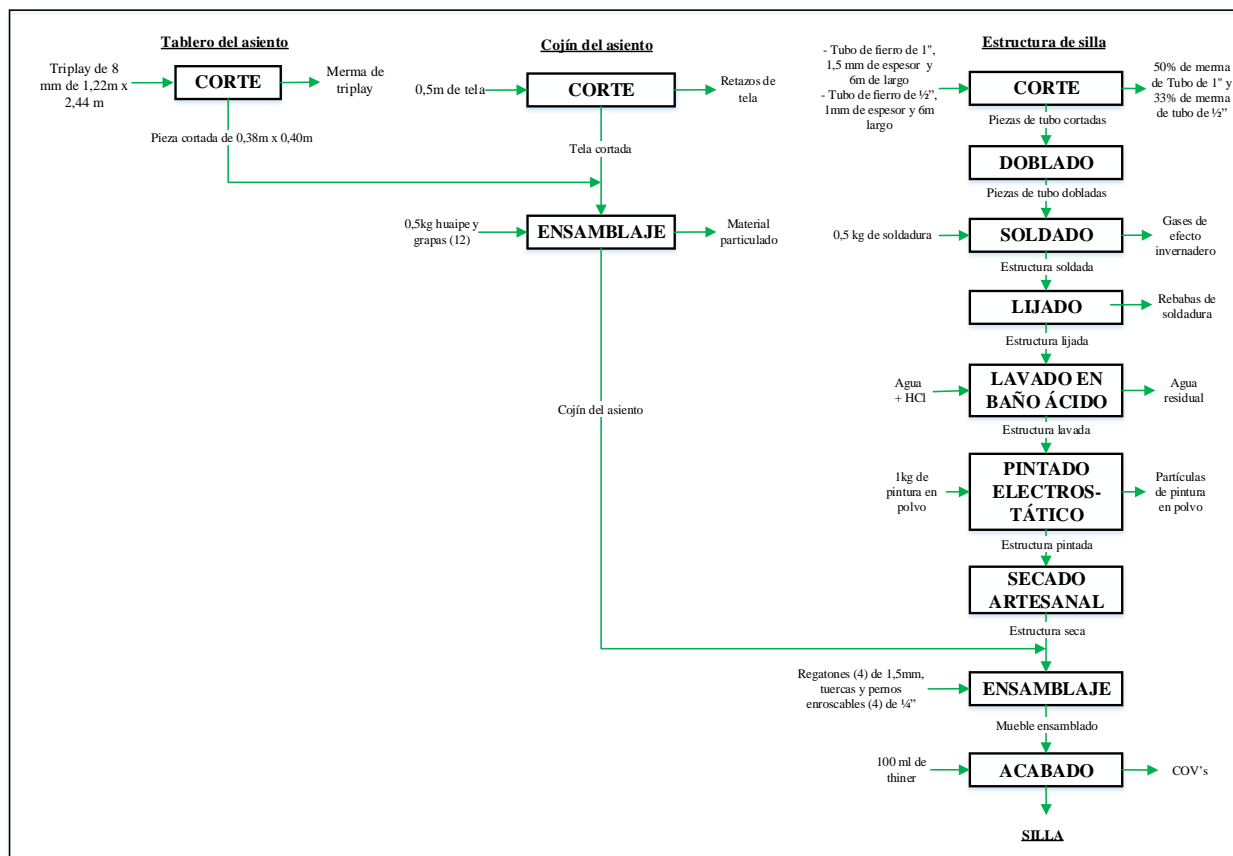
Anexo 5.2. Diagrama de operaciones del proceso para la fabricación de un estante de melamina.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 6. Descripción del proceso productivo de muebles de metal – Ejemplo: fabricación de una silla

Para la producción de la silla se siguen las siguientes operaciones:

- **Corte:** El operario mide los tubos de acuerdo a las medidas requeridas para la elaboración del mueble y posteriormente, corta las piezas las cuales son referencia a las patas, respaldares, entre otros.
- **Doblado:** El doblado consiste en dar forma a las piezas cortadas, las cuales requieran de una estructura no recta para la construcción del mueble.
- **Soldado:** Las piezas anteriormente cortadas y dobladas son soldadas por medio de soldadura Mig para la formación y fijación de la estructura del mueble.
- **Lijado:** En este proceso se busca eliminar algunas impurezas o rebabas existentes a causa de la soldadura.
- **Lavado en baño ácido:** En este proceso, el operario sumerge la estructura del mueble dentro de una tina, la cual contiene agua y ácido clorhídrico, con la finalidad de eliminar impurezas y facilitar el posterior pintado.
- **Pintado Electrostático:** En este proceso, el operario transporta la estructura del mueble hacia dentro del horno y rosea la pintura en polvo electrostática a las misma. Posteriormente, el horno es encendido y regulado manualmente a una temperatura de 180° por un tiempo de 30 minutos aproximadamente. Este proceso es indispensable para que la pintura se adhiera a la superficie.
- **Secado artesanal:** La estructura pintada se deja secar al aire libre.
- **Corte de tela:** En este proceso se corta la tela en base a las medidas del asiento de la silla.
- **Corte de tablero:** En este proceso se corta el tablero de triplay en base a las medidas del asiento de la silla.
- **Ensamblaje de asiento:** En este proceso se da forma al asiento al rellenar la tela con huaipe y finalmente se grapa al tablero
- **Habilitado y Ensamblaje:** En este proceso se perforan pequeños agujeros al asiento para posteriormente ensamblarlos a la estructura mediante tornillos y al final se colocan tapones a las patas de la silla.
- **Acabado:** El ayudante se encarga de limpiar el mueble con un trapo húmedo de thinner acrílico y posteriormente, lo transporta hacia almacén de producto terminado.



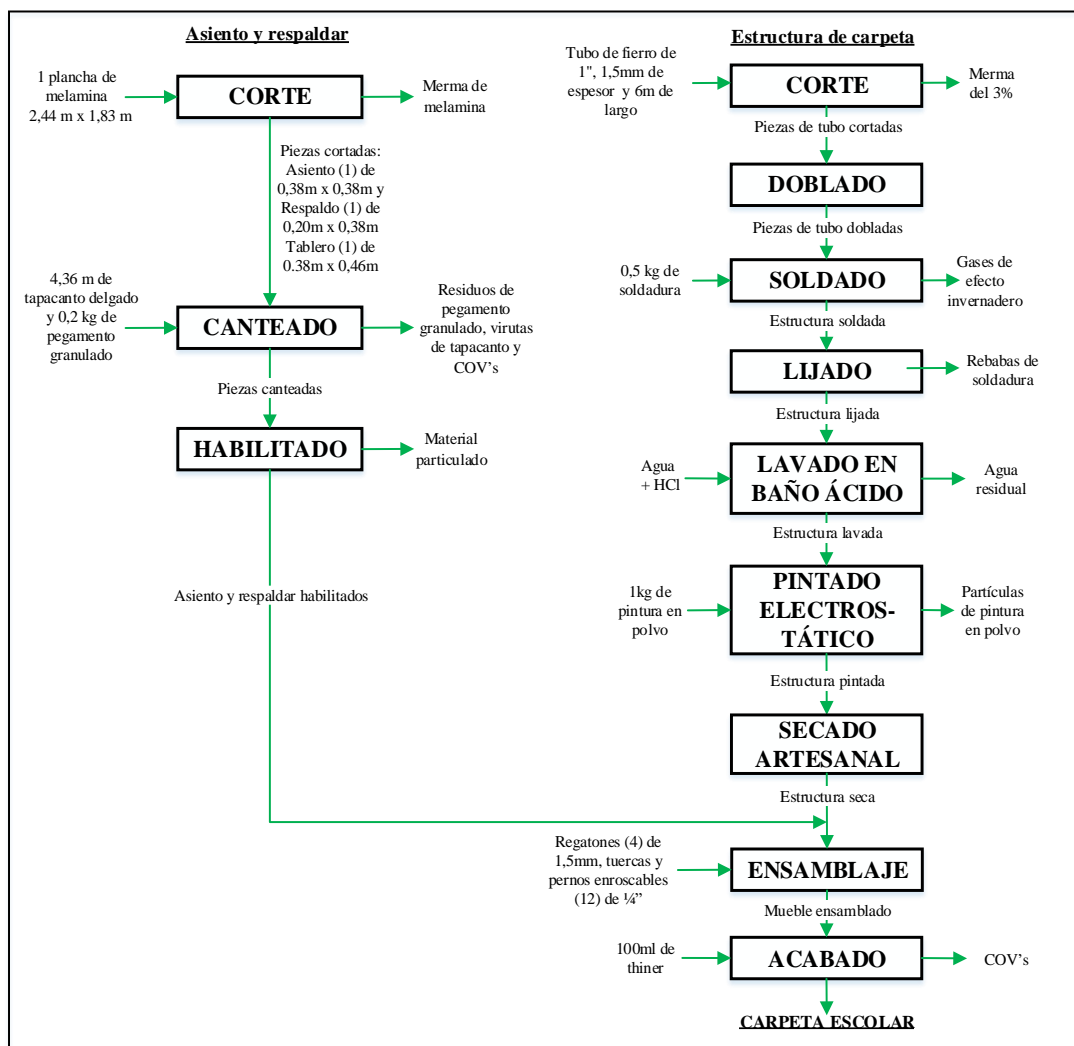
Anexo 6.1 Diagrama de bloques del proceso productivo de la silla de metal.

Fuente: Elaboración propia

Anexo 7. Descripción del proceso productivo de muebles de metal – Ejemplo: fabricación de una carpeta escolar

Para la producción de la carpeta escolar, se utilizan las mismas operaciones mencionadas anteriormente en la producción de la silla, exactamente desde el corte de tubos hasta el secado de la estructura; posteriormente a las previas operaciones, el proceso continúa de la siguiente manera:

- **Corte de melamina:** En este proceso se corta la melamina en base a las medidas del asiento y respaldar de la carpeta.
- **Enchapado:** El operario programa la enchapadora en base al tapacanto que se va a utilizar, luego inserta la pieza con el lado que se requiere cantear, en donde la máquina se encarga de adherir el tapacanto hacia la pieza mediante el uso de pegamento granulado y presión. Mientras que, el ayudante se encuentra al otro extremo de la enchapadora a la espera de las piezas canteadas para posteriormente inspeccionarlas y ordenarlas y finalmente llevarlas a la siguiente etapa.
- **Habilitado y Ensamblaje:** En este proceso se perforan pequeños agujeros al asiento y el respaldar para posteriormente ensamblarlos a la estructura mediante tornillos y al final se colocan tapones a las patas de la carpeta.
- **Acabado:** El ayudante se encarga de limpiar el mueble con un trapo húmedo de thinner acrílico y posteriormente, lo transporta hacia almacén de producto terminado.



Anexo 7.1 Diagrama de bloques del proceso productivo de la carpeta escolar.
Fuente: Elaboración propia

Anexo 8. Despiece de cada mueble

Anexo 8.1. Materiales utilizados en la fabricación de un estante de melamina

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de melamina Maderba 18 mm x 2440 x 1830 mm	materia prima	unidad	0,77
Plancha de MDF 1c 18 mm x 2500 x 2140 mm	materia prima	unidad	0,33
Pegamento granulado	accesorios	kilogramos	0,58
Tapacanto delgado PVC 22mm	accesorios	metros	24,12
Tapacanto grueso PVC x 22mm	accesorios	metros	2,58
Tornillos 3,5 x 40	accesorios	unidades	40
Tornillos 3,5 x 25	accesorios	unidades	13
Tapa tornillos	accesorios	unidades	40
Deslizadores	accesorios	unidades	4

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.2. Materiales utilizados en la fabricación de una carpeta escolar

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de Melamina Maderba 18 mm x 2440 x 1830 mm	materia prima	unidad	0,09
Tubo de fierro de 1" de 1,5mm de espesor	materia prima	metros	5,82
Pegamento granulado	accesorios	kilogramos	0,20
Tapacanto delgado PVC 22mm	accesorios	metros	4,36
Soldadura	accesorios	kilogramos	0,5
Pintura en polvo electrostática	accesorios	kilogramos	1
Regatones de 1,5mm	accesorios	unidades	4
Tuercas y pernos enroscables de 1/4"	accesorios	unidades	12
Tapa tornillos	accesorios	unidades	12

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.3. Materiales utilizados en la fabricación de una silla de metal

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de Triplay de 8mm x 1,22m x 2,44m	materia prima	unidad	0,05
Tela	materia prima	metros	0,50
Huaipe	materia prima	kilogramos	0,50
Tubo de fierro de 1" de 1,5mm de espesor	materia prima	metros	3
Tubo de fierro de 1/2" de 1mm de espesor	materia prima	metros	4,02
Grapas	accesorios	unidades	12
Soldadura	accesorios	kilogramos	0,5
Pintura en polvo electrostática	accesorios	kilogramos	1
Regatones de 1,5mm	accesorios	unidades	4
Tuercas y pernos enroscables de 1/4"	accesorios	unidades	4

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.4. Materiales utilizados en la fabricación de una mesa de melamina

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de melamina 18 mm x 2440 x 1830 mm	materia prima	unidad	1,15
Pegamento granulado	Accesorios	kilogramos	0,86
Tapacanto delgado PVC 22mm	accesorios	metros	49,06
Tapacanto grueso PVC 22mm	accesorios	metros	6
Tornillos 4 x 20	accesorios	unidades	16
Tornillos 4 x 30	accesorios	unidades	16
Tornillos 4 x 50	accesorios	unidades	22
Tapa tornillos	accesorios	unidades	40

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.5. Materiales utilizados en la fabricación de un ropero de melamina

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de MDF pin cerezo 1c 18 mm x 2500 x 2140 mm cerezo	materia prima	plancha	0,59
Plancha de melamina 18 mm x 2440 x 1830 mm cerezo americano	materia prima	plancha	2,03
Bisagras lateral 110° 35mm	accesorios	unidades	3
Canoplas para tubo ovalado	accesorios	unidades	2
Cerraduras p/escritorio tambor cuadrado	accesorios	unidades	2
Corredera telescópica 20"	accesorios	unidades	5
Deslizadores clavo cerezo	accesorios	unidades	8
Espejo	accesorios	plancha	0,08
Jalador barra solido cromado 128mm	accesorios	unidades	5
Pegamento granulado	accesorios	kilogramos	0,61
Stoboles 4 x 40	accesorios	unidades	8
Tapacanto delgado PVC 22mm cerezo	accesorios	metros	62,66
Tapacanto grueso PVC 22mm cedro	accesorios	metros	12,98
Tapa tornillos cerezo	accesorios	unidades	55
Tornillos 4 x 20	accesorios	unidades	102
Tornillos 4 x 30	accesorios	unidades	50
Tornillos 4 x 50	accesorios	unidades	100
Tubo circular 1" mate (6m)	accesorios	metros	1,68
Tubo ovalado	accesorios	metros	0,55

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.6. Materiales utilizados en la fabricación de un escritorio de melamina

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha MDF pin cerezo 1c 18 mm x 2500 x 2140 mm	materia prima	plancha	0,11
Plancha melamina 18 mm x 2440 x 1830 mm	materia prima	plancha	0,72
Cerraduras p/escritorio tambor cuadrado	accesorios	unidades	2
Corredera telescópica 18"	accesorios	unidades	3
Deslizadores	accesorios	unidades	4
Escuadras 30mm x 30mm	accesorios	unidades	3
Jalador barra solido cromado 128mm	accesorios	unidades	3
Pegamento granulado	accesorios	kilogramos	0,23
Stoboles 4 x 40	accesorios	unidades	6
Tapacanto delgado PVC 22mm	accesorios	metros	24,76
Tapacanto grueso PVC 22mm	accesorios	metros	3,82
Tapa tornillos	accesorios	unidades	24
Tornillos 4 x 20	accesorios	unidades	50
Tornillos 4 x 30	accesorios	unidades	10

Tornillos 4 x 50	accesorios	unidades	45
------------------	------------	----------	----

Fuente: Fametal S.A.C.

Anexo 8.7. Materiales utilizados en la fabricación de un módulo de entretenimiento

MATERIAL	ORIGEN	UNIDAD MEDIDA	CANTIDAD
Plancha de melamina Maderba 18 mm x 2440 x 1830 mm	Materia Prima	plancha	1,44
Bisagras punto negra	Accesorios	unidades	2
Deslizadores clavo negro	Accesorios	unidades	8
Escuadras 30mm x 30mm	Accesorios	unidades	6
Griper cromado	Accesorios	unidades	10
Pegamento granulado	Accesorios	kilogramos	0,20
Reten doble negro	Accesorios	unidades	1
Soportes plástico transparente	Accesorios	unidades	4
Tapacanto delgado PVC 22 mm	Accesorios	metros	17,16
Tapacanto grueso PVC 22mm	Accesorios	metros	6,83
Tapa tornillos	Accesorios	unidades	72
Tornillos 4 x 20	Accesorios	unidades	22
Tornillos 4 x 50	Accesorios	unidades	85
Vidrio de 5,5 mm de grosor	Accesorios	plancha	0,08

Fuente: Fametal S.A.C

Anexo 9. Solución en LINGO

```
Lingo Model - Modelo
!Funcion_objetivo!;
max=(420*x1+710*x2+490*x3+290*x4+45.80*x5+39.50*x6+255*x7);

@gin(x1);@gin(x2);@gin(x3);@gin(x4);@gin(x5);@gin(x6);@gin(x7);
```

Anexo 9.1. Programación de la función objetivo

Fuente: Elaboración propia en *Software* LINGO

```
!Disponibilidad de materiales!;
[Bisagra_lateral_110_35mm] 2*x2<=2000;
[Bisagras_punto_negra] 2*x3<=1500;
[Canoplas_para_tubo_ovalado] 2*x2<=1000;
[Cerraduras_para_escritorio_tambor_cuadrado] 2*x1+2*x2<=1000;
[Corredera_teloscopica_18] 3*x1<=1100;
[Corredera_teloscopica_20] 5*x2<=800;
[Deslizadores] 4*x1+8*x2+8*x3+4*x4<=10000;
[Escuadras] 3*x1+6*x3<=1700;
[Espejo] 0.08*x2<=100;
[Grapas] 12*x6<=200000;
[Gripper_cromado] 10*x3<=2500;
[Huipis] 0.5*x6<=2500;
[Jalador_barra_solido_cromado_128mm] 3*x1+5*x2<=4000;
[Pegamento_granulado] 0.23*x1+0.61*x2+0.2*x3+0.58*x4+0.2*x5+0.86*x7<=700;
[Pintura_en_polvo] 1*x5+1*x6<=2500;
[Plancha_de_MDF] 0.11*x1+0.59*x2+0.33*x4<=300;
[Plancha_de_melamina] 0.72*x1+2.03*x2+1.44*x3+0.77*x4+0.09*x5+1.15*x7<=1800;
[Plancha_de_Triplay] 0.05*x6<=225;
[Regatones] 4*x5+4*x6<=10000;
[Reten_doble_negro] 1*x3<=400;
[Soldadura] 0.5*x5+0.5*x6<=1000;
```

Anexo 9.2. Programación de las restricciones del grupo n°1

Fuente: Elaboración propia en *Software* LINGO

```

[Soportes_plastico_transparente] 4*x3<=2000;

[Stoboles_4x40] 6*x1+8*x2<=2500;

[Tapa_tornillos] 24*x1+110*x2+72*x3+40*x4+12*x5+40*x7<=60000;

[Tapacanto_dalgado_pvc_22mm] 24.76*x1+62.66*x2+17.16*x3+24.12*x4+4.36*x5+49.06*x7<=31000;

[Tapacanto_grueso_pvc_22mm] 3.82*x1+12.98*x2+6.83*x3+2.58*x4+6*x7<=15500;

[Tela] 0.5*x6<=1000;

[Tornillos_3x25] 13*x4<=25000;

[Tornillos_3x40] 40*x4<=12500;

[Tornillos_4x20] 50*x1+102*x2+2*x3+16*x7<=30000;

[Tornillos_4x30] 10*x1+50*x2+16*x7<=30000;

[Tornillos_4x50] 45*x1+100*x2+85*x3+22*x7<=35000;

[Tuercas_y_pernos_enroscables] 12*x5+4*x6<=10000;

[Tubo_circular] 1.68*x2<=360;

[Tubo_de_fierro_1_5mm_de_espesor] 5.82*x5+3*x6<=6000;

[Tubo_de_fierro_de_1_2_de_1mm_de_espesor] 4.02*x6<=3000;

[Tubo_ovalado] 0.55*x2<=200;

[Vidrio] 0.08*x3<=250;

```

Anexo 9.2. Programación de las restricciones del grupo n°1 (Continuación)
Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO*

!Disponibilidad de tiempo de mano de obra por cada etapa productiva!;

[Corte_de_piezas_demelamina] $0.61*x1+0.8*x2+0.62*x3+0.56*x4+0.03*x5+0.49*x7 \leq 1058.40;$

[Canteado_de_piezas] $1.01*x1+1.05*x2+0.94*x3+1.01*x4+0.02*x5+0.93*x7 \leq 1209.60;$

[Habilitado_y_ensamblaje_del_mueble] $1.02*x1+1.31*x2+1.29*x3+1.02*x4+0.06*x5+0.87*x7 \leq 1285.20;$

[Acabado_del_mueble] $0.17*x1+0.16*x2+0.15*x3+0.17*x4+0.01*x5+0.15*x7 \leq 1209.60;$

[Corte_de_tubos] $0.02*x5+0.05*x6 \leq 1285.20;$

[Doblado_de_tubos] $0.07*x5+0.08*x6 \leq 1179.36;$

[Soldado] $0.07*x5+0.07*x6 \leq 1209.60;$

[Lijado] $0.02*x5+0.02*x6 \leq 1134;$

[Lavado_en_bano_acido] $0.01*x5+0.01*x6 \leq 1209.6;$

[Pintado_electrostatico] $0.10*x5+0.10*x6 \leq 1285.2;$

[Corte_de_tela_para_asiento] $0.01*x6 \leq 1285.2;$

[Corte_de_tablero_para_asiento] $0.02*x6 \leq 1058.4;$

[Ensamblaje_de_asiento] $0.04*x6 \leq 1285.20;$

[Ensamblaje_de_silla] $0.11*x6 \leq 1285.20;$

[Acabado_de_silla] $0.03*x6 \leq 1209.6;$

Anexo 9.3. Programación de las restricciones del grupo n°2Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO****!Disponibilidad de tiempo de maquinaria!;***

[Escuadradora] $0.25*x1+0.36*x2+0.27*x3+0.19*x4+0.02*x5+0.02*x6+0.18*x7 \leq 1058.40;$

[Enchapadora] $0.30*x1+0.42*x2+0.39*x3+0.35*x4+0.09*x5+0.31*x7 \leq 1134;$

[Tronzadora] $0.02*x5+0.02*x6 \leq 907.20;$

[Dobladora] $0.05*x5+0.05*x6 \leq 1028.16;$

[Soldadora] $0.10*x5+0.09*x6 \leq 756;$

[Lijadora] $0.02*x5+0.02*x6 \leq 710.64;$

[Horno] $0.10*x5+0.10*x6 \leq 922.32;$

Anexo 9.4. Programación de las restricciones del grupo n°3Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO*

```
!No negatividad!;
[No_negatividad] 1*x1+1*x2+1*x3+1*x4+1*x5+1*x6+1*x7>0;

end
```

Anexo 9.5. Programación de la restricción de no negatividad.
Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO*

```
Global optimal solution found.
Objective value:                425745.5
Objective bound:                425745.5
Infeasibilities:                0.000000
Extended solver steps:          6
Total solver iterations:        54
Elapsed runtime seconds:        0.09
```

Anexo 9.6. Solución obtenida en la programación lineal
Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO*

```
!Restriccion con variable fuzzy!;
420*x1+710*x2+490*x3+290*x4+45.80*x5+38.50*x6+255*x7>=407193;
```

Anexo 9.7. Programación de la restricción Fuzzy
Fuente: Elaboración propia en *Software LINGO*

Anexo 10. Interpretación de los resultados de las restricciones

A continuación, en las siguientes imágenes se visualiza los resultados obtenidos por las restricciones establecidas, como su excedente y precio dual. Además, se interpretaron algunos de los resultados.

- El precio dual de la restricción *fuzzy* es igual a 0 con un excedente de 17 807,50; es decir, como la restricción establecía una cantidad mínima de utilidad, igual a S/. 279 662,80, y la programación del modelo dio como solución a un valor máximo igual a S/. 425 745,50; donde este último sobrepasó en el valor mencionado inicialmente. En este sentido, como se habla de ingresos monetarios es beneficioso para la empresa puesto que se busca obtener una mayor utilidad para la empresa.
- El precio dual de la restricción de las bisagras laterales de 110 * 35mm es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad de bisagras porque el total de utilidades no incrementará. Esto se debe a que se tiene un exceso de 1854 unidades; en otras palabras, se cuenta con material sobrante para fabricar otros tipos de productos.
- El precio dual de la restricción del huaipe es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad huaipe porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 2 127,5 kg; en otras palabras, se cuenta con material sobrante para fabricar otros tipos de productos.
- El precio dual de la restricción de las planchas de melamina es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad planchas porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 803 planchas; en otras palabras, se cuenta con material sobrante para fabricar otros tipos de productos.

- El precio dual de la restricción del tapacanto grueso PVC x 22mm es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad tapacanto porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 10 911,82 metros; en otras palabras, se cuenta con material sobrante para fabricar otros tipos de productos.
- El precio dual de la restricción del corte de tubos es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad de horas de mano de obra en esa actividad porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 1 236,25 horas; en otras palabras, se cuenta con tiempo sobrante para fabricar algún otro tipo de producto.
- El precio dual de la restricción del lijado es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad de horas de mano de obra en esa actividad porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 1 107,4 horas; en otras palabras, se cuenta con tiempo sobrante para fabricar algún otro tipo de producto.
- El precio dual de la restricción de la escuadradora es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad de horas en la maquinaria porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 810,04 horas; en otras palabras, se cuenta con tiempo sobrante para fabricar algún otro tipo de producto.
- El precio dual de la restricción de la enchapadora es de 0; es decir, que no es necesario aumentar la cantidad de horas en la maquinaria porque el total de utilidades no incrementarán. Esto se debe a que se tiene un exceso de 757,54 horas; en otras palabras, se cuenta con tiempo sobrante para fabricar algún otro tipo de producto.
- El precio dual de la restricción de no negatividad es de 0 con un excedente de 2 286; es decir, como la restricción establecía que la suma de las variables de decisión sea mayor o igual que cero, el excedente indicaría el total de productos a fabricar. Por lo tanto, lo mencionado anteriormente se comprueba con la solución brindada por el modelo: producir 318 escritorios, 73 roperos, 124 módulos de entretenimiento, 312 estantes, 585 carpetas escolares, 745 sillas de metal y 129 mesas de melamina. En conclusión, la suma de los productos es igual a 2 286 unidades lo que iguala al excedente obtenido inicialmente.

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	425745.5	1.000000
RESTRICCION_FUZZY	17807.50	0.000000
BISAGRA_LATERAL_110_35MM	1854.000	0.000000
BISAGRAS_PUNTO_NEGRA	1252.000	0.000000
CANOPLAS_PARA_TUBO_OVALADO	854.0000	0.000000
CERRADURAS_PARA_ESCRITORIO_TAMBOR_CUADR	218.0000	0.000000
CORREDERA_TELESCOPICA_18	146.0000	0.000000
CORREDERA_TELESCOPICA_20	435.0000	0.000000
DESLIZADORES	5904.000	0.000000
ESCUADRAS	2.000000	0.000000
ESPEJO	94.16000	0.000000
GRAPAS	191060.0	0.000000
GRIPPER_CROMADO	1260.000	0.000000
HUAIPE	2127.500	0.000000
JALADOR_BARRA_SOLIDO_CROMADO_128MM	2681.000	0.000000
PEGAMENTO_GRANULADO	148.6300	0.000000
PINTURA_EN_POLVO	1170.000	0.000000
PLANCHA_DE_MDF	118.9900	0.000000

Anexo 10.1. Resultados de las restricciones de la programación *Fuzzy*.

Fuente: Elaboración propia en LINGO

PLANCHA_DE_TRIPLAY	187.7500	0.000000
REGATONES	4680.000	0.000000
RETEN_DOBLE_NEGRO	276.0000	0.000000
SOLDADURA	335.0000	0.000000
SOPORTES_PLASTICO_TRANSPARENTE	1504.000	0.000000
STOBOLES_4X40	8.000000	0.000000
TAPA_TORNILLOS	10750.00	0.000000
TAPACANTO_DELGADO_PVC_22MM	19.52000	0.000000
TAPACANTO_GRUESO_PVC_22MM	10911.82	0.000000
TELA	627.5000	0.000000
TORNILLOS_3X25	20944.00	0.000000
TORNILLOS_3X40	20.00000	0.000000
TORNILLOS_4X20	4342.000	0.000000
TORNILLOS_4X30	21106.00	0.000000
TORNILLOS_4X50	12.00000	0.000000
TUERCAS_Y_PERNOS_ENROSCABLES	0.000000	0.000000
TUBO_CIRCULAR	237.3600	0.000000
TUBO_DE_FIERRO_1_5MM_DE_ESPESOR	360.3000	0.000000
TUBO_DE_FIERRO_DE_1_2_DE_1MM_DE_ESPESOR	5.100000	0.000000
TUBO_OVALADO	159.8500	0.000000
VIDRIO	240.0800	0.000000
CORTE_DE_PIEZAS_DEMELAMINA	473.6600	0.000000
CANTEADO_DE_PIEZAS	248.4200	0.000000
HABILITADO_Y_ENSAMBLAJE_DEL_MUEBLE	239.6800	0.000000
ACABADO_DEL_MUEBLE	1047.020	0.000000
CORTE_DE_TUBOS	1236.250	0.000000
DOBLADO_DE_TUBOS	1078.810	0.000000
SOLDADO	1116.500	0.000000
LIJADO	1107.400	0.000000
LAVADO_EN_BANO_ACIDO	1196.300	0.000000
PINTADO_ELECTROSTATICO	1152.200	0.000000
CORTE_DE_TELA_PARA_ASIENTO	1277.750	0.000000
CORTE_DE_TABLERO_PARA_ASIENTO	1043.500	0.000000
ENSAMBLAJE_DE_ASIENTO	1255.400	0.000000
ENSAMBLAJE_DE_SILLA	1203.250	0.000000
ACABADO_DE_SILLA	1187.250	0.000000
ESCUADRADORA	810.0400	0.000000
ENCHAPADORA	757.7400	0.000000
TRONZADORA	880.6000	0.000000
DOBLADORA	961.6600	0.000000
SOLDADORA	630.4500	0.000000
LIJADORA	684.0400	0.000000
HORNO	789.3200	0.000000
NO_NEGATIVIDAD	2286.000	0.000000

Anexo 10.2. Resultados de las restricciones de la programación *Fuzzy*.

Fuente: Elaboración propia en LINGO

Anexo 11. Plazos de entrega, lotes mínimos e inventario inicial de cada producto involucrado en el MRP

PRODUCTO	Plazo de entrega		Lote mínimo		Inventario inicial
	Cantidad	Unidad	Cantidad	Unidad	
Bisagras lateral 110° 35mm	1	semana	500	unidad	100
Bisagras punto negra	1	semana	250	unidad	100
Canoplas para tubo ovalado	1	semana	1000	unidad	200
Cerraduras p/escritorio tambor cuadrado	1	semana	250	unidad	150
Corredera telescópica 18"	1	semana	15	unidad	100
Corredera telescópica 20"	1	semana	15	unidad	70
Deslizadores	1	semana	100	unidad	500
Escuadras 30mm x 30mm	1	semana	100	unidad	300
Espejo	2	días	1	plancha	20
Grapas	5	días	50000	unidad	5000
Griper cromado	1	semana	50	unidad	100
Huaipe	2	días	25	kilogramos	100
Jalador barra solido cromado 128mm	1	semana	25	unidad	200
Pegamento granulado	1	semana	25	kilogramos	150
Pintura en polvo	1	semana	25	kilogramos	50
Plancha de MDF 8 mm x 2500 x 2140 mm	1	semana	150	unidad	150
Plancha de melamina 18 mm x 2440 x 1830 mm	1	semana	36	unidad	150
Plancha de Triplay de 8mm x 1,22m x 2,44m	1	semana	225	unidad	50
Regatones de 1,5mm	1	semana	220	unidad	500
Reten doble negro	1	semana	100	unidad	70
Soldadura	1	días	25	kilogramos	120
Soportes plástico transparente	1	semana	1000	unidad	100
Stoboles 4 x 40	1	días	5000	unidad	500
Tapa tornillos	1	semana	3500	unidad	5000
Tapacanto delgado PVC 22 mm	1	semana	2000	metro	5000
Tapacanto grueso PVC 22mm	1	semana	300	metro	1500
Tela	1	semana	25	metro	120
Tornillos 3,5 x 25	1	semana	25000	unidad	1000
Tornillos 3,5 x 40	1	semana	125000	unidad	5000
Tornillos 4 x 20	1	semana	25000	unidad	5000
Tornillos 4 x 30	1	semana	25000	unidad	5000
Tornillos 4 x 50	1	semana	12500	unidad	3000
Tuercas y pernos enroscables de 1/4"	1	días	1000	unidad	3000
Tubo circular 1" mate (6m)	1	días	6	metro	100
Tubo de fierro de 1" de 1,5mm de espesor	1	días	6	metro	500
Tubo de fierro de 1/2" de 1mm de espesor	1	días	6	metro	400
Tubo ovalado	1	semana	6	metro	200
Vidrio de 5,5 mm de grosor	2	días	1	plancha	10
Escritorio lineal de melamina	5	días	1	lote	0
Ropero clásico de melamina	6	días	1	lote	0
Módulo de entretenimiento	6	días	1	lote	0
Estante de melamina	3	días	1	lote	0
Carpetas escolares	3	días	1	lote	0
Silla de metal	3	días	1	lote	0
Mesa de melamina	5	días	1	lote	0

Fuente: Elaboración propia

Anexo 12. Depreciación de activos tangibles

DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS TANGIBLES

Descripción	Activos Total \$	Valor a depreciar	% Anual de depreciación	Depreciación anual	Depreciación						
					MES 1	MES 2	MES 3	MES 4	MES 5	MES 6	MES 7
Laptops	S/5 400	S/5 400	25	S/1 350	S/113	S/113	S/113	S/113	S/113	S/113	S/113
Escritorio	S/2 340	S/2 340	10	S/234	S/20	S/20	S/20	S/20	S/20	S/20	S/20
Silla de oficina	S/450	S/450	10	S/45	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4	S/4
TOTAL	S/8 190			S/1 629	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136	S/136

Fuente: Elaboración propia

Anexo 13. Utilidades adicionales obtenidas con la propuesta

ITEM	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES
Utilidades netas con propuesta	S/61 919	S/61 919	S/61 919	S/61 919	S/61 919	S/61 919	S/54 233
Utilidades netas sin propuesta	S/28 779	S/25 082	S/31 311	S/30 186	S/30 067	S/39 191	S/39 910
Utilidades netas adicionales con propuesta	S/33 140	S/36 837	S/30 607	S/31 733	S/31 852	S/22 728	S/14 324

Fuente: Elaboración propia

Anexo 14. Corriente de liquidez neta

ÍTEM	0 MES	1 MES	2 MES	3 MES	4 MES	5 MES	6 MES	7 MES
Corriente de liquidez neta	-S/13 873	S/33 004	S/36 701	S/30 472	S/31 597	S/31 716	S/22 592	S/14 188

Fuente: Elaboración propia