

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS

**INCREMENTO DE LA PRODUCTIVIDAD EN EMPRESAS DE
MANUFACTURA, MEDIANTE LA OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS
CON MODELOS Y SIMULACIÓN POR COMPUTADORA. CASO
PRÁCTICO APLICADO A PROALVA UNA EMPRESA NACIONAL
DEDICADA A LA ELABORACIÓN DE PULPA DE FRUTA
OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS PRODUCTIVOS EN PLANTA**

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PRESENTADO COMO
REQUISITO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA EN
INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN**

DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA

daniela.chango@epn.edu.ec

DIRECTOR: MATEMÁTICO NELSON RAUL ALOMOTO BANSUI

nelson.alomoto@epn.edu.ec

DMQ, enero 2022


CERTIFICACIONES

Yo, DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA declaro que el trabajo de integración curricular aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA

Certifico que el presente trabajo de integración curricular fue desarrollado por DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA, bajo mi supervisión.



NELSON RAUL ALOMOTO BANSUI
DIRECTOR

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

A través de la presente declaración, afirmamos que el trabajo de integración curricular aquí descrito, así como el (los) producto(s) resultante(s) del mismo, son públicos y estarán a disposición de la comunidad a través del repositorio institucional de la Escuela Politécnica Nacional; sin embargo, la titularidad de los derechos patrimoniales nos corresponde a los autores que hemos contribuido en el desarrollo del presente trabajo; observando para el efecto las disposiciones establecidas por el órgano competente en propiedad intelectual, la normativa interna y demás normas.

DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA

NELSON RAUL ALOMOTO BANSUI

DEDICATORIA

A mis padres por haberme apoyado incondicionalmente durante todos estos años de formación académica.

Daniela Chango

AGRADECIMIENTO

Mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personas que hacen la empresa PROALVA, por confiar en mí, abrirme las puertas de su empresa y permitirme realizar el proyecto investigativo.

A mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, gracias por ser el pilar más importante y por demostrarme su cariño y apoyo incondicional en todas las etapas de mi vida.

Agradezco especialmente a mis tíos Marisol, Lili, José y Vinicio quienes con su cariño y comprensión han sido parte fundamental de mi vida.

Un especial agradecimiento, a la Ing. Melania Rebolledo quién, con su paciencia, dedicación y cariño me enseñó muchas cosas en el ámbito laboral y fue parte fundamental de mi crecimiento profesional.

A Ronald Chávez, que durante estos años de carrera ha sabido apoyarme incondicionalmente para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi proyecto.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Mat. Nelson Alomoto, principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección y conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este proyecto.

Daniela Chango

ÍNDICE DE CONTENIDO

1	DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO	1
1.1	Objetivo general	1
1.2	Objetivos específicos	1
1.3	Alcance	2
1.4	Marco teórico	2
1.4.1	Productividad	2
1.4.1.1	Diferentes definiciones de productividad	2
1.4.1.2	Medición de productividad	4
1.5	Planificación de la Producción	6
1.5.1	Planeación agregada	7
1.5.2	Estrategias de planeación agregada	8
1.6	Pronóstico	9
1.7	Programación lineal	10
1.8	Modelización matemática	10
1.9	Modelos computacionales	11
1.9.1	Simulación	11
1.9.2	Software de simulación	12
1.9.2.1	SIMUL8	12
1.9.2.2	RISK SIMULATOR	12
1.10	Pulpa de fruta	14
1.10.1	Proceso de elaboración de pulpa congelada	15
1.10.1.1	Recepción y pesaje de materia prima	15
1.10.1.2	Selección	15
1.10.1.3	Lavado y desinfección	16
1.10.1.4	Pelado y corte	16
1.10.1.5	Escaldado	16
1.10.1.6	Despulpado	16
1.10.1.7	Refinado	16
1.10.1.8	Tratamiento térmico	17
1.10.1.9	Envasado	17
1.10.1.10	Almacenamiento	17
2	METODOLOGÍA	18
2.1	Diagnóstico de la empresa	18
2.2	Descripción del problema	18

2.1.1.	Diagnóstico y formulación de problemas	18
2.1.2.	Análisis causa efecto.....	20
2.1.3.	Análisis de Diagrama de Pareto.....	21
2.1.4	Formulación del Problema.....	23
2.3	Estrategia de solución	23
2.4	Enfoque.....	23
2.5	Tipo de trabajo.....	24
2.5.1	Investigación descriptiva.....	24
2.5.2	Investigación documental	24
2.5.3	Investigación de campo	24
2.6	Técnicas de recolección de información.....	25
2.7	Diseño de investigación	25
2.7.1.	Experimental.....	25
2.7.2.	Determinación de la muestra	25
2.8	Método para la planificación de la producción.....	26
2.8.1.	Paso 1: Pronóstico de la demanda de la empresa “PROALVA” año 2020 y 2021	27
2.8.1.1.	Análisis de ventas históricas.....	29
2.8.1.1.1.	Pronóstico de pulpa congelada de presentación (1 kg).....	30
2.8.1.1.2.	Pronóstico de pulpa congelada de presentación (100 g).....	34
2.8.2.	Paso 2: Planificación de la producción mediante programación lineal	38
2.8.2.1.	Fase I: Selección del modelo matemático.....	38
2.8.2.2.	Fase II: Descripción del modelo matemático de planeación agregada	41
2.8.3.	Paso 3: Diseño de métodos tradicionales de planeación agregada de producción.....	48
2.8.3.	Paso 4: Análisis y comparación de resultados obtenidos	54
2.9	Método para la mejora del proceso productivo de la elaboración de pulpa de maracuyá	54
2.9.1.	Paso 1: Ubicación de la empresa	55
2.9.2.	Paso 2: Distribución física de la empresa.....	55
2.9.3.	Paso 3: Estudio del proceso productivo.....	57
2.9.3.1.	Diagrama de Flujo Operacional	57
2.9.3.2.	Proceso Productivo	58
2.9.3.3.	Descripción del proceso productivo.....	58
2.9.3.3.	Diagrama de Operaciones	59
2.9.3.4.	Diagrama de flujo	60
2.9.4.	Paso 4: Estudio de tiempos del proceso productivo.....	61

2.9.4.1.	Tiempos del proceso productivo de la empresa.....	61
2.9.4.3.	Estudio de tiempos aleatorios.....	62
2.9.4.4.	Cursograma analítico	62
2.9.5.	Paso 5: Simulación de la Situación Actual de la empresa	65
2.9.6.	Paso 6: Propuestas de mejoras del proceso	69
2.9.7.	Paso 7: Simulación en base a las mejoras	71
3	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	74
3.1	Resultados de entrevistas.....	74
3.2	Resultados del método para la planificación de la producción	74
3.2.1.	Pronóstico de la demanda	74
3.2.2.	Modelo de programación lineal.....	74
3.2.3.	Comparación de los planes agregados de producción.....	74
□	Planes agregados para pulpa de fruta congelada de 1 kg	74
□	Planes agregados para pulpa de fruta congelada de 100 g.....	76
3.3.1.	Comparación de tiempos de cursogramas analíticos	79
3.3.2.	Comparación de escenarios de simulación.....	81
4	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90
5	ANEXOS.....	93
5.1	ANEXO I	93
	Acuerdo de confidencialidad con la empresa participante.....	93
5.2	ANEXO II	96
	Entrevista realizada a la Ing. Mayra Mena	96
5.3	ANEXO III	1
	Estudio de tiempos aleatorios.....	1
5.4	ANEXO IV.....	1
	Ventas por producto.....	1
5.5	ANEXO V.....	2
	Procedimiento de elaboración de pulpa congelada de maracuyá:	2
5.6	ANEXO VI.....	8
	Datos de la producción de pulpa congelada de maracuyá	8
5.7	ANEXO VII.....	9
	Validación superficial del proceso productivo con el jefe de producción y propietario de PROALVA	9
5.8	ANEXO VIII.....	11
	Evidencia de visita en la empresa PROALVA.....	11
5.9	ANEXO IX.....	12
	SIMUL8 distribuciones de las actividades del modelo actual	12

5.10 ANEXO X.....	15
Resultados de la entrevista.....	15
5.11 ANEXO XI.....	16
Resultados del pronóstico de la demanda	16

RESUMEN

A nivel mundial las industrias manufactureras se enfocan en planificar su producción de tal manera que optimicen los recursos para la satisfacción de los compradores de acuerdo con la demanda. El presente proyecto de investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta para optimizar los procesos productivos de la empresa ecuatoriana PROALVA perteneciente al sector de industrias alimenticias, dedicada a la elaboración de pulpa de fruta congelada.

Para alcanzar el objetivo se desarrollaron modelos de planeación agregada, comparando la solución de cuatro modelos de planes agregados de producción tradicionales respecto a un plan que se basa en la modelística matemática y Programación Lineal; y que fue resuelto mediante la herramienta Solver de Excel. Además, se desarrolló un modelo visual del proceso de fabricación de pulpa de maracuyá mediante el software SIMUL8, con el que se analizó el estado actual del proceso, y se probaron varias propuestas para mejorar los tiempos de cada actividad en el proceso de fabricación de pulpa de fruta congelada.

Finalmente, los resultados indican que el plan agregado de producción con base en un modelo de programación lineal es el mejor método, por su capacidad de minimizar los costos relacionados a la fabricación y satisfacción de la demanda.

PALABRAS CLAVE: Plan agregado, productividad, programación lineal, pronósticos, pulpa de fruta, SIMUL8

ABSTRACT

Worldwide, manufacturing industries focus on planning their production in such a way as to optimize resources for the satisfaction of buyers according to demand. The objective of this research project is to design a proposal to optimize the production processes of the Ecuadorian company PROALVA belonging to the food industry sector, dedicated to the production of frozen fruit pulp.

To achieve the objective, aggregate planning models were developed, comparing the solution of four models of traditional aggregate production plans with respect to a plan that is based on mathematical modeling and Linear Programming; and that was solved using the Excel Solver tool. In addition, a visual model of the passion fruit pulp manufacturing process was developed using the SIMUL8 software, with which the current state of the process was analyzed, and several proposals were tested to improve the times of each activity in the pulp manufacturing process. of frozen fruit.

Finally, the results indicate that the aggregate production plan based on a linear programming model is the best method, due to its ability to minimize costs related to manufacturing and demand satisfaction.

KEY WORDS: Aggregate plan, productivity, linear programming, SIMUL8, forecasts, fruit pulp, SIMUL8

1 DESCRIPCIÓN DEL COMPONENTE DESARROLLADO

La productividad es una preocupación permanente de las organizaciones, ya que incide directamente en la rentabilidad empresarial. El componente planteado en el presente proyecto “optimización de procesos productivos en planta”, busca desarrollar propuestas para mejorar la productividad de la empresa PROALVA dedicada a la elaboración y comercialización de pulpa de fruta congelada, a través de la optimización de su proceso productivo. Las pulpas de fruta congelada son un producto innovador y nutritivo que requiere altos estándares de calidad al ser un producto perteneciente al sector alimenticio. Para mejorar la productividad se propone desarrollar un plan agregado de producción con la ayuda de la modelística matemática y la simulación por computadora.

Actualmente las organizaciones están obligadas a tomar decisiones constantemente para lograr un funcionamiento adecuado entre todos los departamentos, permitiendo cubrir las necesidades de los compradores y aportar mayor utilidad y crecimiento empresarial. Hay que destacar que la planificación y control de la fabricación es un conjunto de actividades que se desarrollan dentro de una organización con la finalidad de armonizar la demanda y la capacidad de producción, logrando el progreso y la obtención de los objetivos de la empresa.

1.1 Objetivo general

Diseñar una propuesta para optimizar los procesos de producción de la empresa PROALVA, dedicada a la elaboración de pulpa de fruta, a través de un plan agregado de producción con la ayuda de modelística matemática y simulación por computador.

1.2 Objetivos específicos

1. Analizar el estado actual del proceso de planificación de la producción en la empresa PROALVA.
2. Caracterizar los distintos parámetros y variables que intervienen en la fabricación de pulpas de frutas y que serán utilizados para la construcción de los modelos matemático y computacional.
3. Diseñar el modelo de programación lineal para la planificación de la producción, así como el modelo computacional para la simulación del proceso productivo en planta.

4. Diseñar la propuesta (s) de optimización de los procesos de producción de la empresa PROALVA.

1.3 Alcance

El proyecto se llevó a cabo en la organización empresarial “PROALVA”, situada en la ciudad de Quito, que se dedica a la elaboración de pulpas de frutas. La línea principal se enfoca en pulpas de fruta congelada, que se destina a catering, restaurantes, hoteles y el consumidor final. Se realizó el diseño de un modelo matemático que ayude a la planificación de la producción. Se abarcó el análisis de situación actual de la empresa, el análisis de los parámetros y variables que influyen para tener el producto final, además, la simulación por computadora para observar los distintos escenarios que ayuden a plantear un ofrecimiento de mejora en la productividad de la empresa.

La productividad es un indicador importante para medir la cantidad de bienes o servicios que han sido producidos en función de los insumos utilizados dentro de una organización. Hoy en día, la productividad se ha vuelto más común e importante tanto para el bienestar de las empresas industriales como para el crecimiento económico de los países. La alta productividad significa producción con los tiempos mínimos posibles y con la menor cantidad de recursos y sin comprometer la calidad del producto final.

1.4 Marco teórico

1.4.1. Productividad

1.4.1.1. Diferentes definiciones de productividad

Para acercarnos al tema partamos de los autores que se han especializado en el abordaje del tema. David Sumanth (1992), define a “la productividad como la relación entre la cantidad producida y los recursos utilizados en el proceso de producción”. Además, menciona que “Medir la productividad en las empresas constituye el primer paso para promover su crecimiento” (Sumanth, 1992)

De acuerdo con Jiménez et al. (2001), el ciclo de la productividad es continuo y constante, en su artículo menciona que su modelo se basa en el desarrollo de la propuesta de

(Sumanth, 1992), el cual está conformado por cuatro fases: medición, evaluación, planeación y mejoramiento continuo.

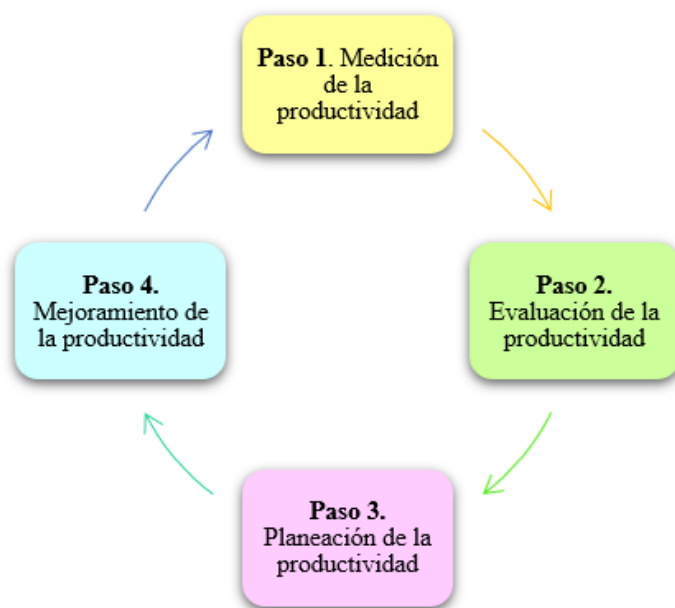


Figura 1: Ciclo de la productividad

Fuente: Elaborado por la autora

La productividad es un medio para medir la cantidad de bienes o servicios que han sido producidos en función de los insumos utilizados dentro de una organización. La productividad se ha convertido en un lema cotidiano, todos hablan de productividad ya sea por moda o porque realmente es aplicada. La productividad es crucial para el bienestar de una empresa industrial, así como para la economía de un país. Para incrementar la productividad es importante producir en un tiempo mínimo con la menor cantidad de recursos. (Telsang, 2018)

La Agencia Europea de Productividad (EPA) considera que, "la productividad es una actitud mental. Es la mentalidad de progreso, de mejora constante de lo que existe. Es la certeza de poder hacer hoy mejor que ayer y continuamente. Es la adaptación constante de la vida económica y social a las condiciones cambiantes. Es el esfuerzo continuo por aplicar nuevas técnicas y métodos. Es la fe en el progreso humano".

La productividad hace referencia a la capacidad de evaluar la eficiencia de producción en donde participan tanto los bienes como los servicios que son producidos con base en la cantidad de cada factor, ya sea: tiempo, capital, recursos humanos, entre otros. (Arias, 2016)

También la productividad puede ser vista como la concordancia entre la actividad productiva y los recursos para obtenerlo de esta forma se vuelve una señal de eficiencia que determina la cantidad de recursos empleados en base a la cantidad de producción obtenida. La producción es una actividad que tiene la finalidad de transformar los recursos en productos en donde la productividad valorara si la cantidad obtenida en un determinado tiempo corresponde a una forma óptima y eficiente de la utilización de todos los factores que intervienen para conseguir dicho producto. (Fernández, 2019)

La productividad es clave para la creación de riqueza, ya que unos mayores beneficios permiten invertir en la mejora de los recursos productivos, como nuevas tecnologías (autofinanciamiento), que le dará ventaja competitiva en el mercado e incrementar los sueldos, lo que acrecentará el volumen de la demanda agregada, que se traduce en dinamización de la economía. (Miranda & Toirac, 2010, pág. 248)

Después de analizar los diferentes conceptos, se puede concluir que, la productividad permite medir lo que se produce dentro de una organización frente a los recursos utilizados, con el fin de optimizarlos para obtener mejores resultados. Esto nos ayuda a comprender el rendimiento o si se necesita ajustar sus procesos para mejorar y crecer. Es ideal obtener el máximo resultado utilizando la menor cantidad de recursos.

1.4.1.2. Medición de productividad

La productividad es la concordancia entre salidas en este caso bienes o servicios y entradas como recursos de mano de obra. Según (Carro & Gonzáles, 2012), la principal ecuación que representa la productividad es:

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Salidas}}{\mathbf{Entradas}} \quad (1)$$

Según (Heizer & Render, 2009), otra forma de representar la productividad puede ser medida a través de la siguiente ecuación:

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\mathbf{Unidades producidas}}{\mathbf{Insumo empleado}} \quad (2)$$

Conocer la situación de las diferentes áreas de una organización a través de indicadores, es una técnica para poder diseñar la estrategia que permita optimizar los diferentes procesos. Los indicadores son relevantes para medir el nivel de trabajo de una organización y cómo está afectando a los resultados, ya sea positiva o negativamente.

Según, (Carro & Gonzáles, 2012) algunas ventajas de los indicadores de productividad son:

- Comprender claramente la situación de la organización en relación con la misión y los objetivos de esta.
- Actualizar la estrategia constantemente para sobresalir entre los competidores.
- Aumentar las utilidades de las organizaciones.
- Mejorar en el área operativa, tanto en equipos como en talento humano.

Los indicadores de productividad miden el rendimiento de la empresa en diferentes ámbitos, por este motivo deben ser relevantes, medibles, entendibles, específicos y comparables. Algunos indicadores que ayudan a medir la productividad son: (Ekon, 2021)

Tabla 1: Indicadores de productividad

INDICADOR DE PRODUCTIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Ingreso por empleado	Identifica la cantidad de recursos que genera cada trabajador.
Productividad por equipos	Ayuda a comparar el rendimiento de las diferentes áreas de la organización.
Margen de utilidad operativa	Identifica el beneficio que se ha obtenido de las inversiones realizadas dentro de la empresa.
Utilidad Neta	Mide el rendimiento total alcanzado por la empresa, para su cálculo es necesario sumar todos los gastos financieros e impuestos respecto a la utilidad.
Satisfacción del cliente	Se puede obtener a través de la interacción con el cliente.
Horas no productivas	Es la medida del tiempo en la que la línea de producción permanece parada.
Tiempo por unidad	Tiempo necesario para calcular una unidad.
Eficiencia global de equipos	Refleja el porcentaje de los bienes producidos respecto a los que se podrían haber producido si no hubiera ningún problema.

Fuente: Elaboración propia basada en (Ekon, 2021)

1.5 Planificación de la Producción

La planificación de la producción es un problema común en las pequeñas y medianas empresas, ya que los propietarios, jefes de producción o ingenieros a menudo no tienen suficiente tiempo o las herramientas adecuadas para gestionar la producción. (Solar, Chacón, & Ponce, 2008, pág. 77). La planificación de la producción es una de las tareas relevantes que se cumplen en la organización y una de las actividades que requiere mayor control, porque predice lo que se va a producir para satisfacer la demanda y, en base a esto, se dimensiona recursos que se deben adquirir para hacer efectivo el plan.

De acuerdo con (Paredes, 2001) “La Planificación de la Producción es el conjunto de actividades que hay que realizar en el futuro, tendientes a la dotación oportuna de los recursos necesarios para la producción de los bienes y servicios especificados por la planeación estratégica”. La finalidad de realizar una planificación es prever situaciones futuras y plantear posibles alternativas para que la producción no baje su productividad.

La finalidad de planificar la producción es coordinar la interacción entre las diferentes áreas de trabajo de una planta productiva para garantizar que los recursos se utilicen de la mejor manera posible para fabricar el producto deseado en un momento dado. (Prado, 1992)

La **Figura 2**, indica los factores intrínsecos y superficiales que componen el entorno de planificación de la producción. En general, el entorno externo no está bajo el control directo del principal gestor del plan, pero en algunas organizaciones la demanda de productos puede ser administrada mediante el uso de pronósticos. (Chase, 2014)

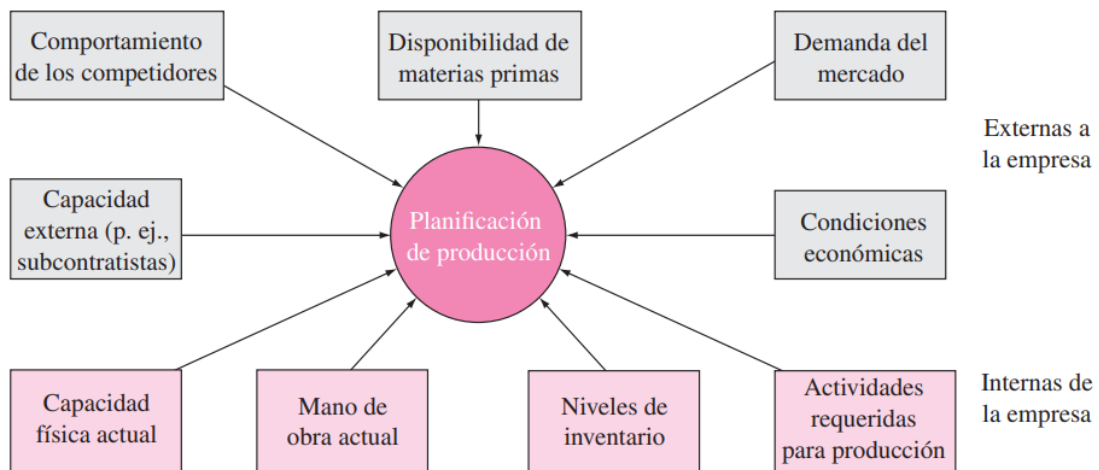


Figura 2: Requerimientos del sistema de planificación de producción

Fuente: Obtenido de (Chase, 2014)

En virtud de las definiciones planteadas, se puede establecer que la planificación implica establecer la interacción de todas las partes que se involucren en la producción de un producto de forma dinámica con el objetivo de disponer una óptima utilización de recursos, materiales, fuerza laboral y otros elementos que se involucren en el proceso productivo.

1.5.1. Planeación agregada

Según Geoff Buxey la planeación agregada es la interacción entre las resoluciones sobre las instalaciones de la planta y la programación, para lo cual se establecen niveles de producción, políticas laborales, nivel de inventarios, demanda, precios, costos, como las variables más importantes para su aplicación. (Citado en (Solar, Chacón, & Ponce, 2008, pág. 78))

De acuerdo con Heizer y Render (2009) “La planeación agregada busca determinar la cantidad y los tiempos de producción necesarios para el futuro inmediato”. Además, permite minimizar los costos de los recursos que participan en la producción. Se enfoca en combinar el tiempo de producción, la mano de obra, las materias primas, los niveles de existencia que minimicen costos y satisfagan la demanda.

Alternativa	Ventajas	Desventajas	Comentarios
Cambiar los niveles de inventario	Los cambios en recursos humanos son graduales o nulos; no hay cambios abruptos en la producción.	Los costos de mantener inventarios se pueden incrementar. Los faltantes pueden ocasionar pérdidas de ventas.	Se aplica principalmente a operaciones de producción, no a las de servicios.
Variar el tamaño de la fuerza de trabajo mediante contrataciones o despidos	Evita los costos de otras alternativas.	Los costos por contrataciones, despidos y capacitación pueden ser significativos.	Se usa donde el tamaño de la fuerza de trabajo es grande.
Variar las tasas de producción mediante tiempo extra u ocioso	Se ajusta a fluctuaciones estacionales sin generar costos de contratación y capacitación.	Primas de tiempo extra; trabajadores cansados; quizá no se satisfaga la demanda.	Permite flexibilidad dentro del plan agregado.
Subcontratación	Permite que la producción de la empresa sea flexible y suavizada.	Pérdida del control de la calidad; utilidades reducidas; pérdida de negocios futuros.	Se aplica principalmente en entornos de producción.
Uso de trabajadores de tiempo parcial	Es menos costoso y más flexible que usar trabajadores de tiempo completo.	Altos costos por rotación y capacitación; se afecta la calidad; la programación es difícil.	Es bueno en el caso de trabajos no calificados, en áreas con gran fuerza de trabajo temporal.
Influir en la demanda	Intenta usar el exceso de capacidad. Los descuentos atraen a clientes nuevos.	Demanda incierta. Es difícil ajustar exactamente la oferta a la demanda.	Crea ideas de marketing. Algunos negocios usan la sobreventa.
Órdenes pendientes durante periodos de demanda alta	Puede evitar el tiempo extra. Mantiene una capacidad constante.	Los clientes deben estar dispuestos a esperar, pero hay pérdida de confianza.	Muchas compañías aceptan órdenes pendientes.
Mezcla de productos y servicios con estacionalidad opuesta	Utiliza los recursos completamente; permite mantener una fuerza de trabajo estable.	Se pueden requerir habilidades o equipo que estén fuera del área de experiencia de la empresa.	Es arriesgado encontrar productos o servicios con patrones de demanda opuestos.

Figura 3: Alternativas de planeación agregada: ventajas y desventajas

Fuente: Obtenido de (Heizer & Render, 2009)

En la **Figura 3** se puede observar una recopilación de opciones de planeación agregada con sus pros y contras. Por ejemplo, la variación del tamaño de fuerza laboral mediante contrataciones y despidos es una forma de satisfacer a la demanda ajustando el nivel de producción. Sin embargo, al despedir operarios se incurre en costos altos de liquidación y de la misma manera al contratar operarios se incurre en costos de capacitación y una productividad media hasta que se adapten a la organización. (Heizer & Render, 2009)

El propósito principal del plan agregado es especificar la combinación óptima de índice de producción, nivel de mano de obra e inventario a la mano. El índice de producción se refiere al número de unidades terminadas por unidad de tiempo. El nivel de mano de obra es el número de trabajadores necesario para la producción. El inventario a la mano es el inventario no utilizado que quedó del periodo anterior. (Chase, 2014, pág. 532)

(Chapman, 2006) plantea que “la planeación agregada debe: medir y dar apoyo al plan empresarial, dar soporte al cliente, garantizar que los planeas sean realistas, controlar los costos, medir el desempeño y administrar el inventario de los productos terminados”.

De acuerdo con las explicaciones anteriores, se induce que es necesario precisar que la finalidad principal de la planeación agregada es determinar una combinación de niveles productivos, mano de obra e inventario que rebaje los costos e intente satisfacer la demanda esperada dentro de un periodo de tiempo determinado.

1.5.2. Estrategias de planeación agregada

De acuerdo con Hung et al. (2014) “las estrategias de planeación agregada están condicionadas por los intereses económicos, la situación sociopolítica de la organización y su entorno”.

Las estrategias son cursos de acción disponibles para los planeadores y dan cierta flexibilidad a las organizaciones para responder a la incertidumbre de la demanda, además, las tácticas son puras o combinadas, en el texto se mencionan las siguientes “estrategias puras: variación en la fuerza de trabajo, tiempo extra y tiempo ocioso, variación en los niveles de inventario, aceptación de reproceso, subcontratación, utilización de capacidad”. (Monks, 1999, págs. 188-189)

Según Chase (2006) inherentemente hay tres estrategias de planeación de la producción, que implican variaciones en el tamaño de mano de obra, horas laborables, inventarios y depósito de producto final. En la siguiente figura se explican algunas estrategias:

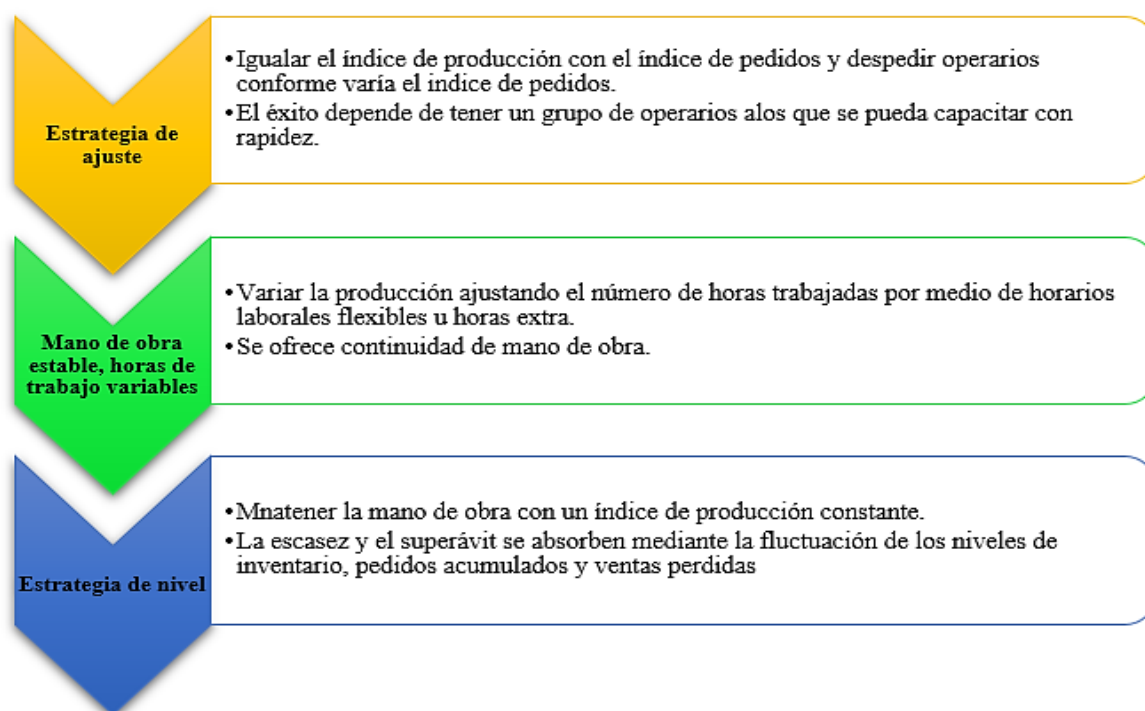


Figura 4: Estrategias de planeación de la producción

Fuente: Elaboración propia basada en (Chase, 2014)

En conclusión, las estrategias dependen de las necesidades y de la realidad de la organización estudiada, por lo que no se puede imponer un modelo de estrategia, sino que se puede adaptar, combinar y aplicar cualquiera de ellas para el beneficio de la empresa.

1.6 Pronóstico

El éxito de las organizaciones depende de cómo los gerentes anticipan el futuro y elaboran las tácticas adecuadas. Sin embargo, es de carácter complejo transformar esta intuición en un número exacto, como el volumen de ventas del siguiente mes o el costo de la materia prima por unidad para el próximo año. La predicción en este sentido se refiere al conocimiento esperado de lo que se preverá tiempo adelante utilizando ciertas señales, datos históricos, intuición e investigación.

Un pronóstico es una predicción de venetos futuros que se utiliza con fines de planificación. El cambiante entorno empresarial ejerce presión sobre la capacidad de las empresas para lograr sus objetivos debido a la competencia global, el salto tecnológico y las crecientes preocupaciones ambientales. Dichos pronósticos son necesarios para determinar los recursos necesarios para la planificación. (KRAJEWSKI, RITZMAN, & MALHOTRA, 2008, pág. 522)

“La formulación de pronósticos (o proyección) es una técnica para utilizar experiencias pasadas con la finalidad de predecir expectativas del futuro”. (Chapman, 2006, pág. 17). Cabe destacar que un pronóstico no es una predicción, más bien es una proyección estructurada del conocimiento histórico que acumula una organización.

En definitiva, los pronósticos son estimaciones de carácter mixto de varios factores que dan forma a eventos futuros basados en la información histórica o actual de una organización. Por lo tanto, los pronósticos deficientes pueden conducir a un aumento de los costos para la empresa.

1.7 Programación lineal

“La programación lineal hace referencia a varias técnicas matemáticas usadas para la asignación óptima de recursos limitados a distintas demandas”. (Chase, 2014)

La programación lineal se enfoca en planificar actividades para lograr el resultado óptimo, es decir, entre las alternativas de solución, es el resultado que mejor logre el objetivo según el modelo matemático.

Para (Weber, 1984, pág. 823), “el problema de programación lineal es la maximización o minimización de una función lineal de variables primarias, llamada función objetivo, sujetas a un conjunto de igualdades o desigualdades lineales llamadas restricciones, con la condición adicional de que ninguna de las variables puede ser negativa”.

En conclusión, la programación lineal es una herramienta o instrumento fundamental para obtener soluciones cuantitativas a problemas diversos, buscando la mejora continua y la correcta toma de decisiones.

1.8 Modelización matemática

Para entender el concepto de modelización matemática, es necesario rescatar el concepto de un modelo como la representación simplificada de un sistema en base a la abstracción de la realidad, que puede ser usado para la predicción, control u optimización.

Entonces, “la modelización matemática es el proceso racional de elaboración de modelos matemáticos para expresar fenómenos reales” (Cervantes, 2015)

El proceso de modelización matemática implica una serie de procedimientos, por ejemplo: distinguir la situación o el problema, delimitación del problema a estudiar, formulación del problema y de un modelo matemático, desarrollo, resolución del problema a partir del modelo, interpretación de resultados y validación del modelo. (Salett & Hein, 2004)

Conforme a las descripciones anteriores, podemos decir que la modelización matemática es un arte en donde los problemas reales se transforman en problemas que se pueden resolver mediante modelos que son más fáciles de interpretar.

1.9 Modelos computacionales

1.9.1. Simulación

Al principio de la historia los seres humanos no podían entender la naturaleza, la vida, los fenómenos naturales, los cuerpos celestes, entre otros. Se evidencia una marcada incertidumbre, como ausencia de respuesta ante sus interrogantes.

“La simulación es un medio mediante el cual tanto nuevos procesos como procesos ya existentes pueden proyectarse, evaluarse y contemplarse sin correr el riesgo asociado a experiencias llevadas a cabo en un sistema real.” (Fullana & Urquía, 2009)

La simulación es una metodología de cuarta generación que nos permite observar al sistema funcionando en la pantalla de nuestra computadora en tiempo virtual. Por esta razón, la simulación constituye una herramienta vital en la integración de lo físico con lo virtual. Cuando jugamos ajedrez nos encontramos ante una partida en nuestra mente, entonces imaginamos qué ocurrirá si mueve una u otra pieza. En base a esa simulación, elegimos la mejor opción.

“La simulación se refiere a un gran conjunto de métodos y aplicaciones que buscan imitar el comportamiento de sistemas reales, generalmente por medio de una computadora con un software apropiado.” (García, García, & Cárdenas, 2013)

La complejidad y la incertidumbre están estrechamente relacionadas en la simulación. En los juegos de azar la incertidumbre es un factor clave, porque precisamente el azar es fundamental para jugar. Para simular se necesita hacer modelamientos en el que se debe entender que la predicción de eventos futuros tiene un rango de valores esperados. El avance tecnológico centrado en simulación es la clave para desarrollar modelos que nos ayuden a comprender la realidad por muy compleja que sea.

1.9.2. Software de simulación

1.9.2.1. SIMUL8

SIMUL8 es una poderosa herramienta de software para construir, representar, animar y explorar mediante simulación diferentes procesos de cualquier nivel de complejidad y de manera rápida, porque permite representar gráficamente y simular cualquier tipo de proceso administrativo, industrial o de servicios. Ayuda a modelar procesos para analizar flujos, colas de espera y necesidades generales de los puestos de trabajo, a más de combinar la metodología de interacción de procesos, con las metodologías de programación visual y orientada a Objetos (SIMUL8 Corporation, 2015). El objetivo de SIMUL8 es hacer que los beneficios de la simulación ayuden a la toma de decisiones para que funcionen con la mayor calidad posible. El programa es accesible, de alta calidad y fácil de utilizar.

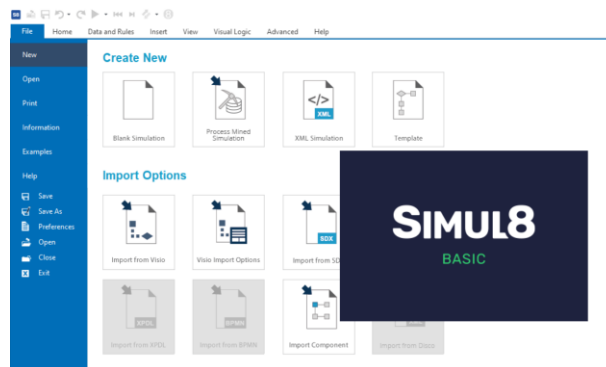


Figura 5: SIMUL8

Fuente: Pantalla inicial del software SIMUL8 en el escritorio (SIMUL8 Corporation, 2015)

1.9.2.2. RISK SIMULATOR

Risk Simulator es un software muy potente que funciona como un complemento de Microsoft Excel, como su nombre lo indica permite hacer análisis de diferentes riesgos y se utiliza para predicción, simulación, análisis estadístico y optimización. El software presenta todas las opciones y comandos en español, por lo tanto, es una herramienta fácil y sencilla de manejar, que no requiere conocimientos profundos de pronósticos o de estadística para su uso. En la actualidad la predicción de sucesos futuros tiene una relevancia importante en la competitividad de las organizaciones, logrando una planificación adecuada de todos los insumos necesarios para obtener el producto final y satisfacer a los clientes. Además,

para lograr un pronóstico que se acopla a las condiciones de la empresa se necesita analizar los datos históricos de la misma. (Mun, SIMULADOR DE RIESGO, 2012)

En la **Figura 6**, se muestra la pantalla inicial del software Risk Simulator.

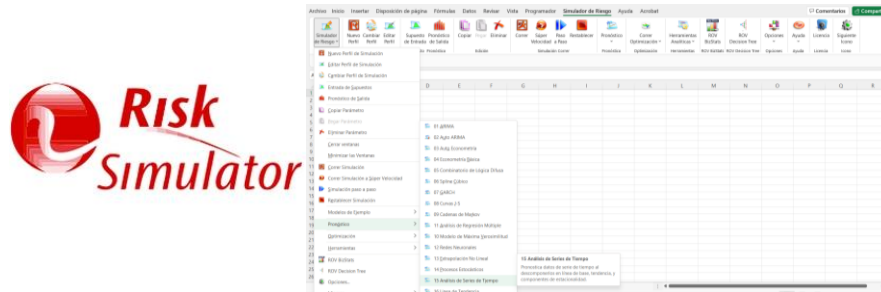


Figura 6: Pantalla inicial del software RISK SIMULATOR

Fuente: Centro de Descargas de Software Académico de la Escuela Politécnica Nacional

Los modelos que utiliza Risk Simulator para obtener pronósticos de demanda se muestran en la siguiente **Tabla 2:**

Tabla 2: Modelos de Pronóstico que utiliza Risk Simulator

Modelo de Pronóstico	Descripción
ARIMA	Modelo autorregresivo integrado de media móvil ARIMA (P,D,Q)
Auto ARIMA	Ejecuta combinaciones más comunes de ARIMA y escoge la que más se ajusta
Auto Econometría	Corre miles de combinaciones y permutaciones para escoger el modelo que mejor se ajusta a los datos existentes (Lineal, No lineal, relacional, intervalo, lead, tasa, diferencia)
Econometría Básica	Modelos de regresión lineales, no lineales y de interacción.
Spline Cúbico	Interpolación y Extrapolación no lineal
GARCH	Proyecciones de volatilidad usando modelos de heteroscedasticidad condicional auto regresivos; GRACH, GARCH-M, TGARCH, TGARCH-M
Curva J	Curvas exponenciales J
Variables Dependientes Limitadas	Logit, Probit y Tobit
Cadenas Markov	Dos elementos que compiten sobre el tiempo y el mercado compartiendo pronósticos
Regresión Múltiple	Regresiones lineales regulares y no lineales con metodologías paso a paso (adelante, atrás, correlación, adelante-atrás)
Curva S	Curva S Logística
Análisis de Series de Tiempo	8 modelos de series de tiempo para niveles de pronóstico, tendencias y estacionalidades.
Pronóstico de Redes Neuronales	Lineal, logística, tangente hiperbólica, coseno con tangente hiperbólica.
Lineas de Tendencia	Pronóstico y ajuste mediante polinomios, lineales, no lineales, logarítmicos, de potencia, exponenciales y de media móvil con bondad de ajuste.

Fuente: Elaboración propia basada en (Mun, SIMULADOR DE RIESGO, 2012)

1.10 Pulpa de fruta

La pulpa de fruta se refiere a la parte comestible del fruto separada de la piel y semillas por procedimientos manuales o industriales. Para que sea considerado pulpa, solo debe someterse a procesos físicos que no cambien la estructura esencial de la fruta y no debe haber sido sometido a procesos de fermentación. Para garantizar la calidad de la pulpa es necesario que las frutas sean frescas, limpias y en su estado de maduración óptimo. Es importante destacar que las pulpas de frutas son congeladas, debido a que al congelar se conserva el aroma, color y sabor de la fruta a lo largo del tiempo.

Algunos autores, describen a la pulpa de fruta, como: “producto pastoso, no diluido, ni concentrado, ni fermentado, obtenido por la desintegración y tamizado de la fracción comestible de frutas frescas, sanas, maduras y limpias”. (NTC404, 1998) “un producto no fermentado pero fermentable obtenido mediante la desintegración y tamizado de la parte comestible de frutas frescas o preservadas adecuadamente, sanas y limpias sin remover el jugo”. (Covaleda, 2006). “Es la parte comestible de las frutas que se obtiene de la separación de partes comestibles mediante procesos adecuados” (Aldana & Ospina, 1995)

En definitiva, las pulpas de frutas son procesadas sin alterar las características fisicoquímicas y naturales de la fruta, de esta manera se conserva todas las características organolépticas propias de las frutas. Cabe destacar que las pulpas actúan como normalizador de los abastecimientos de fruta, porque se procesan en las ciertas épocas, donde la fruta es abundante para utilizarlas cuando haya poca disponibilidad debido a la estacionalidad.

Una de las propiedades de la pulpa de fruta es su carácter perecedero, ya sea por reacciones en su interior o relaciones externas. Para prevenir este problema se desarrollaron procesos para aumentar la vida útil y conseguir un mayor período de utilización, la extracción de pulpa de frutas se considera como alternativa para luego conservarlas por congelamiento, alargando la vida útil del producto. (Pineda, 2003)

Para fabricar pulpas se debe tener condiciones óptimas de frutas, garantizando la calidad del producto final. Las producciones de pulpa de frutas se pueden dividir en varias fases, las cuales se describen a continuación, en la **Figura 7**.

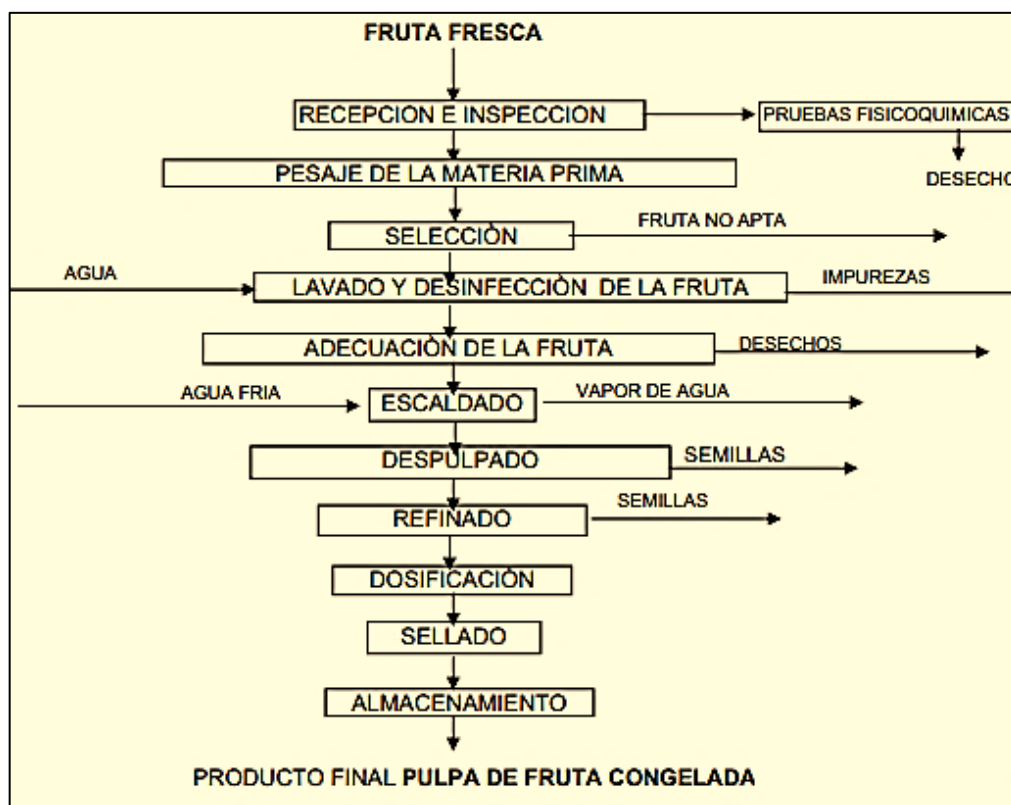


Figura 7: Proceso de elaboración de pulpa de frutas

Fuente: Obtenido de (Merlo, 2009)

1.10.1 Proceso de elaboración de pulpa congelada

1.10.1.1 Recepción y pesaje de materia prima

Según Camacho (2005) y Pana (2008) “la recepción de materia prima permite conocer con exactitud la cantidad que entrega el proveedor”. Permitiendo la verificación del estado y madurez de la fruta. El pesaje, permite controlar la dosis de materia prima que ingresa a la planta productiva. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.2 Selección

De acuerdo con Camacho (2005) la selección es el proceso en donde se separa las frutas sanas de las dañadas. Los sentidos de la vista y olfato son la clave para detectar que frutas rechazar o aceptar. El operario debe ser muy minucioso al momento de seleccionar la fruta, porque afecta directamente con calidad de la pulpa final. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.3 Lavado y desinfección

Según Jordi (2006) y Camacho (2005) el proceso de lavado y desinfección está diseñado para eliminar por completo los cuerpos extraños, asegurar la pureza del producto que ingresa a la operación y reducir la contaminación por microorganismos naturalmente presentes en las pieles de las frutas. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.4 Pelado y corte

De acuerdo con Camacho (2005) el proceso de pelado separa la piel de la fruta, y el corte permite obtener la masa interna de la fruta previo a la pulpa. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.5 Escaldado

Según Aldana (1995) y Camacho (2005) el proceso de escaldado consiste en calentar brevemente la fruta para ablandarla e incrementar el desempeño al disminuir la cantidad de microorganismos que quedan en la fruta. Solo es adecuado para ciertos tipos de fruta. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.6 Despulpado

De acuerdo con Camacho (2005) “el proceso de despulpado permite extraer la parte comestible de la fruta, que se logra a través de la separación de la pulpa de los demás residuos como cáscaras y semillas”. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.7 Refinado

Según Camacho (2005) y Aldana (1995) el proceso de refinado implica procesar la pulpa a en una malla más fina, para producir pulpas con menos fibras, lo que reduce el tamaño y hace que la pulpa sea más deseable para los clientes. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.8 Tratamiento térmico

De acuerdo con Camacho (2005) y Figueroa (1993) consiste en elevar el producto a altas temperaturas, lo que provoca la eliminación de los microorganismos. “El tratamiento térmico de las pulpas de las frutas permite la estabilización de estas para luego conservarlas mediante la combinación con otros métodos como la refrigeración y la congelación, todo lo cual contribuirá a mantener la calidad y la duración del producto”. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.9 Envasado

Según Aldana (1995) consiste en colocar la pulpa, en determinadas porciones, de acuerdo con la presentación de los envases con características alimentarias. Esta tarea puede ser manual o automática. (Citado en (Merlo, 2009))

1.10.1.10 Almacenamiento

Según Camacho (2005) “para almacenar las pulpas se mantiene al producto a una temperatura de congelación (-18 o -20 °C). La congelación es la técnica más sencilla que permite mantener las características sensoriales y nutricionales de las frutas”. (Citado en (Merlo, 2009))

2 METODOLOGÍA

2.1 Diagnóstico de la empresa

La empresa PROALVA fue fundada en el año 2002, pertenece al sector agroindustrial, dedicada a la fabricación y comercialización de productos procesados de fruta, en donde la línea de producción principal comprende pulpas de fruta congelada, cumpliendo con las normativas nacionales de calidad, por lo que puede satisfacer la demanda de los compradores ecuatorianos, ofreciendo productos inocuos y de alta calidad.

La creación de la empresa está dada por la visión de su dueño quien mediante conocimientos agroindustriales y de alimentos, funda una pequeña empresa procesadora de fruta, conforme los años pasaron la maquinaria y métodos artesanales fueron reemplazados por nueva maquinaria industrializada y técnicas más avanzadas en procesamiento de frutas.

Conforme se desarrolló el proyecto se realizó visitas periódicas que fueron la base para determinar la situación actual de la empresa, realizando:

- Análisis con los involucrados de la organización (visitas y entrevistas).
- Diagnóstico de los problemas que presenta la organización y analizar los problemas más importantes que impacten a la productividad.
- Observación de procesos productivos.

2.2 Descripción del problema

2.1.1. Diagnóstico y formulación de problemas

Para identificar los problemas fue necesario realizar un diagnóstico dentro de la organización, mediante la técnica de lluvia de ideas que permitió pensar de manera rápida y espontánea sobre diferentes aspectos que sean de interés a resolver. Los problemas que se identificaron por los propietarios y las personas que trabajan dentro de la organización, fueron:

- Demanda enfocada en la producción de pulpas de fruta congelada bajo pedido.

- Elevada producción de una sola pulpa de fruta debido a la estacionalidad de las frutas.
- Inexistencia de proveedores fijos. Compra de materias primas a diferentes proveedores mayoristas o en los diferentes mercados de la ciudad de Quito.
- Inesperadas fallas de maquinaria.
- Inadecuada planificación.
- Uso de recursos de manera empírica y artesanal.
- Maquinaria manual.
- Fuerza laboral intensificada en el proceso de fabricación de algunas pulpas de fruta que requieren mayor esfuerzo físico, por ejemplo, la fabricación de pulpa de maracuyá.
- El rendimiento de la fruta disminuye después de su procesamiento, debido a que se pierde diferentes elementos, como: fibras, cascara y pepas.
- Baja productividad en los últimos años.

A partir de la lluvia de ideas planteada por los propietarios y personas que laboran en la organización, se pudo identificar que algunas ideas son causas, por este motivo se analizó detenidamente cada idea e identificó los problemas que realmente tiene la organización:

- Baja productividad en los últimos años.
- Bajo rendimiento de frutas después de su transformación a pulpas.
- Inesperadas fallas de maquinaria.

Las PYMES dentro del Ecuador son relevantes ya que generan empleo y contribuyen con la producción nacional. Cada organización ecuatoriana es un mundo diferente, pero existen algunas deficiencias similares que todas padecen, como, por ejemplo: tecnología inadecuada, falta de capacitaciones, maquinaria no automatizada, poca inversión y la reducida cantidad de productos fabricados.

Después de realizar una visita a la empresa PROALVA, se identificaron varias características que afectan su principal problema de disminución de la productividad en los últimos años, ya que en este problema se engloban diferentes factores, como: mano de obra, materia prima, maquinaria, métodos de planificación usados para la producción, altos niveles de desperdicio de materia prima, un escaso estudio de la demanda histórica,

ocasionando que los planes de producción sean ineficientes y que no se ajusten a las necesidades reales del sector. De la misma forma, la carencia de un procedimiento estructurado para la programación de la producción incide en la fabricación de pulpas, debido a que los procesos se los desarrolla de manera artesanal, dependiendo de los costos que tenga la materia prima (fruta). La producción de algunas pulpas se enfoca en la cantidad de fruta que se compre a los proveedores, puede ser el caso que se compre una cantidad muy grande de fruta, entonces la producción tiene que basarse a esa cantidad de materia prima (fruta). Además, es necesario considerar que no se puede tener tanta fruta almacenada debido a su carácter perecedero, por eso es necesario procesarla y mantener congelado el producto final, para su fácil distribución y cumplir con las exigencias del mercado.

2.1.2. Análisis causa efecto

El diagrama de causa efecto, tiene como finalidad presentar de manera gráfica las causas que originan un problema.

A partir de un análisis exhaustivo dentro de la empresa ecuatoriana PROALVA, se pudo evidenciar varios problemas que podrían ser motivo de estudio, en este caso nos vamos a enfocar en un solo problema para mejorar la productividad.

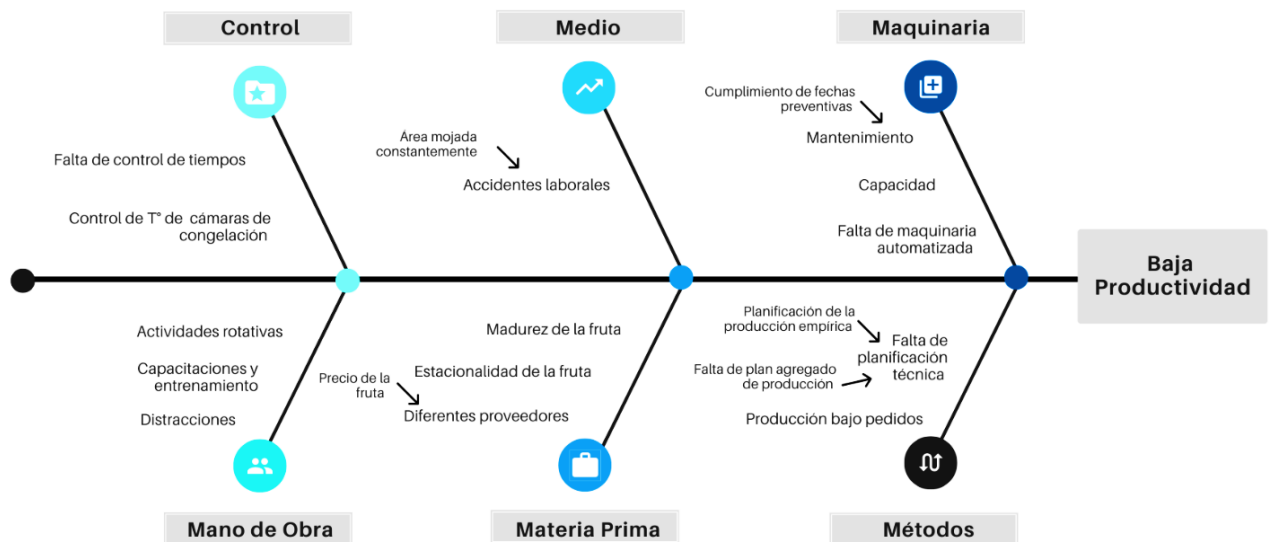


Figura 8: Diagrama de causa efecto

Fuente: Elaborado por la autora

En la **Figura 8**, se muestra las diferentes causas que inciden en el problema de baja productividad en la empresa PROALVA, mano de obra, materia prima, control, medio, maquinaria y métodos, así como causas específicas divididas por áreas y sea de mejor comprensión.

2.1.3. Análisis de Diagrama de Pareto

La **Tabla 3**, presenta todas las causas encontradas en cada espacio de la empresa PROALVA, destacando las más importantes que afectan a la productividad de la organización. Las causas han sido ponderadas de acuerdo con el criterio y urgencia de los propietarios de la empresa.

Tabla 3: Ponderación de las causas que originan el problema

Causa	Criticidad	Ponderación	Promedio Ponderado	%	% Acumulado
Falta de planificación técnica por seguir un modelo empírico de producción y sin planes agregados	100	9	900	19,57%	19,57%
Falta de maquinaria automatizada	75	9	675	14,67%	34,24%
Falta de control de tiempos en cada actividad del proceso productivo	75	8	600	13,04%	47,28%
Producción bajo pedidos	50	8	400	8,70%	55,98%
Mantenimiento por falta de cumplimiento de fechas preventivas	50	6	300	6,52%	62,50%
Capacidad ineficiente de maquinaria	50	6	300	6,52%	69,02%
Madurez de la materia prima (fruta)	50	6	300	6,52%	75,54%
Estacionalidad de la fruta	50	6	300	6,52%	82,07%
Diferentes proveedores dado al precio de la fruta	50	5	250	5,43%	87,50%
Control de T° de cámaras de congelación	25	7	175	3,80%	91,30%
Accidentes laborales por el área mojada constantemente	25	5	125	2,72%	94,02%
Actividades rotativas	25	4	100	2,17%	96,20%
Capacitaciones y entrenamiento	25	4	100	2,17%	98,37%
Distracciones por parte de los operarios	25	3	75	1,63%	100%
TOTAL			4600	100%	

Escala de criticidad	
25	Bajo impacto
50	Medio impacto
75	Alto impacto
100	Altísimo impacto

Fuente: Elaborado por la autora

Una vez obtenido los valores de los porcentajes de incidencia de las causas, se creó un diagrama de Pareto, representado en la **Figura 9**, que permite observar de manera más gráfica las causas que provocan la baja productividad en la empresa.

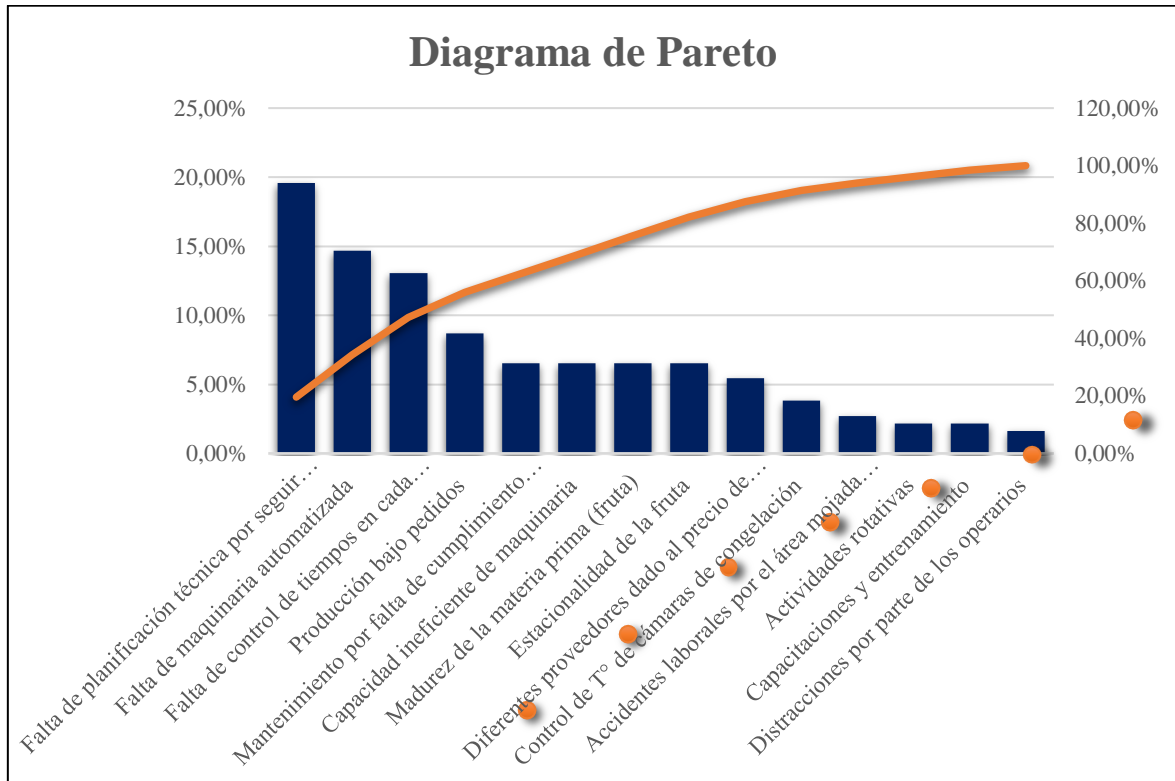


Figura 9: Diagrama de Pareto de las causas que originan el problema

Fuente: Elaborado por la autora

En el gráfico de la **Figura 9**, se puede apreciar que el 80% del problema son ocasionadas principalmente por las causas de: falta de planificación técnica por seguir un modelo empírico de producción y sin planes agregados, falta de maquinaria automatizada, falta de control de tiempos en cada actividad del proceso productivo y en menor medida por la producción bajo pedidos, mientras que las otras causas representan menos del 20%.

De esta manera se pudo concluir que es necesario atacar las causas principales del problema. Finalmente, la baja productividad en la empresa es provocada por la forma empírica de planificar, lo que empieza por la falta de un plan agregado de producción el cual permite hacer sistematizada y ordenada todas las actividades, armonizando demanda, mano de obra, materia prima y otros recursos, en este sentido, se propone desarrollar un plan agregado de producción, ya que es una de las causas principales que afectan al

proceso productivo. Además, existen otras causas que necesitan ser atacadas como: la falta de maquinaria automatizada, y falta de control de tiempos en cada actividad del proceso productivo, para lo que se propone realizar un estudio de tiempos y una simulación de un proceso productivo de pulpa congelada.

2.1.4 Formulación del Problema

La planificación de la producción del proceso de fabricación de pulpas de fruta congelada de la empresa PROALVA, presenta falencias debido a que se lo hace de manera empírica en base al criterio, experiencia y experticia de sus propietarios. El problema que se necesita resolver en el presente proyecto es la baja productividad de la fabricación de pulpas de fruta congelada de la empresa ecuatoriana PROALVA.

2.3 Estrategia de solución

El presente proyecto se enfocó en encontrar alternativas para mejorar la planificación de la producción optimizando los costos que implica fabricar pulpas de fruta congelada, diseñando modelos de planes agregados de producción desde los tradicionales, hasta un modelo de planeación agregada usando la modelización matemática y la optimización.

Además, se probaron las alternativas usando simulación por computadora del proceso de fabricación de pulpa de maracuyá congelada.

2.4 Enfoque

El presente proyecto de investigación se caracteriza por ser tipo mixto, debido a que fusiona tanto el enfoque cualitativo, como al cuantitativo y no es solamente la suma de dos enfoques, sino que la fuerza de su unión implica la interacción y robustez. Este enfoque permite tener una perspectiva más amplia y profunda, además se puede obtener múltiples perspectivas para explotar mejor los datos del proyecto en cuestión. (Creswell, 2009)

Fundamentalmente el proyecto es cuantitativo, porque es una investigación real en el campo empresarial, en donde se tiene que analizar distintos datos para una adecuada planificación y siendo el soporte de modelos que ayuden a la mejorar la productividad.

La investigación también es cualitativa debido a su carácter investigativo, en donde se busca explicar el significado del problema a través del análisis, evaluación e interpretación

de información que se recogen a través de entrevistas, conversaciones en el campo de acción, registros, comentarios, sugerencias por parte del tutor, entre otros.

2.5 Tipo de trabajo

2.5.1 Investigación descriptiva

Tiene como objetivo determinar con exactitud la situación del objeto de estudio, permite: analizar, registrar, interpretar y describir a detalle cada una de las variables a estudiar. “Una de las funciones principales de la investigación descriptiva es la capacidad para seleccionar las características fundamentales del objeto de estudio y su descripción detallada de las partes, categorías o clases de ese objeto, además, es la base de otros tipos de investigación” (Bernal, 2010, pág. 129)

2.5.2 Investigación documental

Depende de la información que se recolecta, indaga o consulta en documentos para construir el conocimiento. De acuerdo con (Bernal, 2010), este tipo de investigación “consiste en el análisis de la información escrita sobre un determinado tema, con el propósito de establecer similitudes, relaciones y posturas respecto al tema de estudio”.

2.5.3 Investigación de campo

Para el presente proyecto se utilizó esta investigación, para analizar los problemas dentro de la empresa ecuatoriana PROALVA, cuyo principal problema es la baja productividad en los últimos años, debido en gran parte, por la falta de un plan agregado de producción; por este motivo se realizaron visitas continuas a la organización para mantener un contacto directo con la realidad de la empresa, observar el comportamiento de los procesos, interactuar y poder obtener datos reales y estudiarlos in situ. El enfoque de este tipo de investigación fue adentrarse en lugar de los hechos y participar de la cotidianidad de los procesos estudiados.

2.6 Técnicas de recolección de información

Entrevistas: en este caso se realizó una entrevista estructurada, para generar una línea base de la empresa. La entrevista fue realizada a la dueña de la empresa para tener un panorama del funcionamiento de la empresa. **(ANEXO II)**

Análisis documental: es una operación que alimenta el intelecto haciendo una búsqueda de diferentes autores, con la finalidad de sustentar el trabajo investigativo, en este caso se investigó diferentes fuentes que soportaron el estudio.

Observación: para la elaboración de este proyecto en una empresa real es necesario observar el proceso productivo y ver las falencias de este, para proponer alternativas de solución, por este motivo se realizaron diferentes visitas a la planta productiva y se estableció contacto directo con las personas que palpan día a día el proceso. Para poder observar la realidad de la empresa y tener contacto directo con los datos se firmó un acuerdo de confidencialidad que se adjunta en el **(ANEXO I)**.

2.7 Diseño de investigación

2.7.1. Experimental

El diseño es experimental se basa en plantear alternativas, por esto fue necesario manipular intencionalmente los factores que inciden tanto en la planificación de la producción como el proceso productivo, observando cambios para hacer comparaciones y verificar cual es la mejor alternativa de acuerdo con la realidad de la empresa.

2.7.2. Determinación de la muestra

Se consideró como población a toda la empresa "PROALVA", porque es una PYMES ecuatoriana que cuenta con menos de 50 trabajadores, lo que facilitó el estudio investigativo al tener más interacción con los involucrados. A continuación, se muestra la **Tabla 4**, de los empleados que formaron parte del equipo de la organización.

Tabla 4: Población y muestra de la empresa "PROALVA"

POBLACIÓN	CANTIDAD
Gerente General	1
Jefe de Producción	1
Jefe de Control de Calidad	1
Recursos Humanos	1
Operarios de Producción	7
TOTAL	11

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por la empresa

Para este proyecto, se enfatizó el área administrativa, debido a que son las personas que están a cargo de llevar el control de la empresa y son quienes han emprendido en este negocio desde métodos artesanales hasta la industrialización de la empresa. Además, son la muestra para realizar encuestas sobre diferentes datos de la producción y así obtener información necesaria para solucionar la problemática.

2.8 Método para la planificación de la producción

Actualmente en la empresa ecuatoriana PROALVA dedicada a la elaboración de pulpa de fruta congelada, se trabaja con el modelo de producción bajo pedido, en donde el producto es fabricado después de que los clientes lo soliciten, lo que significa que no se está planeando la producción en su totalidad, por lo tanto, los costos de producción son elevados y dependen del costo de su principal materia prima (fruta).

A continuación, en la **Figura 10**, se presenta el método de planificación de la producción con los diferentes pasos o etapas para su realización.



Figura 10: Método para planificación de la producción

Fuente: Elaborado por la autora

2.8.1. Paso 1: Pronóstico de la demanda de la empresa “PROALVA” año 2020 y 2021

En la adquisición de los pronósticos de la demanda se utilizó el software Risk Simulator, obtenido del centro de descargas y software académico de la Escuela Politécnica Nacional.

Información para la ejecución del pronóstico

- Fuente de información:** Datos de ventas de productos junio 2020 – diciembre 2021
- Tipo de presentación:** 1 kg, 500 g y 100 g
- Herramienta de análisis:** Software Risk Simulator

Para la elaboración del pronóstico se emplearon los datos de las ventas de pulpas de frutas congeladas proporcionados por la empresa PROALVA, los años que se consideraron son

2020 y 2021 agrupados por el tipo de presentación. En las siguientes tablas se muestra la depuración por cada año.

Tabla 5: Ventas de pulpa de fruta congelada en el año 2020

N°	Mes	Presentación de 1 kg	Presentación de 500 g	Presentación de 100 g
6	Junio	18 677	2 997	13 575
7	Julio	16 913	2 078	13 657
8	Agosto	20 167	2 118	16 747
9	Septiembre	21 155	1 809	20 172
10	Octubre	24 532	1 815	23 742
11	Noviembre	28 431	1 194	19 037
12	Diciembre	32 253	1 335	24 774
		162 128	13 346	131 704

Fuente: Elaborado por la autora

Tabla 6: Ventas de pulpa de fruta congelada en el año 2021

N°	Mes	Presentación de 1 kg	Presentación de 500 g	Presentación de 100 g
1	Enero	23 066	947	16 790
2	Febrero	21 998	845	25 051
3	Marzo	23 572	630	25 156
4	Abril	24 977	1 097	23 529
5	Mayo	19 537	1 136	18 992
6	Junio	22 117	803	30 530
7	Julio	20 649	862	30 023
8	Agosto	23 028	945	35 855
9	Septiembre	20 810	873	34 784
10	Octubre	23 605	825	41 391
11	Noviembre	22 332	745	33 361
12	Diciembre	23 377	797	38 954
		269 068	10 505	354 416

Fuente: Elaborado por la autora

En la **Tabla 5**, se puede observar que el producto más vendido en el año 2020 fue presentación de 1 kg, seguido por la presentación de 100 g y finalmente la de 500 g.

En la **Tabla 6**, se puede observar que el producto más vendido en el año 2021 fue la presentación de 100 g, seguido por la presentación de 1 kg y finalmente por la de 500 g.

Los productos más vendidos del año 2020 y 2021 fueron: la pulpa de fruta congelada de presentación de 1 kg y de 100 g, la presentación de 500 g no ha rotado tanto en los dos últimos años, por lo que no se tomó en cuenta para realizar el pronóstico.

2.8.1.1. Análisis de ventas históricas

La información relevante se obtuvo en cooperación con los dueños de la empresa PROALVA. Se consiguió los datos de las ventas históricas de los productos de la empresa desde junio 2020 hasta diciembre 2021 y se los analizó de la siguiente manera:

- Ventas por Año – Mes
- Ventas por Año – Tipo de presentación (1 kg, 500 g, 100g)
- Ventas por Año – Cantidad Vendida

Los datos fueron obtenidos de la empresa PROALVA para garantizar la realidad de esta. **(ANEXO III)**

En este caso se utilizó el modelo de pronóstico de Análisis de Series de Tiempo de RISK SIMULATOR, porque se cuenta con datos de la demanda histórica proporcionados por la empresa PROALVA. Además, la tendencia de las gráficas anteriores no varía significativamente de un año al otro.

La metodología de Series de Tiempo del programa RISK SIMULATOR primero aplica una retrospectiva para encontrar el modelo que mejor se ajuste a los datos y también a los parámetros del modelo que minimicen el error de pronóstico. (Mun, SIMULADOR DE RIESGO, 2012). La Figura 11 muestra la opción Pronóstico de Series de Tiempo de RISK SIMULATOR.

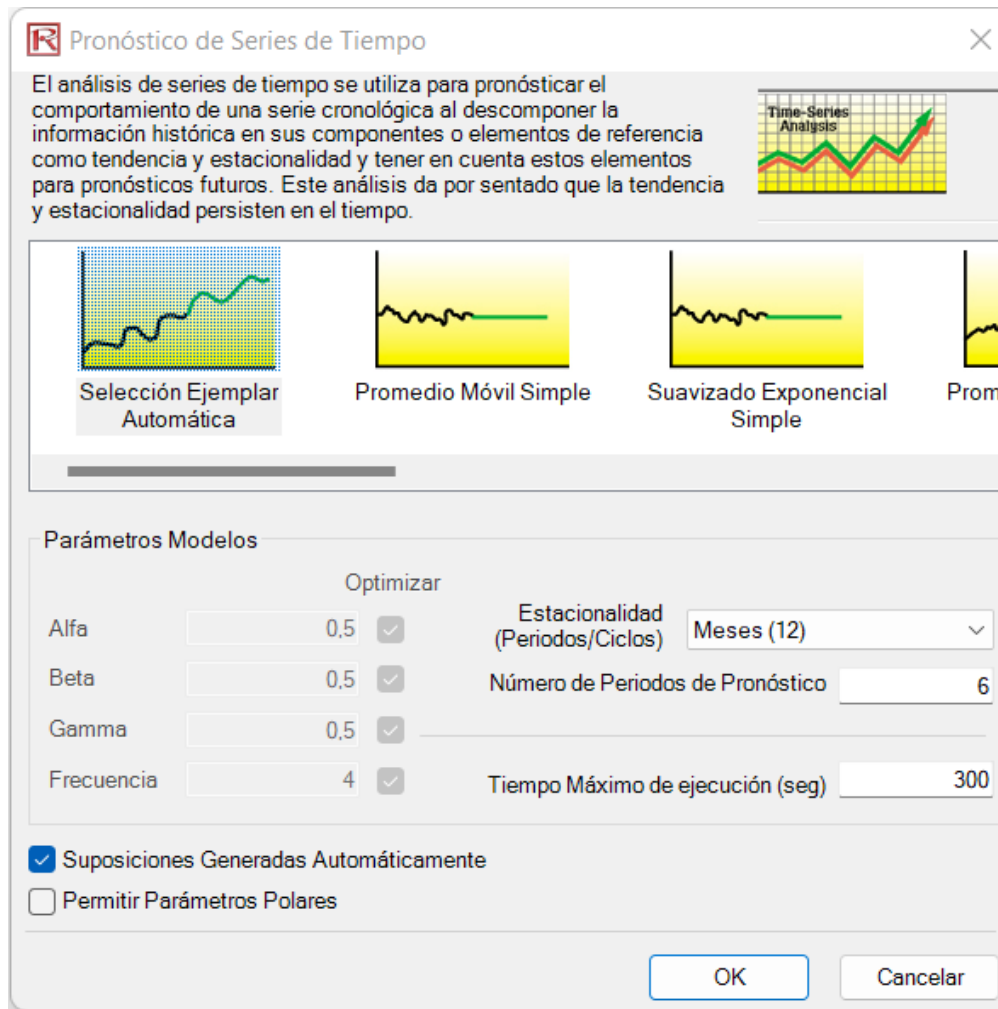


Figura 11: Pronóstico de Series de Tiempo en el programa Risk Simulator

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

2.8.1.1.1. Pronóstico de pulpa congelada de presentación (1 kg)

En la **Tabla 7**, se presenta la cantidad vendida por año y por mes de la presentación de 1 kg, esta tabla se obtuvo después de depurar toda la información de los datos proporcionados por la empresa PROALVA.

Tabla 7: Datos de ventas de pulpa de fruta congelada de 1 kg por año, mes y cantidad

Pulpa de fruta congelada de 1 kg		
Año	Mes	Producto Vendido
2020	Junio	18.677
2020	Junlio	16.913
2020	Agosto	20.167
2020	Septiembre	21.155
2020	Octubre	24.532
2020	Noviembre	28.431
2020	Diciembre	32.253
2021	Enero	23.066
2021	Febrero	21.998
2021	Marzo	23.572
2021	Abril	24.977
2021	Mayo	19.537
2021	Junio	22.117
2021	Julio	20.649
2021	Agosto	23.028
2021	Septiembre	20.810
2021	Octubre	23.605
2021	Noviembre	22.332
2021	Diciembre	23.377

Fuente: Elaborado por la autora

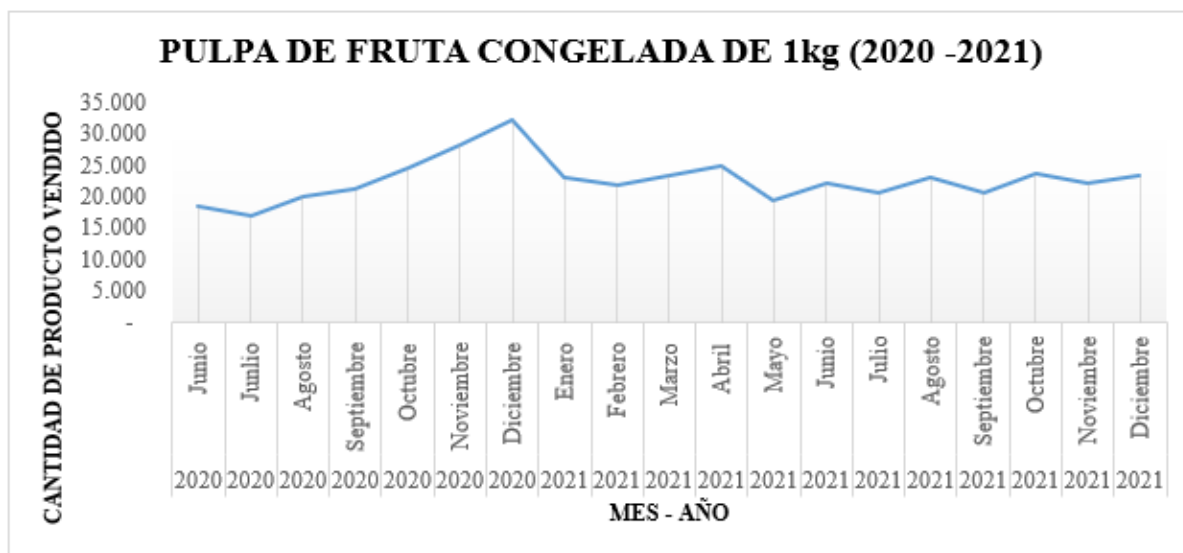


Figura 12: Gráfica de datos de ventas de pulpa de fruta congelada de 1 kg por año, mes y cantidad

Fuente: Elaborado por la autora

Análisis: En la **Figura 12**, se puede observar que el pico más alto de ventas fue en diciembre del año 2020, por la gran rotación y aceptación que se tuvo del producto, además en el año 2020 fue un año difícil para los negocios ecuatorianos debido al encierro por la pandemia. Los directivos de PROALVA mencionaron que gracias a su cartera de clientes no tuvieron tanta pérdida durante este año, y en este histórico de ventas lo podemos comprobar ya que en un mes de este año se tuvo ventas significativas del producto. En el

año 2021 se tienen ventas que no varían de manera significativa de un mes a otro, las ventas se han mantenido en un buen rango para la organización.

De acuerdo con los datos históricos de pulpa de fruta congelada de 1 kg se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 8: Pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 1 kg

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado
1	18677,00	
2	16913,00	
3	20167,00	
4	21155,00	
5	24532,00	
6	28431,00	
7	32253,00	
8	23066,00	
9	21998,00	23149,25
10	23572,00	23564,38
11	24977,00	24396,75
12	19537,00	24998,00
13	22117,00	24795,75
14	20649,00	24493,88
15	23028,00	23521,13
16	20810,00	22368,00
17	23605,00	22086,00
18	22332,00	22286,88
19	23377,00	22131,88
Pronóstico20		21931,88
Pronóstico21		21931,88
Pronóstico22		21931,88
Pronóstico23		21931,88
Pronóstico24		21931,88
Pronóstico25		21931,88

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: En la **Tabla 8**, se observa el pronóstico para seis meses próximos, en este caso el pronóstico se mantiene con un valor de 21931.88, debido a que el modelo escogido por el programa fue de Promedio Móvil Simple.

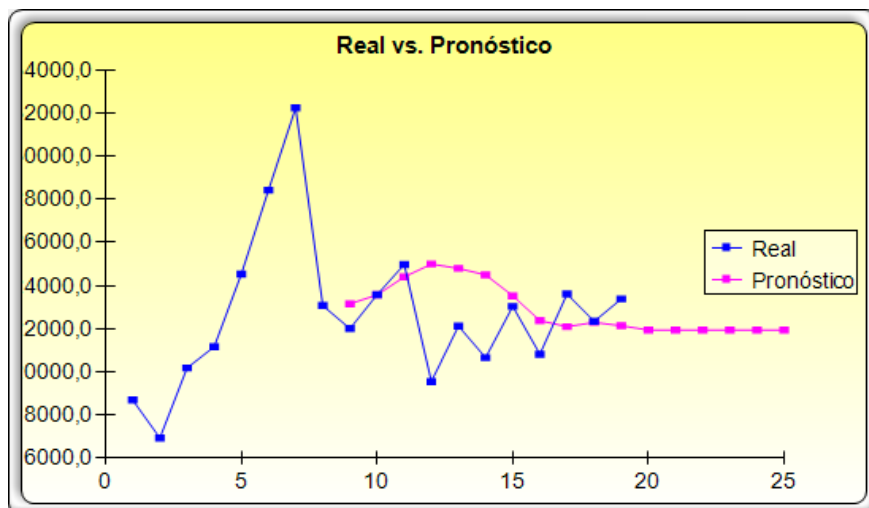


Figura 13: Gráfica de pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 1 kg

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: En la **Figura 13**, se presenta la gráfica de pronóstico para la pulpa de fruta congelada de 1 kg. Los datos históricos están representados por la línea de color azul y el pronóstico de estos por la línea de color magenta. Es importante destacar que el pronóstico sigue una continuidad para los siguientes seis meses, de acuerdo con el mejor modelo escogido por el programa Risk Simulator.

Tabla 9: Metodologías usadas para la obtención de pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 1 kg

Metodologías			
El Mejor Modelo: Promedio Móvil Simple		Segundo Mejor Modelo: Aditivo de Holt-Winter	
	8	Alfa	0,7519
RMSE	2334,9845	Beta	0,9140
MSE	5452152,8082	Gamma	0,1180
MAD	1689,4659	Estacionalidad	12
MAPE	7,99%	RMSE	2505,5399
U de Theil	0,9500	MSE	6277730,2344
		MAD	2227,4255
		MAPE	10,12%
		U de Theil	1,1866
Tercero Mejor Modelo: Multiplicativo de Holt-Winter		Cuarto Mejor Modelo: Multiplicativo Estacional	
Alfa	0,9474	Alfa	1,0000
Beta	0,4364	Gamma	0,1180
Gamma	0,1180	Estacionalidad	12
Estacionalidad	12	RMSE	2810,9821
RMSE	2615,2955	MSE	7901620,5218
MSE	6839770,3401	MAD	2358,5102
MAD	2282,0280	MAPE	10,67%
MAPE	10,32%	U de Theil	1,2907
U de Theil	1,2306		

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: El programa Risk Simulator escoge la metodología que mejor se ajusta a los datos históricos. En la **Tabla 9** se puede observar que los modelos usados son: promedio

móvil simple, aditivo de Holt-Winter, multiplicativo de Holt-Winter, multiplicativo estacional, entre otros y modelo óptimo es: promedio móvil simple.

Según el resumen del análisis de Series de Tiempo emitido por el propio programa, se justifica que el mejor modelo ajustado a los datos históricos es el modelo de promedio móvil simple ya que los datos no tienen tendencia ni temporalidad. “Los valores de promedio móvil para una duración específica son simplemente la suma de los datos históricos ordenados e indexados en una secuencia de tiempo”. (Mun, Software Risk Simulator)

Tabla 10: Errores de metodologías del pronóstico de Pulpa de Fruta Congelada de 1 kg

MODELO	RMSE	MSE	MAD	MAPE
Promedio Móvil Simple	2334,9845	5452152,8082	1689,4659	7,99%
Aditivo de Holt-Winter	2505,5399	6277730,2344	2227,4255	10,12%
Multiplicativo de Holt-Winter	2615,2955	6839770,3401	2282,0280	10,32%
Multiplicativo Estacional	2810,9821	7901620,5218	2358,5102	10,67%

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Según el resumen del análisis de Series de Tiempo emitido por el propio programa, los errores de las metodologías permiten escoger el modelo más adecuado. En la **Tabla 10**, se puede observar que el modelo de promedio móvil simple presenta un RMSE de 2334.98, un MSE de 5452152.80; un MAD de 1689.46 y un MAPE de 7.98%. Estos valores obtenidos son menores a comparación de los otros modelos. Finalmente, la medida estadística asociada U de Thiel es 0.95 menor a 1, por lo que se concluye que el pronóstico proporciona un estimado mejor que simplemente adivinar. (Mun, Software Risk Simulator)

2.8.1.1.2. Pronóstico de pulpa congelada de presentación (100 g)

En la **Tabla 11** representa los datos de ventas de pulpa de fruta congelada, se muestra la cantidad vendida por año y por mes de la presentación de 100 g, esta tabla se obtuvo después de depurar toda la información de los datos proporcionados por la empresa PROALVA.

Tabla 11: Datos de ventas de pulpa de fruta congelada de 100 g por año, mes y cantidad

Pulpa de fruta congelada de 100 g		
Año	Mes	Producto Vendido
2020	Junio	13.575
2020	Julio	13.657
2020	Agosto	16.747
2020	Septiembre	20.172
2020	Octubre	23.742
2020	Noviembre	19.037
2020	Diciembre	24.774
2021	Enero	16.790
2021	Febrero	25.051
2021	Marzo	25.156
2021	Abril	23.529
2021	Mayo	18.992
2021	Junio	30.530
2021	Julio	30.023
2021	Agosto	35.855
2021	Septiembre	34.784
2021	Octubre	41.391
2021	Noviembre	33.361
2021	Diciembre	38.954

Fuente: Elaborado por la autora

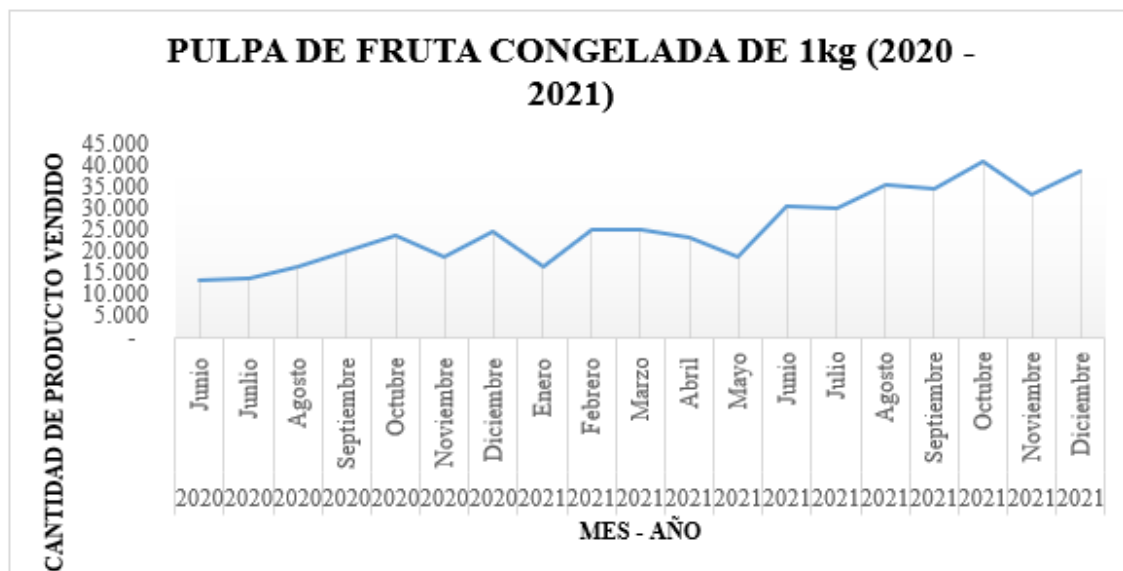


Figura 14: Gráfica de datos de ventas de pulpa de fruta congelada de 100 g por año, mes y cantidad

Fuente: Elaborado por la autora

Análisis: En la **Figura 14**, se puede observar que las ventas de la presentación de pulpa de fruta congelada de 100 g han ido incrementando a medida que el tiempo pase, por este motivo en el año 2020 no se tiene un pico significativo, más bien se ha mantenido la venta del producto de manera regular. Las ventas de este producto han ido incrementando desde junio del 2021 y el pico más alto de ventas fue en octubre del mismo año. Cabe destacar

que la presentación de 100 g es una presentación personalizada y abastece a una porción de jugo personal, por lo que sus mayores clientes son los de servicios de catering.

De acuerdo con los datos históricos de pulpa de fruta congelada de 100 g se tienen los siguientes resultados:

Tabla 12: Pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 100 g

Periodo	Real	Pronóstico Ajustado
1	13575,00	
2	13657,00	
3	16747,00	13586,14
4	20172,00	14021,26
5	23742,00	15077,45
6	19037,00	16893,18
7	24774,00	18411,51
8	16790,00	20648,80
9	25051,00	21929,39
10	25156,00	23896,38
11	23529,00	25822,44
12	18992,00	27351,25
13	30530,00	27899,92
14	30023,00	29373,99
15	35855,00	30757,55
16	34784,00	32789,72
17	41391,00	34746,55
18	33361,00	37470,81
19	38954,00	39185,11
Pronóstico20		41147,24
Pronóstico21		43125,08
Pronóstico22		45102,92
Pronóstico23		47080,77
Pronóstico24		49058,61
Pronóstico25		51036,45

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: En la **Tabla 12**, se observa el pronóstico para los siguientes 6 meses, el pronóstico sigue el método de suavizado exponencial doble, para este caso se tiene un pronóstico de 41147.24, 43125.08, 45102.92, 47080.76, 49058.60, 51036.44 ajustados a los datos históricos proporcionados por la empresa PROALVA.

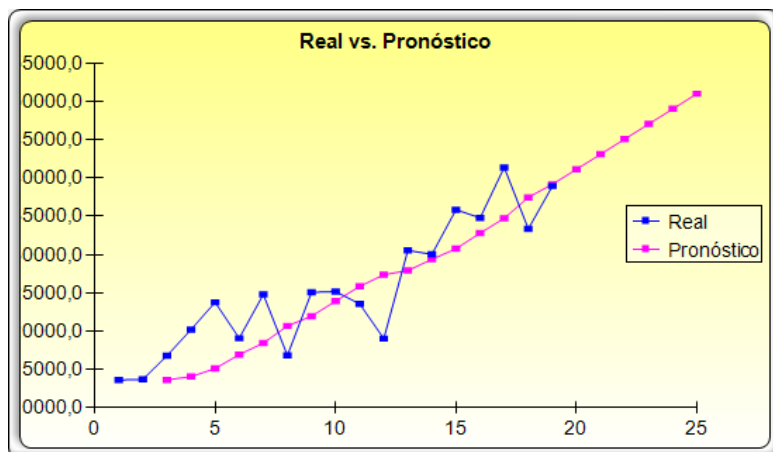


Figura 15: Gráfica de pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 100 g

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: En la **Figura 15**, se muestra la gráfica de pronóstico para la pulpa de fruta congelada de 100 g. Los datos históricos están representados por la línea de color azul y el pronóstico de estos por la línea de color magenta. Es importante destacar que el pronóstico sigue una tendencia creciente para los siguientes seis meses, de acuerdo con el mejor modelo escogido por el programa Risk Simulator.

Tabla 13: Metodologías usadas para la obtención de pronóstico para Pulpa de Fruta congelada de 100 g

Metodologías

El Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Doble		Segundo Mejor Modelo: Promedio Móvil Simple	
Alfa	0,0679		2
Beta	1,0000	RMSE	4762,9584
RMSE	4650,9023	MSE	22685772,3235
MSE	21630891,8164	MAD	4386,1176
MAD	3925,3752	MAPE	17,38%
MAPE	16,28%	U de Theil	0,8326
U de Theil	0,8265		
Tercero Mejor Modelo: Suavizado Exponencial Simple		Cuarto Mejor Modelo: Promedio Móvil Doble	
Alfa	0,6166		3
RMSE	4947,9464	RMSE	5504,6880
MSE	24482173,7796	MSE	30301589,6515
MAD	4343,2514	MAD	4434,6581
MAPE	16,95%	MAPE	16,41%
U de Theil	0,8886	U de Theil	0,7061

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Análisis: El programa Risk Simulator escoge la metodología que mejor se ajusta a los datos históricos. En la **Tabla 13**, se puede observar que los modelos usados son: suavizamiento exponencial doble, promedio móvil simple, suavizado exponencial simple, promedio móvil doble entre otros.

Según el análisis de Series de Tiempo emitido por el propio programa, se justifica que el modelo. El método de suavizado exponencial doble se utiliza cuando los datos muestran una tendencia, pero no una estacionalidad. (Mun, Software Risk Simulator)

Tabla 14: Errores de metodologías del pronóstico de Pulpa de Fruta Congelada de 100 g

MODELO	RMSE	MSE	MAD	MAPE
Suavizado Exponencial Doble	4650,9023	21630891,8164	3925,3752	16,28%
Promedio Móvil Simple	4762,9584	22685772,3235	4386,1176	17,38%
Suavizado Exponencial Simple	4947,9464	24482173,7796	4343,2514	16,95%
Promedio Móvil Doble	5504,6880	30301589,6515	4434,6581	16,41%

Fuente: Elaboración propia, obtenido al usar el programa Risk Simulator

Según el resumen del análisis de Series de Tiempo emitido por el propio programa, los errores de las metodologías permiten escoger el modelo más adecuado. En la **Tabla 14**, se puede observar que el modelo de promedio móvil simple presenta un RMSE de 4650.90, un MSE de 21630891.81; un MAD de 3925.27 y un MAPE de 16.28%. Estos valores obtenidos son menores a comparación de los otros modelos. Finalmente, la medida estadística asociada U de Thiel es 0,826 menor a 1, por lo que se concluye que el pronóstico proporciona un estimado mejor que simplemente adivinar. (Mun, Software Risk Simulator)

2.8.2. Paso 2: Planificación de la producción mediante programación lineal

La planificación agregada, se refiere a la determinación de un plan agregado de producción, con la posible integración de las decisiones de todos los departamentos funcionales de la organización. Cada proceso contiene recursos indispensables, como: máquinas, equipos de trabajadores en procesos y se caracteriza por la capacidad de producción para alcanzar ciertos niveles de desempeño y satisfacer las necesidades de los clientes.

2.8.2.1. Fase I: Selección del modelo matemático

Existe una gran variedad de libros, artículos científicos, revistas y tesis de grado que presentan modelos matemáticos de planeación agregada de la producción, a continuación, se presenta la **Tabla 15**, con los modelos que fueron considerados para este trabajo investigativo:

Tabla 15: Modelos que fueron considerados para el trabajo

Fuente	Título	Metodología	Resultados
(Molina, 2013)	Plan agregado de producción para el mejoramiento de la productividad de la empresa ecuatoriana	El plan agregado de producción realiza un estudio de cómo llevar a cabo la producción dentro de una empresa. Para la metodología el autor se basó en el modelo matemático de Hansmann, F. y Hess, de 1960 y modelos de planeación tradicionales. Para la realización del programa se utilizó el software LINGO 10.	La programación lineal es una técnica nueva e innovadora que minimiza los costos de producción utilizando un software de optimización, como resultado se obtuvo un plan agregado de producción basado en técnicas matemáticas colaborando con los procesos empíricos de la empresa.
(Chopra, 2008)	Planeación agregada en una cadena de suministro	Se desarrolla un modelo de planeación agregada utilizando programación lineal, minimizando los costos. El modelo se aplica en actividades desde los proveedores hasta el cliente final. El modelo matemático de planeación agregada es aplicable a la realidad de cualquier empresa, aplicación de modelo en Excel con la herramienta Solver.	La planeación agregada tiene impacto significativo en el desempeño de la cadena de suministro involucrando a todos los que participan en la cadena productiva.
(Cáceres, Reyes, García & Sánchez, 2015)	Plan Agregado de Producción Mediante el uso de un Algoritmo de Programación Lineal: Un caso de Estudio para la Pequeña Industria.	En este proyecto se presenta un MRP en una herramienta de montaje de carrocerías sobre chasis, aplicado un modelo de programación entera mixta implementado en Lingo. El modelo usa programación entera mixta, orientada a la minimización de costos.	Se obtuvo un MRP minimizando la cantidad de materia prima, almacenamiento de materiales, control de rotación de inventarios, para satisfacer la demanda de la organización.
(Meneses, 2009)	Propuesta para la Planeación Táctica y operativa del Departamento de Producción de Urbano Express	Se plantea un modelo de plan maestro de producción, tomando en cuenta un estudio de tiempos, pronósticos de la demanda.	En los resultados se logró determinar la cantidad de operarios en condiciones óptimas de la empresa, programación de horarios garantizando las horas de jornada laboral obligatorias.

Fuente: Elaboración propia, basado en las propuestas de cada modelo

Para la comparación de modelos, se usó la matriz de Pugh, la cual es una herramienta cuantitativa que permite seleccionar una alternativa mediante la comparación de opciones, considerando una evaluación pareada a través de un modelo de referencia. (Ulrich & Eppinger, 2013)

A manera de síntesis, la matriz de Pugh se desarrolla mediante el siguiente procedimiento (Ulrich & Eppinger, 2013):

1. Relacionar en la matriz las alternativas de selección con los criterios para cada opción.
2. Seleccionar el modelo u opción de referencia.

3. Se realiza una evaluación relativa de cada criterio respecto a todas las alternativas, donde se considera si la alternativa es “mejor que” (+), “igual a” (0), o “peor que” (-) del modelo de referencia en ese criterio.
4. Se realiza una suma neta entre los (+) y los (-), y se ordenan las alternativas de mayor a menor.
5. Analizar los resultados y observar las opciones que tienen mejora en las alternativas.

A continuación, en la **Tabla 16** se presentan los resultados de la selección del modelo a través de la matriz de Pugh

Tabla 16: Matriz de Pugh para el análisis de criterios

	CONCEPTOS			
	A	B (Ref)	C	D
REQUERIMIENTOS	Molina (2013)	Chopra (2008)	Cáceres et al. (2015)	Meneses (2009)
Aumentar Productividad	+	+	-	-
Minimizar costos	+	+	+	+
Aplicación de modelo matemático de programación	-	+	-	-
Criterio basado en la cadena de suministro	0	+	0	0
Software de aplicación	+	+	+	+
Facilidad de aplicación	+	+	+	+
Suma +	4	6	3	3
Suma 0	1	0	1	1
Suma -	1	0	2	2
Evaluación neta	3	6	1	1
Lugar 1	2	1	3	4
¿Continuar?	No	Si	No	No

Fuente: Elaborado por la autora

Los resultados obtenidos en la matriz Pugh permiten el filtrado y la selección de las alternativas que tengan el mayor cumplimiento de los criterios a analizar, pero también permite la posibilidad de mejorar y combinar alternativas de forma de que se puedan complementar las fortalezas de una primera opción con las debilidades del segundo. Para este proyecto y en base a los resultados de la matriz anterior, se procede a seleccionar el modelo B que corresponde a (Chopra, 2008)

Esto quiere decir, que se toma como base el modelo propuesto por (Chopra, 2008), por su criterio basado en la cadena de suministro de la organización, este aspecto es de vital importancia, porque es necesario ver la relación que existe entre los diferentes eslabones de la cadena productiva, desde los proveedores hasta los clientes finales para tener una

buena capacidad de respuesta de principio a fin. También se tomó en cuenta la facilidad de aplicación ya que fue ejecutado en la herramienta Solver de Excel, permite la minimización de costos de producción mejorando las utilidades y la productividad. Finalmente, este modelo es genérico y encaja con la realidad de la organización.

2.8.2.2. Fase II: Descripción del modelo matemático de planeación agregada

El principal problema de planificación agregada es pronosticar la demanda de cada período y determinar el nivel de producción, inventario y capacidad para maximizar la utilidad de la empresa. (Chopra, 2008)

Para diseñar un modelo matemático es aconsejable no fijarse en los números, sino en su concepto como tal. La metodología aplicada para resolver un problema se compone de los siguientes pasos: graficar la posible solución, organizar la información en tablas, determinar la función objetivo, definir las variables de decisión, expresar la función objetivo en base a las variables de decisión, formular las restricciones del problema, explicar el modelo matemático y agregar un diccionario de variables.

A continuación, se presenta el modelo de planeación agregada, propuesto por (Chopra, 2008)

a) Parámetros de entrada del modelo matemático

El modelo matemático requiere de la siguiente información de entrada:

- Pronóstico de la demanda de pulpas de fruta mensual.
- Número de horas de la jornada laboral.
- Número de operarios que trabajan en la planta productiva.

Según los costos de:

- Mano de obra en tiempo regular.
- Mano de obra tiempo extra.
- Contratar un operario.
- Despedir un operario.
- Mantener inventario.
- Desabasto.
- Materiales.

- Subcontratación.
- Restricciones de límite de tiempo extra.

En la siguiente **Tabla 17** se identifican los datos entregados por la empresa PROALVA para resolver el modelo matemático de planeación agregada.

Tabla 17: Costos de la empresa PROALVA

Costos para la empresa PROALVA	
Descripción	Costo
Costo de material	\$1.96/unidad
Costo de mantener inventario	\$1.18/unidad/mes
Costo marginal de desabasto	\$3.83/unidad/mes
Costo de contratación y capacitación	\$666.62/trabajador
Costo de despidos	\$866.62/trabajador
Horas de mano de obra requeridas	0,1/unidad
Costo de tiempo regular	\$600
Costo de tiempo extra	\$5/hora
Costo de subcontratar	\$4

Fuente: Elaboración propia, en base al criterio de los propietarios de la organización

b) Definir las variables de decisión

Las variables que intervienen en el modelo matemático son:

W_t = tamaño de la fuerza de trabajo para el periodo t

H_t = número de empleados contratados al inicio del periodo t

L_t = número de empleados despedidos al inicio del periodo t

P_t = número de unidades producidas en el periodo t

I_t = inventario al final del periodo t

S_t = número de unidades en desabasto al final del periodo t

C_t = número de unidades subcontratadas para el periodo t

O_t = número de horas de tiempo extra trabajadas durante el periodo t

c) Definir el criterio de la función objetivo

En este caso, se busca minimizar la sumatoria de los costos para un horizonte de planeación de 6 meses. Estos costos se evalúan de la siguiente manera:

1. **Costo de mano de obra en tiempo regular:** Cabe destacar que en Ecuador a los trabajadores se les paga un salario por tiempo regular de \$ 600, si la jornada de trabajo es de 8 horas diarias, es decir de lunes a viernes en horario de 8:00 a 17:00 durante un mes. En este caso el cálculo se obtiene de la siguiente manera: $\$600 / 30 = \20 por día y $\$20 / 8 = \2.5 por hora trabajada. (EcuadorLegal, 2022)

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo regular} = \sum_{t=1}^6 600 W_t \quad (3)$$

2. **Costo de mano de obra en tiempo extra:** las horas extra son aquellas que el operador las obtiene al trabajar fines de semana, feriados u horas adicionales de la jornada laboral. La empresa PROALVA evita horas extra durante el mes para ahorrar en costos de mano de obra.

Ejemplo 1: si una persona trabaja una hora extra durante la semana se tiene el siguiente calculo: $\$ 2.50 \times 1.5$ (Recargo) $\times 1$ (hora) = \$3.75.

Ejemplo 2: si una persona trabaja una hora extra durante el fin de semana se tiene el siguiente calculo: $\$ 2.50 \times 2$ (Recargo) $\times 1$ (hora) = \$5.

En este caso se va a tomar el costo de \$5 por hora que es el valor más crítico en el caso de que se tengan horas extra.

$$\text{Costo de mano de obra en tiempo extra} = \sum_{t=1}^6 5 O_t \quad (4)$$

3. **Costo de contratación y despido:** El costo de contratar a un operario es de \$ 666.62 USD y el costo de despedirlo es de \$866.62 USD.

$$\text{Costo de contratación y despido} = \sum_{t=1}^6 666.62 * H_t + \sum_{t=1}^6 866.62 * L_t \quad (5)$$

4. **Costo de inventario y desabasto:** Recordemos que, dado que la fruta (materia prima perecedera) expira en poco tiempo, no podemos mantenerla en inventarios, para casi la totalidad de frutas, el tiempo máximo que mantenemos en bodega es

de 5 días. Sobre el costo de mantener inventario de producto terminado (pulpa de fruta congelada) sobre todo tendría que ver con el costo de la electricidad por mantener operativos los cuartos fríos. El valor promedio que se paga por este rubro es de alrededor \$1.184,07 dólares mensuales.

En la **Tabla 18**, se puede observar que para este caso se realizó un cálculo aproximado para determinar el costo de manejar el inventario por unidad por mes, de acuerdo con la capacidad del túnel de congelamiento. Cabe destacar que el túnel de congelamiento abastece 1000 kg, entonces se considera la presentación más grande de pulpa de fruta para conseguir el costo por unidad de la siguiente manera: 1 kg = 1 unidad de pulpa de fruta de esa presentación.

Tabla 18: Cálculo de costo por mantener inventario

Descripción	Valor
Capacidad de tunel de congelamiento	1000 kg
Costo por mantener operativos los cuartos fríos al mes	\$1.184,07
Costo por mantener inventario / unidad /mes	\$ 1,18

Fuente: Elaborado por la autora

En la **Tabla 19**, se identifica el costo de desabasto que se calcula tomando en cuenta el precio de venta al público por un 50% extra, debido a que es más caro no tener el producto disponible para abastecer la demanda de los clientes.

Tabla 19: Cálculo de costo por desabasto

Descripción	Valor
Precio de pulpa de fruta	\$ 2,55
Procentaje extra	50%
Costo por desabasto / unidad /mes	\$ 3,83

Fuente: Elaborado por la autora

$$\text{Costo de mantener inventario y desabasto} = \sum_{t=1}^6 1.18 * I_t + \sum_{t=1}^6 3.83 * S_t \quad (6)$$

- 5. Costo de materiales y subcontratación:** el costo de materiales para la elaboración de pulpa de fruta incluye: la fruta como materia prima, fundas de polipropileno y conservantes.

En la **Tabla 19**, se puede observar que el costo de materiales es de \$1.96 por unidad.

Tabla 20: Costo de materiales

Descripción	Valor (\$/kg)
Maracuyá	\$ 1,80
Frutilla	\$ 2,60
Guanabana	\$ 3,00
Mora	\$ 1,20
Papaya	\$ 1,30
Piña	\$ 1,50
Tomate de árbol	\$ 1,50
PROMEDIO	\$ 1,84
Conservantes	\$ 0,02
Funda de polipropileno	\$ 0,10
TOTAL DE MATERIALES	\$ 1,96

Fuente: Elaborado por la autora

En la empresa PROALVA no se realiza subcontratación, debido a que incurre en costos de mano de obra, en el caso que se subcontrate se asumirá un costo elevado de \$4.

$$\text{Costo de materiales y subcontratación} = \sum_{t=1}^6 1.96 * P_t + \sum_{t=1}^6 4 * C_t \quad (7)$$

El total que se incurre durante el horizonte de tiempo de planeación de la empresa PROALVA es la suma de los costos mencionados anteriormente.

$$\sum_{t=1}^6 600 W_t + \sum_{t=1}^6 5 O_t + \sum_{t=1}^6 666.62 H_t + \sum_{t=1}^6 866.62 L_t + \sum_{t=1}^6 1.18 I_t + \sum_{t=1}^6 3.83 S_t + \sum_{t=1}^6 1.96 P_t + \sum_{t=1}^6 4 C_t \quad (8)$$

d) Identificación de restricciones

Las restricciones que se adaptan al modelo matemático de planeación agregada son las siguientes:

- 1. Restricciones de fuerza de trabajo, contratación y despido:** se refiere al tamaño de la fuerza laboral o al número de trabajadores que operan en planta. (Chopra, 2008)

$$W_t = W_{t-1} + H_t - L_t \quad (9)$$

Con condiciones iniciales:

$$W_0 = 9 \text{ personas que trabajan en la planta productiva}$$

2. **Restricciones de capacidad:** En cada periodo, la cantidad producida no puede ser superior a la capacidad disponible. (Chopra, 2008)

Para esta restricción el jefe de producción de la empresa PROALVA determinó que las horas de mano de obra requeridas es de 0,1/unidad. Además, la planta productiva tiene 30 días hábiles en cada mes.

$$P_t \leq 2400 * W_t + \frac{O_t}{0,1} \quad (10)$$

3. **Restricciones de balance de inventario:** balancea el inventario al final de cada periodo. (Chopra, 2008), el inventario al final de cada mes está determinado, a través de la siguiente fórmula.

$$I_{t-1} + P_t + C_t = D_t + S_{t-1} + I_t - S_t \quad (11)$$

4. **Restricciones sobre el límite de tiempo extra:** la empresa trata de elaborar todos los productos durante la jornada laboral diaria, por lo que no tienen muchas horas extra mensualmente. En este caso el límite máximo de horas extra diarias es de 2 horas y al mes 16 horas.

$$O_t \leq 16 * W_t \quad (12)$$

$$O_t - 16 * W_t \leq 0 \quad (13)$$

e) Ejecución del modelo en un software de optimización

El modelo de planeación agregada se ejecutó en Excel aplicando Solver, ya que es una herramienta que se puede aplicar en cualquier momento y no requiere de licencias ni de costos adicionales para su aplicación.

Para adaptar el modelo matemático al caso de estudio de la empresa PROALVA, fue necesario recolectar información de las diferentes áreas como costos, producción, talento humano, ventas. Estos datos sirvieron como línea base para luego definir la función

objetivo y las restricciones. Al momento de tener claro lo que se va a resolver fue necesario hacer una plantilla en Excel, para luego resolverlo con la herramienta Solver. En la **Figura 16**, se presenta la plantilla del modelo en Excel que contiene las variables de decisión, restricciones, parámetros y la función objetivo.

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN PARA EL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA DE FRUTA CONGELADA

Variables de decisión del plan agregado de producción										Restricciones de planeación				
Periodo	Ht Núm. de Contratistas	Lt Núm. De Despididos	Wt Puestos de trabajo	Ot Tiempo Extra	It Inventario	St Desabasto	Ct Subcontratación	Pt Producción total	Demanda	Precio	1 Puestos de trabajo	2 Capacidad de Producción	3 Inventario	4 Horas extra
0														
1											0	0	0	0
2											0	0	0	0
3											0	0	0	0
4											0	0	0	0
5											0	0	0	0
6											0	0	0	0

Periodo	Costo de contratación y formación trabajador	Costo de despido/trabajador	Costo de tiempo regular/hora	Costo de horas extras/hora	Costo de costo mínimo de inventario (unidad/mes)	Costo marginal de desabastecimiento (unidad/mes)	Costo marginal de subcontratación/unidad	Costo de mano de obra/unidad
1								
2								
3								
4								
5								
6								

Item	Costo
Costo de material/unidad	
Costo de mantenimiento de inventario/unidad/mes	
Costo marginal de desabastecimiento/unidad/mes	
Costo de contratación y formación trabajador	
Costo de despido/trabajador	
Horas de mano de obra regular/unidad	
Costo de tiempo regular/hora	
Costo de horas extras/hora	
Costo marginal de subcontratación/unidad	

FUNCIÓN OBJETIVO MINIMIZAR LOS COSTOS	
Costo Total =	\$ -
Ingreso Total =	\$ -
Utilidad o ganancia =	\$ -

Figura 16: Plantilla del modelo de planeación agregada en Excel

Fuente: Elaboración propia

- **Modelo de planeación agregada para pulpa de fruta congelada de 1 kg**

A continuación, en la **Figura 17**, se representa el modelo de planeación agregada para la pulpa de fruta congelada de 1 kg con la herramienta Solver de Excel.

Variables de decisión del plan agregado de producción											Restricciones de planeación				
Periodo	Ht Núm. de Contratistas	Lt Núm. De Despidos	Wt Puestos de trabajo	Ot Tiempo Extra	It Inventario	St Desabasto	Ct Subcontratación	Pt Producción total	Demanda	Precio por kg	1 Puestos de trabajo	2 Capacidad de Producción	3 Inventario	4 Horas extra	
0	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
1	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
2	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
3	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
4	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
5	0	0	9	0	0	0	0	0	21932	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0
6	0	0	9	0	500	0	0	0	22432	21931,88	\$ 3,00	0	21600	0	0

Periodo	Costo de contratación y formación trabajador	Costo de despido/trabajador	Costo de tiempo regular/hora	Costo de horas extras/hora	Costo de costo mínimo de inventario (unidad/mes)	Costo marginal de desabastecimiento (unidad/mes)	Costo marginal de subcontratación/unidad	Costo de mano de obra/unidad
1	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42.086,48
2	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42.086,48
3	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42.086,48
4	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42.086,48
5	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 42.086,48
6	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ 990,00	\$ -	\$ -	\$ 43.066,48

FUNCIÓN OBJETIVO MINIMIZAR LOS COSTOS	
Costo Total =	\$ 291.289,91
Ingreso Total =	\$ 394.773,84
Utilidad o ganancia =	\$ 103.483,93

Item	Costo
Costo de material/unidad	\$ 1,96
Costo de mantenimiento de inventario/unidad/mes	\$ 1,18
Costo marginal de desabastecimiento/unidad/mes	\$ 3,33
Costo de contratación y formación trabajador	\$ 666,62
Costo de despido/trabajador	\$ 866,62
Horas de mano de obra regular/unidad	0,1
Costo de tiempo regular/hora	\$ 2,50
Costo de horas extras/hora	\$ 5,00
Costo marginal de subcontratación/unidad	\$ 4,00

Figura 17: Modelo de planeación agregada para pulpa de fruta congelada de 1 kg

Fuente: Elaboración propia

- **Modelo de planeación agregada para pulpa de fruta congelada de 100 g**

A continuación, en la **Figura 18**, se representa el modelo de planeación agregada para la pulpa de fruta congelada de 100 g con la herramienta de Solver Excel.

Variables de decisión del plan agregado de producción										
Periodo	Ia	Ia	Wa	Oa	Is	Os	Oa	Ps	Pr	Pr
	Num. de Contratados	Num. de Despedidos	Formas de trabajo	Temporales	Operarios	Jefes de producción	Subcontratación	Producción total	Producción Demandada	Producción de 100g
0	0	0	9	0	0	0	0	41147	41147	\$ 1,85
1	0	0	9	0	0	0	0	49125	49125	\$ 1,85
2	0	0	9	0	0	0	0	45103	45103	\$ 1,85
3	0	0	9	0	0	0	0	47081	47081	\$ 1,85
4	0	0	9	0	0	0	0	49059	49059	\$ 1,85
5	0	0	9	0	500	0	0	51536	51636	\$ 1,85
6	0	0	9	0	0	0	0			

Restricciones de planeación			
1	2	3	4
Formas de trabajo	Capacidad Productiva	Inventarios	Horas extra
0	21600	0	0
0	21600	0	0
0	21600	0	0
0	21600	0	0
0	21600	0	0
0	21600	0	0

Costos del plan agregado									
Periodo	Costo de contratación (por mano de obra)	Costo de despido (por mano de obra)	Costo de tiempo regular (hora)	Costo de horas extra (hora)	Costo de mano de obra de inventario (unidad/mes)	Costo marginal de los inventarios (unidad/mes)	Costo marginal de subcontratación (unidad)	Costo marginal de subcontratación (unidad)	Costo de mano de obra (unidad)
1	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 20.576,62
2	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 21.562,54
3	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 22.351,45
4	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 23.540,39
5	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 24.929,31
6	\$ -	\$ -	\$ 5.400,00	\$ -	\$ 590,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 25.768,23

Item			Costo 100 g	Costo 1kg
Costo de materia/unidad			\$ 0,50	\$ 5,00
Costo de mantenimiento de inventario/unidad/mes			\$ 1,18	\$ 1,18
Costo marginal de subcontratación (unidad/mes)			\$ 2,00	\$ 3,83
Costo de contratación y formación/trabajador			\$ 666,62	\$ 666,62
Costo de despido/trabajador			\$ 666,62	\$ 666,62
Horas de mano de obra regular/unidad			0,1	0,1
Costo de tiempo regular/hora			\$ 2,50	\$ 2,50
Costo de horas extra/hora			\$ 5,00	\$ 5,00
Costo marginal de subcontratación/unidad			\$ 4,00	\$ 4,00

FUNCIÓN OBJETIVO MINIMIZAR LOS COSTOS	
Costo Total =	\$ 171.515,3
Ingreso Total =	\$ 298.378,88
Utilidad o ganancias =	\$ 118.863,58

Figura 18: Modelo de planeación agregada para pulpa de fruta congelada de 100 g

Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que los dos planes de producción presentados se diferencian por el nivel de pronósticos y el costo de materiales de producción para cada presentación.

2.8.3. Paso 3: Diseño de métodos tradicionales de planeación agregada de producción

- Plan 1: Producción exacta y mano de obra variable

Para el desarrollo de el plan de producción con producción exacta y mano de obra variable, se consideró empezar con 9 trabajadores (7 operarios, 1 jefe de producción y 1 jefe de control de calidad), la producción exacta hace referencia al requerimiento de producción idéntico al pronóstico de la demanda. Además, se consideró contratar y despedir operarios para ver la variación y los costos que incurren al realizar estas acciones. En la **Tabla 21** se identifica un plan para la pulpa de 1 kg y en la **Tabla 22** para la pulpa de 100 g.

Los planes se diferencian en los pronósticos y en el costo de los materiales para la producción de cada pulpa.

Tabla 21: PLAN 1: Producción exacta y mano de obra variable para pulpa de 1 kg

PULPA DE 1KG								
PLAN 1: PRODUCCIÓN EXACTA Y MANO DE OBRA VARIABLE								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción disponibles	horas	2160	2640	1920	2160	2160	1680	12720
Horas de producción requeridas	horas	2193	2193	2193	2193	2193	2193	13159
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico de la demanda	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Requerimiento de producción	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Inventario inicial	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Trajadores	personas	9	11	8	9	9	7	53
Trabajadores contratados	personas	0	2	0	1	0	0	3
Trabajadores despedidos	personas	0	0	3	0	0	2	5
Costo de contratación	\$	\$ -	\$ 1.333	\$ -	\$ 667	\$ -	\$ -	\$ 1.999,86
Costo de despido	\$	\$ -	\$ -	\$ 2.600	\$ -	\$ -	\$ 1.733	\$ 4.333,10
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 6.600	\$ 4.800	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 4.200	\$ 31.800,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 257.920,32
COSTO TOTALES	\$	\$ 48.387	\$ 50.920	\$ 50.387	\$ 49.053	\$ 48.387	\$ 48.920	\$ 296.053,28

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22: PLAN 1: Producción exacta y mano de obra variable para pulpa de 100 g

PULPA DE 100G								
PLAN 1: PRODUCCIÓN EXACTA Y MANO DE OBRA VARIABLE								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción disponibles	horas	2160	2640	1920	2160	2160	1680	12720
Horas de producción requeridas	horas	4115	4313	4510	4708	4906	5104	27655
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico de la demanda	unidades	41147	43125	45103	47081	49059	51036	276551,05
Requerimiento de producción	unidades	41147,2	43125,1	45102,9	47080,8	49058,6	51036,5	276551,05
Inventario inicial	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Trajadores	personas	9	11	8	9	9	7	53
Trabajadores contratados	personas	0	2	0	1	0	0	3
Trabajadores despedidos	personas	0	0	3	0	0	2	5
Costo de contratación	\$	\$ -	\$ 1.333	\$ -	\$ 667	\$ -	\$ -	\$ 1.999,86
Costo de despido	\$	\$ -	\$ -	\$ 2.600	\$ -	\$ -	\$ 1.733	\$ 4.333,10
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 6.600	\$ 4.800	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 4.200	\$ 31.800,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 20.574	\$ 21.563	\$ 22.551	\$ 23.540	\$ 24.529	\$ 25.518	\$ 138.275,53
COSTO TOTALES	\$	\$ 25.974	\$ 29.496	\$ 29.951	\$ 29.607	\$ 29.929	\$ 31.451	\$ 176.408,49

Fuente: Elaboración propia

- **Plan 2: mano de obra constante e inventario variable**

Para el desarrollo de el plan de producción de mano de obra constante e inventario variable, se consideró 9 trabajadores (7 operarios, 1 jefe de producción y 1 jefe de control de calidad), el inventario va variando, dependiendo del mes anterior y cuantos productos quedan en los cuartos fríos. Cabe destacar que la vida útil de la pulpa de fruta es de 6

meses y se tiene que rotar el inventario de producto final lo más rápido posible. En la **Tabla 23** se identifica un plan para la pulpa de 1 kg y en la **Tabla 24** para la pulpa de 100 g.

Tabla 23: PLAN 2: Mano de obra constante e inventario variable para pulpa de 1 kg

PULPA DE 1KG								
PLAN 2: MANO DE OBRA CONSTANTE E INVENTARIO VARIABLE								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción disponibles	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico de la demanda	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Requerimiento de producción	unidades	21932	22264	22596	22928	23260	23592	136572
Producción real	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial	unidades	0	-332	-664	-996	-1328	-1660	-4980
Inventario final	unidades	-332	-664	-996	-1328	-1660	-1992	-6972
Trabajadores	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez faltantes	unidades	332	664	996	1328	1660	1992	6972
Unidades subcontratadas	unidades	332	664	996	1328	1660	1992	6972
Unidades producidas tiempo extra	unidades	332	664	996	1328	1660	1992	6972
Costo falta de inventario o escasez	\$	\$ 1.272	\$ 2.543	\$ 3.815	\$ 5.086	\$ 6.358	\$ 7.629	\$ 26.702,76
Costos de inventario	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de subcontratación	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo extra	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 42.987	\$ 43.637	\$ 44.288	\$ 44.939	\$ 45.590	\$ 46.240	\$ -
COSTO TOTALES	\$	\$ 49.658	\$ 51.581	\$ 53.503	\$ 55.425	\$ 57.347	\$ 59.270	\$ 326.783,88

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: PLAN 2: Mano de obra constante e inventario variable para pulpa de 100 g

PULPA DE 100G								
PLAN 2: MANO DE OBRA CONSTANTE E INVENTARIO VARIABLE								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción disponibles	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico de la demanda	unidades	41147	43125	45103	47081	49059	51036	276551
Requerimiento de producción	unidades	41147	62672	86175	111656	139115	168551	609316
Producción real	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial	unidades	0	-19547	-41072	-64575	-90056	-117515	-332765
Inventario final	unidades	-19547	-41072	-64575	-90056	-117515	-146951	-479716
Trabajadores	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez faltantes	unidades	19547	41072	64575	90056	117515	146951	479716,42
Unidades subcontratadas	unidades	19547	41072	64575	90056	117515	146951	479716,42
Unidades producidas tiempo extra	unidades	19547	41072	64575	90056	117515	146951	479716,42
Costo falta de inventario o escasez	\$	\$ 39.094	\$ 82.145	\$ 129.150	\$ 180.112	\$ 235.029	\$ 293.902	\$ 959.432,84
Costos de inventario	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo de subcontratación	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo extra	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 20.574	\$ 31.336	\$ 43.088	\$ 55.828	\$ 69.557	\$ 84.276	\$ -
COSTO TOTALES	\$	\$ 65.068	\$ 118.881	\$ 177.638	\$ 241.340	\$ 309.987	\$ 383.578	\$ 1.296.491,05

Fuente: Elaboración propia

- **Plan 3: mano de obra constante con subcontratación**

Para el desarrollo del plan de producción mano de obra constante con subcontratación, se consideró 9 trabajadores (7 operarios, 1 jefe de producción y 1 jefe de control de calidad), la subcontratación va variando de acuerdo con la producción real con los requerimientos de producción. Cabe destacar que la empresa no incurriría en subcontratación, debido a que tiene la suficiente capacidad instalada en planta para abastecer sus necesidades, pero no podemos descartar esta opción. En la **Tabla 25** se identifica un plan para la pulpa de 1 kg y en la **Tabla 26** para la pulpa de 100 g.

Tabla 25: PLAN 3: Mano de obra constante con subcontratación para pulpa de 1 kg

PULPA DE 1KG								
PLAN 3: MANO DE OBRA CONSTANTE CON SUBCONTRATACIÓN								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción requeridas	horas	2193	2193	2193	2193	2193	2193	13159,2
Horas de producción disponibles	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Requerimiento de producción	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Producción real	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario de seguridad	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades subcontratadas	unidades	332	332	332	332	332	332	1992
Unidades producidas tiempo extra	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Costo falta de inventario	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costos de inventario	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costo de subcontratación	\$	\$ 1.328	\$ 1.328	\$ 1.328	\$ 1.328	\$ 1.328	\$ 1.328	\$ 7.968,00
Costo del tiempo extra	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 42.987	\$ 257.920,32
COSTO TOTALES	\$	\$ 49.715	\$ 49.715	\$ 49.715	\$ 49.715	\$ 49.715	\$ 49.715	\$ 298.288,32

* Requerimiento de producción mínimo. El número de trabajadores requeridos es $(12960)/(180 \times 8) = 9$.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: PLAN 3: Mano de obra constante con subcontratación para pulpa de 100 g

PULPA DE 100G								
PLAN 3: MANO DE OBRA CONSTANTE CON SUBCONTRATACIÓN								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción requeridas	horas	4115	4313	4510	4708	4906	5104	27655,105
Horas de producción disponibles	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pronóstico	unidades	41147,24	43125,08	45102,9	47080,77	49058,61	51036,45	276551,05
Requerimiento de producción	unidades	41147,24	43125,08	45102,9	47080,77	49058,61	51036,45	276551,05
Producción real	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario de seguridad	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades subcontratadas	unidades	19547,24	21525,08	23502,9	25480,77	27458,61	29436,45	146951,05
Unidades producidas tiempo extra	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Costo falta de inventario	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costos de inventario	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costo de subcontratación	\$	\$ 78.189	\$ 86.100	\$ 94.012	\$ 101.923	\$ 109.834	\$ 117.746	\$ 587.804,20
Costo del tiempo extra	\$	\$ -	\$ -			\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo regular	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 20.574	\$ 21.563	\$ 22.551	\$ 23.540	\$ 24.529	\$ 25.518	\$ 138.275,53
COSTO TOTALES		\$ 104.163	\$ 113.063	\$ 121.963	\$ 130.863	\$ 139.764	\$ 148.664	\$ 758.479,73

* Requerimiento de producción mínimo. El número de trabajadores requeridos es $(12960)/(180 \times 8) = 9$.

Fuente: Elaboración propia

- **Plan 4: mano de obra constante con tiempo extra**

Para el desarrollo de el plan de producción mano de obra constante con tiempo extra, se consideró 9 trabajadores (7 operarios, 1 jefe de producción y 1 jefe de control de calidad), el tiempo extra va variando de acuerdo con la escasez de unidades de la producción real con los requerimientos de producción. Cabe destacar que la empresa no incurriría en costos de tiempo extra, por eso su propietaria mencionó que producen todo en la jornada laboral y no ocupan más horas para no incurrir en costos. En la **Tabla 27** se identifica un plan para la pulpa de 1 kg y en la **Tabla 28** para la pulpa de 100 g.

Tabla 27: PLAN 4: Mano de obra constante con tiempo extra para pulpa de 1 kg

PULPA DE 1KG								
PLAN 4: MANO DE OBRA CONSTANTE CON TIEMPO EXTRA								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales (DL)	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción requeridas (HPR)	horas	2193,2	2226,4	2259,6	2292,8	2326	2359,2	13657,2
Horas de producción disponibles (HPD)	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir (l)	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pro nóstico de la demanda (P)	unidades	21932	21932	21932	21932	21932	21932	131592
Requerimiento de producción (RP)	unidades	21932	22264	22596	22928	23260	23592	136572
Producción real (PR)	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial (II)	unidades	0	-332	-664	-996	-1328	-1660	-4980
Inventario de seguridad (IS)	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final (IF)	unidades	-332	-664	-996	-1328	-1660	-1992	-6972
Trabajadores (T)	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados (TC)	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos (TD)	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso (UE)	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez (UZ) faltantes	unidades	-332	-664	-996	-1328	-1660	-1992	-6972
Unidades producidas tiempo extra (UPT)	unidades	332	664	996	1328	1660	1992	6972
Costo falta de inventario (CFI)	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de inventario (CEI)	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo extra (CTX)	\$	\$ 1.494	\$ 2.988	\$ 4.482	\$ 5.976	\$ 7.470	\$ 8.964	\$ 31.374,00
Costo del tiempo regular (CTR)	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 42.336	\$ 42.336	\$ 42.336	\$ 42.336	\$ 42.336	\$ 42.336	\$ 254.016,00
COSTO TOTALES	\$	\$ 49.230	\$ 50.724	\$ 52.218	\$ 53.712	\$ 55.206	\$ 56.700	\$ 317.790,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: PLAN 4: Mano de obra constante con tiempo extra para pulpa de 100 g

PULPA DE 100G								
PLAN 4: MANO DE OBRA CONSTANTE CON TIEMPO EXTRA								
DESCRIPCIÓN	Unidad	1	2	3	4	5	6	TOTALES
Días laborales (DL)	días	30	30	30	30	30	30	180
Horas de producción requeridas (HPR)	horas	4115	6267	8618	11166	13911	16855	60931,642
Horas de producción disponibles (HPD)	horas	2160	2160	2160	2160	2160	2160	12960
Horas al mes disponibles para producir (l)	horas	240	240	240	240	240	240	1440
Pro nóstico de la demanda (P)	unidades	41147,24	43125,08	45102,9	47080,77	49058,61	51036,45	276551,05
Requerimiento de producción (RP)	unidades	41147	62672	86175	111656	139115	168551	609316,42
Producción real (PR)	unidades	21600	21600	21600	21600	21600	21600	129600
Inventario inicial (II)	unidades	0	-19547	-41072	-64575	-90056	-117515	-332765,37
Inventario de seguridad (IS)	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Inventario final (IF)	unidades	-19547	-41072	-64575	-90056	-117515	-146951	-479716,42
Trabajadores (T)	personas	9	9	9	9	9	9	54
Trabajadores contratados (TC)	personas	0	0	0	0	0	0	0
Trabajadores despedidos (TD)	personas	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en exceso (UE)	unidades	0	0	0	0	0	0	0
Unidades en escasez (UZ) faltantes	unidades	-19547	-41072	-64575	-90056	-117515	-146951	-479716
Unidades producidas tiempo extra (UPT)	unidades	19547	41072	64575	90056	117515	146951	479716
Costo falta de inventario (CFI)	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costos de inventario (CEI)	\$	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Costo del tiempo extra (CTX)	\$	\$ 87.963	\$ 184.825	\$ 290.588	\$ 405.252	\$ 528.816	\$ 661.280	\$ 2.158.723,89
Costo del tiempo regular (CTR)	\$	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 5.400	\$ 32.400,00
Costo de materiales de producción	\$	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 10.800	\$ 64.800,00
COSTO TOTALES	\$	\$ 104.163	\$ 201.025	\$ 306.788	\$ 421.452	\$ 545.016	\$ 677.480	\$ 2.255.923,89

Fuente: Elaboración propia

2.8.3. Paso 4: Análisis y comparación de resultados obtenidos

En esta fase es necesario analizar los resultados arrojados por el modelo basado en la programación lineal y los resultados de modelos tradicionales para llegar a conclusiones. El desarrollo de este punto se presenta en los resultados del trabajo, en donde se analiza e interpreta mediante gráficos y valores las diferentes posibilidades que muestra la investigación para buscar mejoras significativas.

2.9 Método para la mejora del proceso productivo de la elaboración de pulpa de maracuyá

A continuación, en la **Figura 19**, se presenta el método con los pasos que se va a seguir para conseguir la mejora del proceso de fabricación de pulpa de maracuyá.

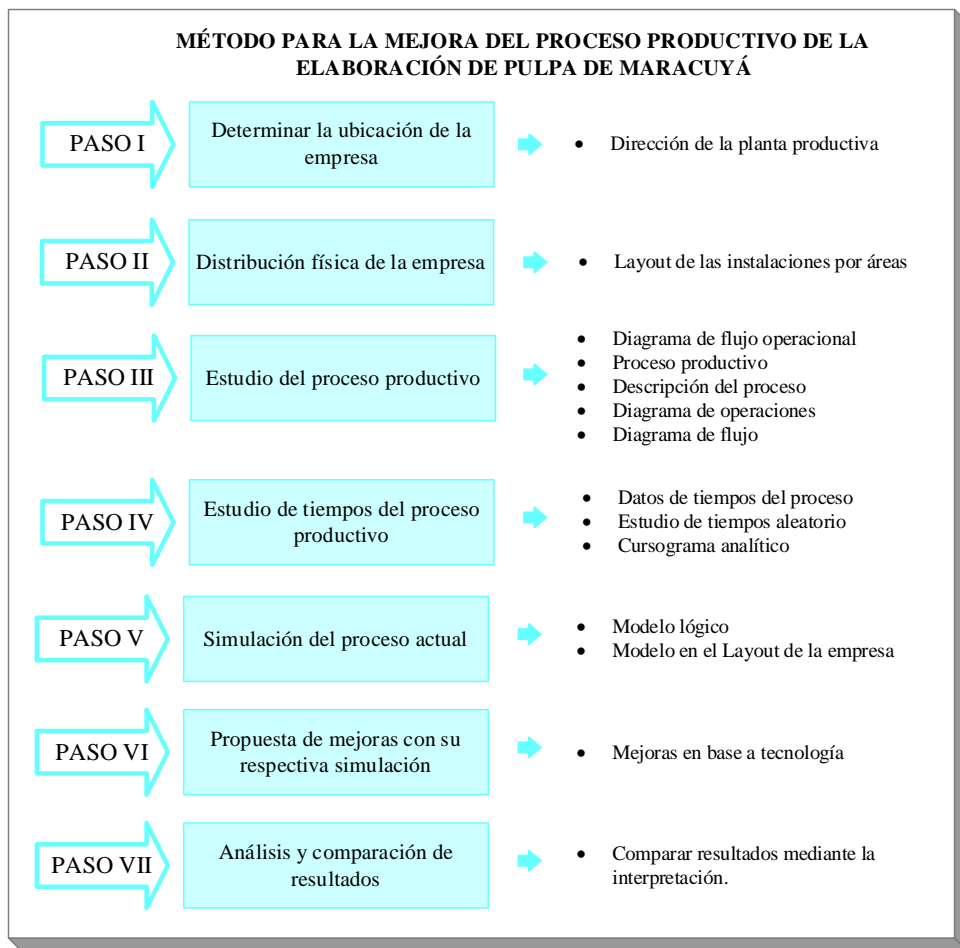


Figura 19: Método para la mejora del proceso productivo de elaboración de pulpa congelada

Fuente: Elaboración propia

2.9.1. Paso 1: Ubicación de la empresa

PROALVA se encuentra localizada en la zona Industrial de Carcelén en Quito, sus instalaciones comprenden la planta de producción y las oficinas administrativas.

Dirección: Mariano Cardenal N73-117, Quito 170515

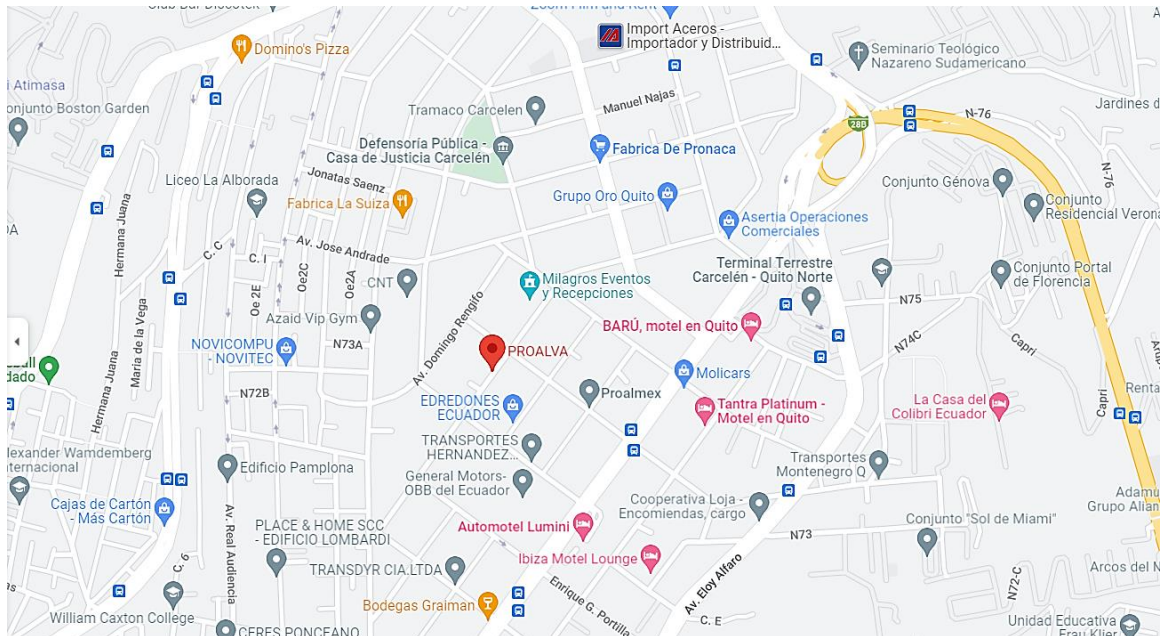


Figura 20: Ubicación geográfica de la empresa PROALVA

Fuente: (Google, s.f.)

2.9.2. Paso 2: Distribución física de la empresa

La distribución actual de la empresa PROALVA se presenta en las siguientes figuras **Figura 21** y **Figura 22**, en donde se puede observar la distribución por áreas, como: área de máquinas, área de mantenimiento, áreas de producción, área de empaque, área administrativa, área de congelación y despacho, área de vestidores, área de control y calidad, área de recepción y pesaje de materia prima, área de desechos y el área de comedor.

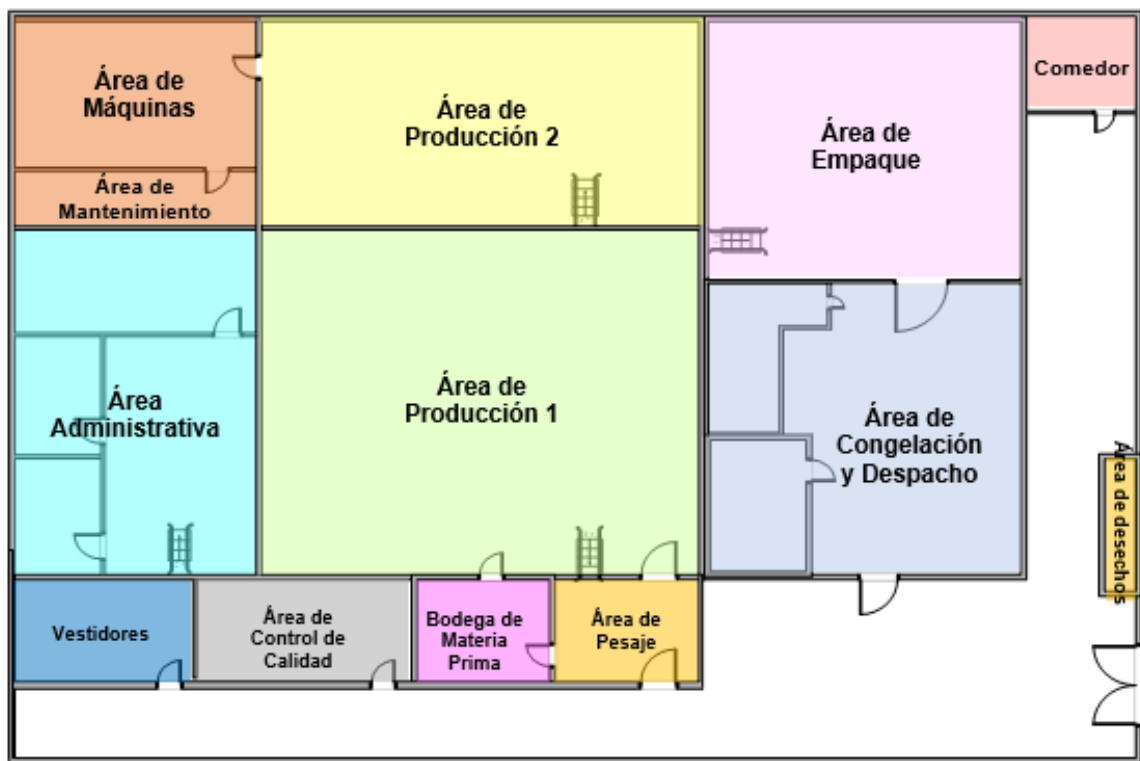


Figura 21: Distribución física de las instalaciones de la empresa PROALVA

Fuente: Elaboración propia

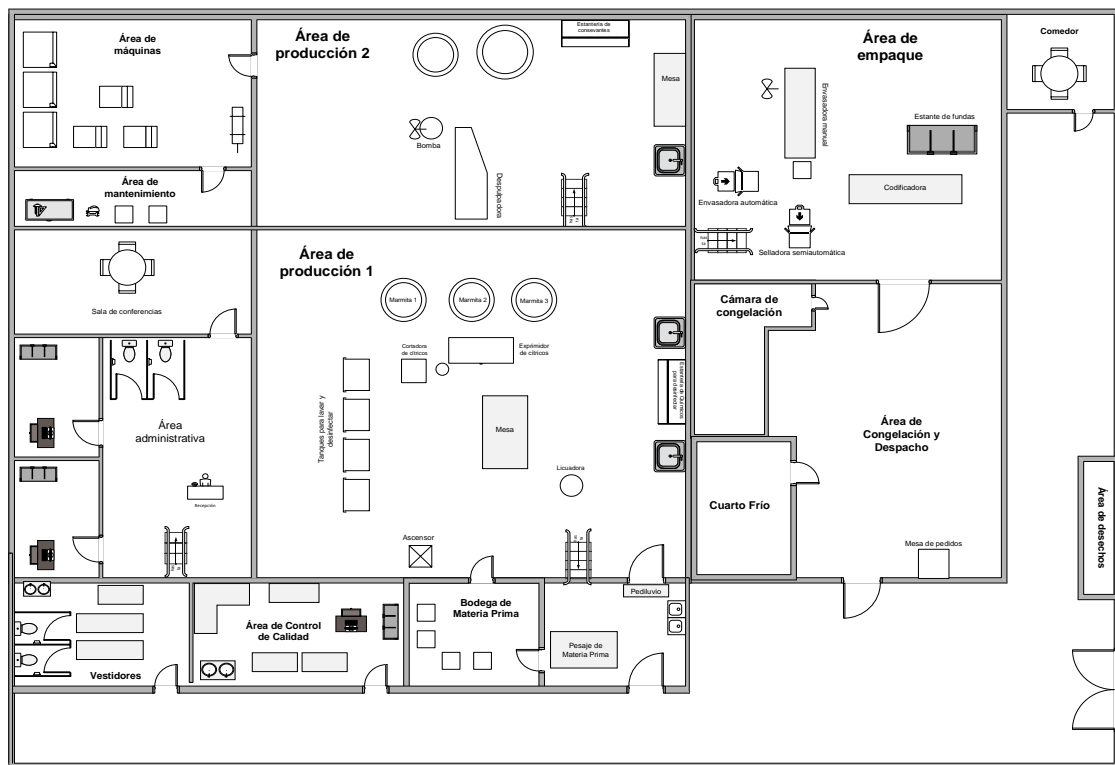


Figura 22: Distribución física detallada de las instalaciones de la empresa PROALVA

Fuente: Elaboración propia

2.9.3. Paso 3: Estudio del proceso productivo

2.9.3.1. Diagrama de Flujo Operacional

El diagrama de flujo operacional describe de manera gráfica las actividades que se desarrollan en un proceso productivo. A continuación, se presentan las interacciones que existen entre las diferentes áreas de la empresa PROALVA.

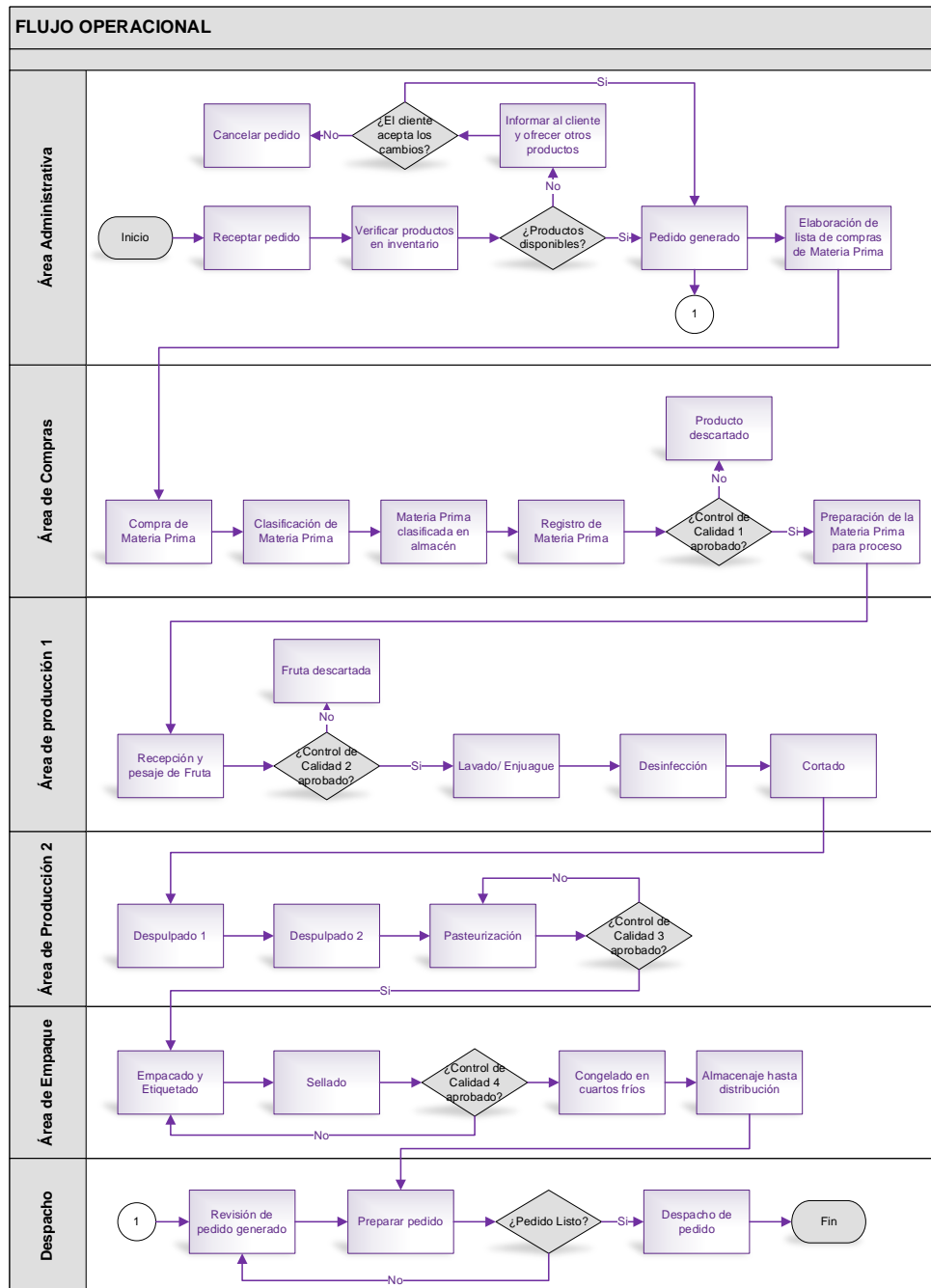


Figura 23: Diagrama de Flujo Operacional de la empresa PROALVA

Fuente: Elaboración propia

2.9.3.2. Proceso Productivo

Actualmente, la fábrica del sector efectúa una serie de tareas necesarias que se llevan a cabo para transformar materia prima (fruta) en productos transformados y empacados, listos para su distribución final.

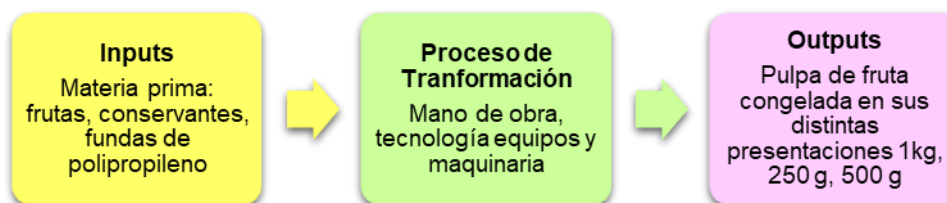


Figura 24: Proceso Productivo

Fuente: Elaboración propia

Para identificar la información necesaria, se visitó la empresa PROALVA, con el fin de recopilar datos relacionados a las actividades de flujo operacional. En este caso se estudió el proceso de fabricación de una fruta en particular, la pulpa de maracuyá debido a que el jefe de producción asegura que se necesita mejorar este proceso productivo.

2.9.3.3. Descripción del proceso productivo

El proceso productivo de fabricación de pulpa de fruta congelada de maracuyá tiene como objetivo asegurar la producción óptima, inocua y normalizada para garantizar la satisfacción de los clientes. Para lograr el objetivo todos los procesos productivos son monitoreados y controlados bajo los parámetros de operación y las políticas de la empresa PROALVA.

Los responsables del proceso productivo son:

- **Jefe de Producción:** encargado de capacitar a todo el personal operativo en el manejo de maquinaria y acciones en caso de que existan problemas durante la producción, realizando un monitoreo exhaustivo en cada actividad.
- **Operarios de Producción:** encargados de procesar el producto respetando todos los parámetros establecidos.

Es importante destacar que la materia prima que se recibe en la planta productiva cumple con un proceso de calificación y evaluación según parámetros y estándares de calidad establecidos por la empresa. Observe el **(ANEXO V)**

2.9.3.3. Diagrama de Operaciones

A continuación, se presenta el diagrama de operaciones para la elaboración de pulpa de maracuyá congelada.

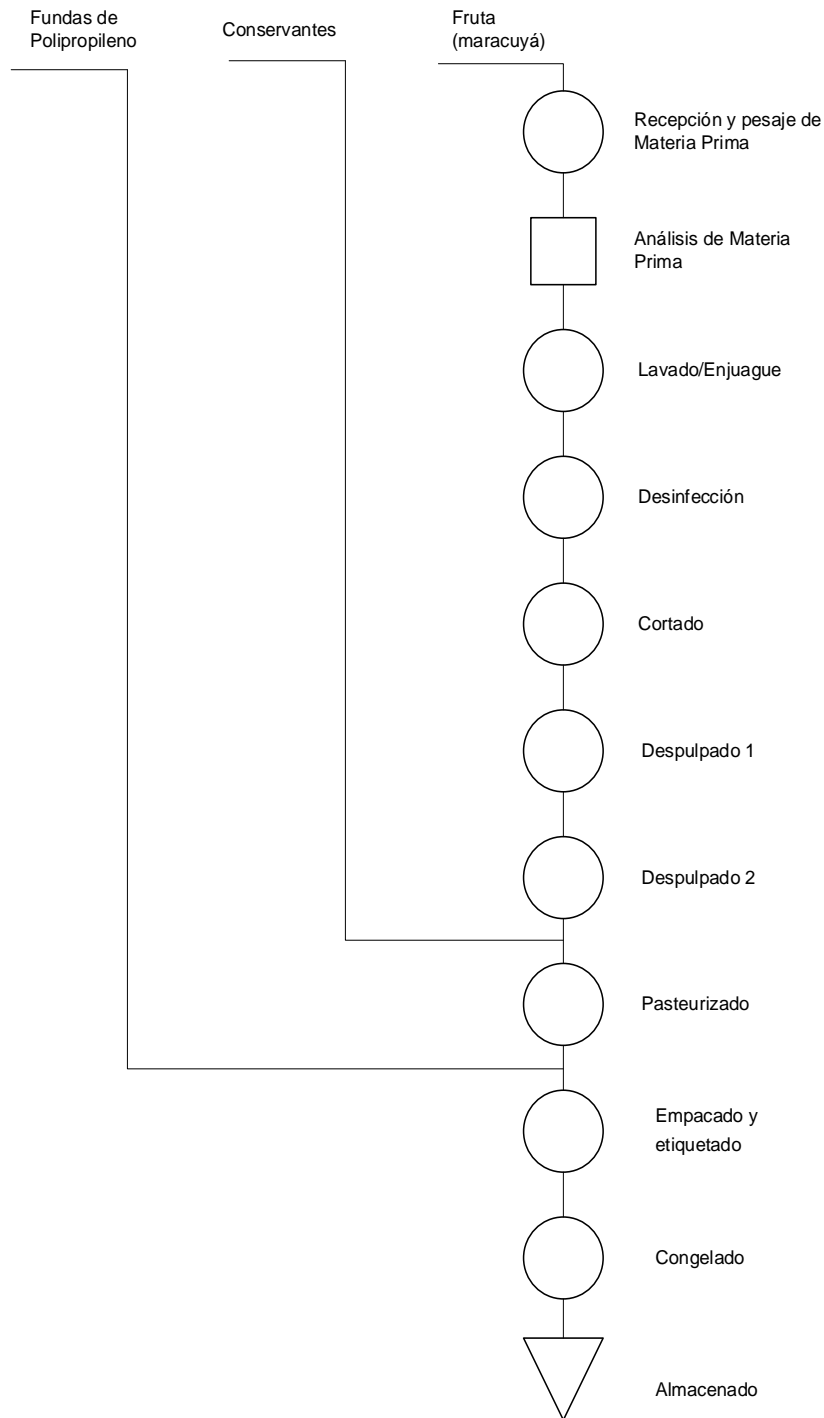


Figura 25: Diagrama de operaciones para la elaboración de pulpa de maracuyá congelada

Fuente: Elaboración propia

2.9.3.4. Diagrama de flujo

A continuación, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de maracuyá congelada.

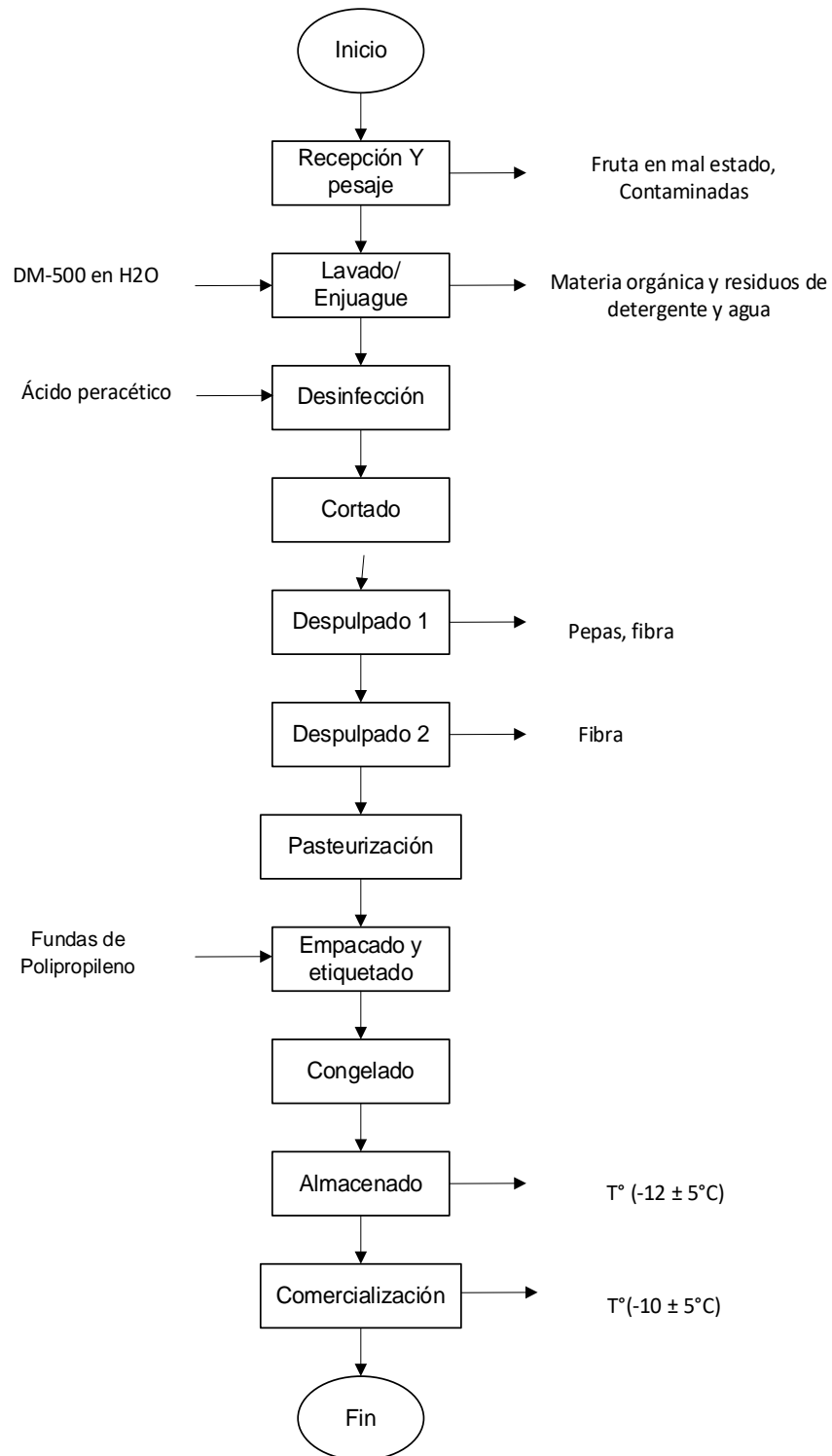


Figura 26: Diagrama de flujo para la elaboración de pulpa de maracuyá congelada

Fuente: Elaboración propia

2.9.4. Paso 4: Estudio de tiempos del proceso productivo

2.9.4.1. Tiempos del proceso productivo de la empresa

Al no existir registros de los tiempos de cada una de las actividades, se procedió a entrevistar a las personas que llevan a cabo los procesos, para posteriormente constatar la información con el jefe de producción y verificar que sean correctos. Se utilizó la distribución triangular para estimar los tiempos de cada actividad. Los tiempos de cada actividad se presenta en la siguiente **Tabla 29**:

Tabla 29: Tiempos de actividades del proceso de elaboración de pulpa de maracuyá

Proceso de Elaboración de pulpa de maracuyá				
Tiempos (minutos)				
N°	ACTIVIDAD	Mínimo	Promedio	Máximo
1	Recepción y pesaje de materia prima	75	90	120
2	Traslado de maracuyá por medio del ascensor hasta el equipo de lavado	15	20	30
3	Lavado/enjuague de maracuyá	120	180	200
4	Desinfección de maracuyá	45	60	90
5	Transporte de maracuyá hasta la cortadora de cítricos	15	20	30
6	Cortado de maracuyá	140	180	200
7	Pulpeado 1	120	180	200
8	Pulpeado 2	60	90	100
9	Transporte por tuberías a marmita utilizando una bomba	8	10	15
10	Homogenización / pasteurización en marmita	20	25	35
11	Transporte por tuberías a envasadora semiautomática y automática	7	10	15
12	Envasado semiautomático en fundas 1kg de polipropileno	40	60	100
13	Envasado en máquina automática en fundas 100 g de polipropileno	30	40	60
14	Sellado en selladora semiautomática	15	20	30
15	Transporte de pulpa de maracuyá utilizando canastas	10	15	20
16	Congelado	600	720	900

Fuente: Elaboración propia

2.9.4.3. Estudio de tiempos aleatorios

Después de analizar los tiempos de fabricación de pulpa de maracuyá congelada, se pudo determinar que varían dentro de un rango de mínimo, máximo y el más probable. Por esta razón, fue preciso realizar una técnica en base a números aleatorios con distribución triangular que se encuentren dentro del rango mencionado para determinar el tiempo en que se desarrolla cada actividad del proceso. El estudio de tiempos completo se puede observar en el **(ANEXO III)**

En la **Figura 27** se puede observar una plantilla que se diseñó para el estudio de tiempos aleatorios, conformada por: los datos del proceso en cuestión, la descripción de actividades, el elemento, el nombre del operario, las n observaciones de tiempos y el tiempo observado.

PROALVA PRO lv	Departamento	Nombre del producto	Orden N°	1	Código	REG-EST-001									
	PRODUCCIÓN	Pulpa de maracuyá	Centro de costo		Fecha	21/7/2022									
	Número del estudio	Código del producto	Cliente		Elaborado por	Analista de Procesos									
	1	K15012	N° Página	1	Aprobado por	Gerencia de Producción									
N°	Elemento	Descripción de la actividad	Nombre del Operario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...n	Tiempo observado
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
															0,000

Figura 27: Plantilla de estudio de tiempos






Fuente: Elaboración propia

2.9.4.4. Cursograma analítico

Un cursograma analítico presenta las tareas específicas que se realizan en el proceso productivo, las acciones que presenta el diagrama son: operación, transporte, inspección, espera y almacenamiento; mostrando toda la trayectoria que sigue el producto e incluye los tiempos y distancia recorrida de cada actividad.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA CONGELADA DE MARACUYÁ

Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°: 1

Proceso: Elaboración de pulpa congelada de maracuyá		RESUMEN				
Fecha: 21/07/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia: 9:00 AM			Operación	11		0%
Método: Actual: X Propuesto: ____			Transporte	5		0%
Producto: Pulpa congelada de maracuyá			Inspección	1		0%
Nombre del operario: 7 Operarios y Jefa de Producción			Espera	0		0%
Elaborado por: Daniela Chango			Almacenaje	1		0%
		Total de Actividades realizadas		18		0%
		Distancia total en metros		6		0%






NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Minutos	SÍMBOLOS PROCESOS					
										
1	Recepción y pesaje de maracuyá			90	●					
2	Traslado de maracuyá por medio del ascensor hasta el equipo de lavado		2,0	20		●				
3	Lavado y enjuague de maracuyá			180	●					
4	Desinfectado de maracuyá			60	●					
5	Transporte de maracuyá hasta la cortadora de cítricos		2,0	20		●				
6	Cortado de maracuyá			180	●					
7	Pulpeado 1 de maracuyá en despulpadora			180	●					
8	Pulpeado 2 o refinado de pulpa de maracuyá			90	●					
9	Transporte por tuberías a marmita utilizando una bomba		2,0	10		●				
10	Homogenización / pasteurización en marmita			25	●					
11	Transporte por tuberías a envasadora semiautomática y automática			10		●				
12	Envasado semiautomático en fundas 1kg de polipropileno			60	●					
13	Envasado en máquina automática en fundas 100 g de polipropileno			40	●					
14	Sellado en selladora semiautomática			20	●					
13	Transporte de la pulpa de maracuyá utilizando canastas			15		●				
14	Congelación en cámara de congelado			720	●					
15	Almacenamiento final en cuarto frío hasta el despacho del producto								●	
			m	6,0						min





Figura 28: Cursograma analítico del proceso de elaboración de pulpa congelada de maracuyá en base a tiempos empíricos

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 28**, representa los tiempos más usuales de cada actividad emitida por el jefe de producción, dando un total de 1000 minutos sin tomar en cuenta el tiempo de congelación del producto final de 720 minutos y el tiempo de almacenamiento en los cuartos fríos hasta su distribución.

CURSOGRAMA ANALÍTICO DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DE PULPA CONGELADA DE MARACUYÁ

Hoja N° 1 De: 1 Diagrama N°: 2

Proceso: Elaboración de pulpa congelada de maracuyá		RESUMEN				
Fecha: 21/07/2022		SÍMBOLO	ACTIVIDAD	Act.	Pro.	Econ.
El estudio Inicia: 9:00 AM			Operación	11		0%
Método: Actual: X Propuesto: _____			Transporte	5		0%
Producto: Pulpa congelada de maracuyá			Inspección	1		0%
Nombre del operario: 7 Operarios y Jefa de Producción			Espera	0		0%
Elaborado por: Daniela Chango			Almacenaje	1		0%
		Total de Actividades realizadas		18		0%
		Distancia total en metros		6		0%





NUMERO	DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	Cantidad	Distancia metros	Tiempo Minutos	SÍMBOLOS PROCESOS				
									
1	Recepción y pesaje de maracuyá			97,471	●				
2	Traslado de maracuyá por medio del ascensor hasta el equipo de lavado		2,0	24,919		●			
3	Lavado y enjuague de maracuyá			166,466	●				
4	Desinfectado de maracuyá			65,557	●				
5	Transporte de maracuyá hasta la cortadora de cítricos		2,0	24,314		●			
6	Cortado de maracuyá			173,367	●				
7	Pulpeado 1 de maracuyá en despulpadora			169,595	●				
8	Pulpeado 2 o refinado de pulpa de maracuyá			80,386	●				
9	Transporte por tuberías a marmita utilizando una bomba		2,0	10,848		●			
10	Homogenización / pasteurización en marmita			29,001	●				
11	Transporte por tuberías a envasadora semiautomática y automática			11,518		●			
12	Envasado semiautomático en fundas 1kg de polipropileno			68,946	●				
13	Envasado en máquina automática en fundas 100 g de polipropileno			42,389	●				
14	Sellado en selladora semiautomática			22,172	●				
15	Transporte de la pulpa de maracuyá utilizando canastas			16,237		●			
16	Congelación en cámara de congelado			740,871	●				
17	Almacenamiento final en cuarto frío hasta el despacho del producto								●
		m	6,0	1.744,1	min				

Figura 29: Cursograma analítico del proceso de elaboración de pulpa congelada de maracuyá en base a tiempos aleatorios del estudio de tiempos

Fuente: Elaboración propia

La **Figura 29**, representa los tiempos obtenidos después de hacer el análisis aleatorio de cada actividad en el rango de máximo, mínimo y más probable emitido por el jefe de producción, dando un total de 1003,185 minutos sin tomar en cuenta el tiempo de congelación del producto final de 740,87 minutos y el tiempo de almacenamiento en los cuartos fríos hasta su distribución.

2.9.5. Paso 5: Simulación de la Situación Actual de la empresa

2.9.5.1. Validación y verificación del modelo actual

En esta fase se realizó una validación con expertos, mediante la consulta al jefe de producción y propietario de la empresa PROALVA y responsable del proceso productivo, (ANEXO VII).

Los datos que se obtuvieron de la organización fueron los siguientes:

Tabla 30: Producción de pulpa de maracuyá de 1 kg

PRESENTACIÓN	UNIDADES
PULPA MARACUYA 1 KG	623,00
PULPA MARACUYA 1 KG	300,00
PULPA MARACUYA 1 KG	719,00
PULPA MARACUYA 1 KG	366,00
PROMEDIO	502,00

Fuente: Elaboración propia basada en datos de la empresa

Tabla 31: Producción de pulpa de maracuyá de 1 kg

PRESENTACIÓN	UNIDADES
PULPA MARACUYA 100 G	1.052,00
PULPA MARACUYA 100G	1.464,00
PULPA MARACUYA 100G	1.620,00
PULPA MARACUYA 100G	788,00
PROMEDIO	1.231,00

Fuente: Elaboración propia basada en datos de la empresa

Tabla 32: Capacidad de máquinas

CAPACIDAD MAQUINAS	
MARMITA	640 Kg.
TANQUE PARA LAVADO	1000 litros
DESPULPADOR 1	700 kg/h
DESPULPADOR 2	500 kg/h
TANQUE ENVASADO	600 kg.
ENVASADORA	25 kg/min
SELLADORA	15 fundas/ min
TUNEL DE CONGELAMIENTO	1000 kg/ 24h

Fuente: Elaboración propia basada en datos de la empresa

En la **Tabla 30**, se tomaron aleatoriamente datos de producción de pulpa de maracuyá de 1kg y se hizo un promedio con el objetivo de generalizar una cifra que caracterice a todos

los datos recogidos, en este caso el promedio de producción de pulpa de maracuyá de 1 kg es de 502 unidades.

En la **Tabla 31**, se tomaron aleatoriamente datos de producción de pulpa de maracuyá de 100 g y se hizo un promedio con el objetivo de generalizar una cifra que caracterice a todos los datos recogidos, en este caso el promedio de producción de pulpa de maracuyá de 100 g es de 1231 unidades.

En la **Tabla 32**, se puede observar las capacidades de las máquinas pertenecientes al proceso productivo. En este caso se va a enfatizar en los tanques de lavado y desinfección, porque se analizó que es la etapa que demanda más recursos.

2.9.5.2. Simulación del proceso actual

Levantado el proceso en las etapas anteriores se procedió a diseñar una secuenciación lógica de las actividades que lo comprenden. Se tomó en cuenta que la jornada laboral de trabajo es de 8 horas diarias, de lunes a viernes, en un horario de 7:00 AM a 16:00 PM. Cabe destacar que la elaboración de pulpa de maracuyá no se la realiza todos los días, debido a la estacionalidad de la fruta y la rotación de producto terminado.

Mediante la observación de los datos emitidos por la empresa PROALVA se pudo concluir que la pulpa de maracuyá es elaborada cuatro veces al mes. La simulación que se efectuó para obtener un lote completo de producción, en este caso para tener el producto final ya congelado se requieren de dos días de producción, pero en base a la jornada laboral y sin horas extra ni subcontratación.

A continuación, en la **Figura 30 y Figura 31** se observa el diseño el modelo lógico del proceso actual de elaboración de pulpa de maracuyá.

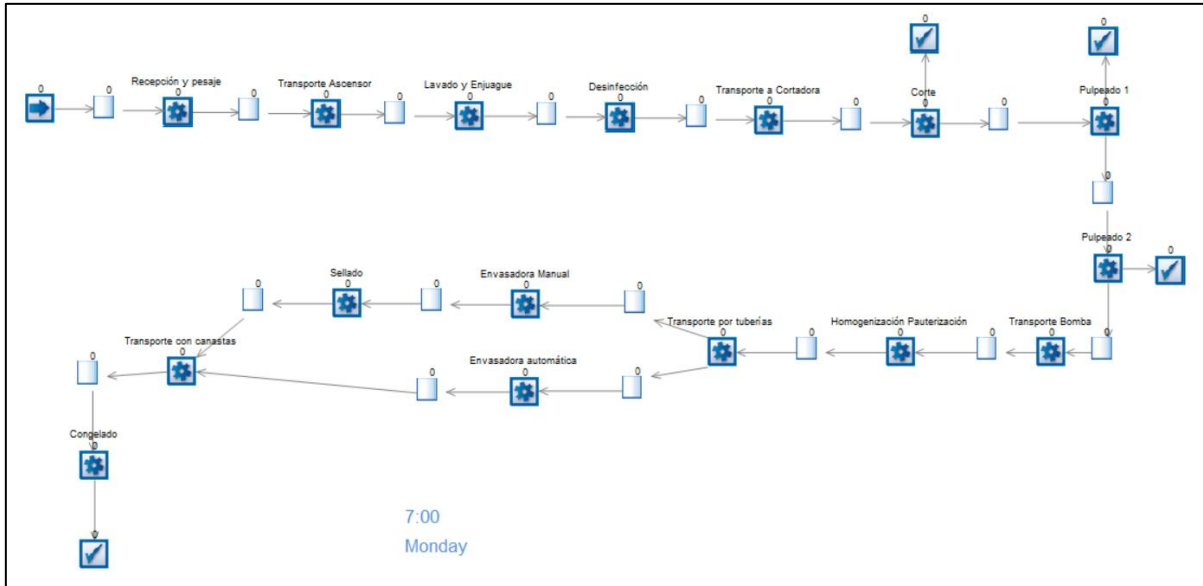


Figura 30: Modelo lógico del proceso actual de elaboración de pulpa de maracuyá en SIMUL8

Fuente: Elaboración propia

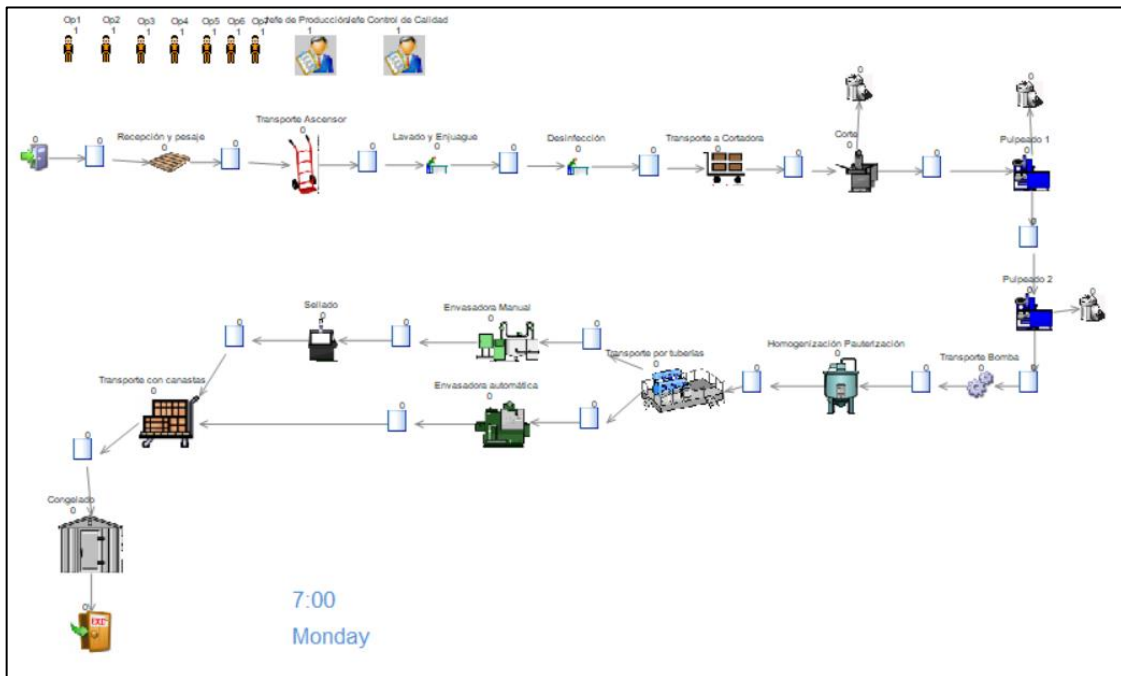


Figura 31: Modelo lógico en SIMUL8 con maquinaria y recursos del proceso actual de elaboración de pulpa de maracuyá

Fuente: Elaboración propia

Además, se hizo una simulación para un lote de pulpa de fruta de maracuyá con una entrada de 3300 kg de fruta, este dato fue proporcionado por el jefe de producción y a partir de este insumo se va a obtener el producto final, **Figura 33**. Cabe destacar que durante

todo el proceso de elaboración se pierde alrededor del 50% del peso inicial, perteneciente a cáscara y pepas de la misma fruta.

Las distribuciones de todas las actividades del proceso productivo están tomadas de acuerdo con la **Tabla 29** de tiempos empíricos, estas distribuciones son triangulares, porque no existen registros, y se ha estimado un valor de ocurrencia máximo, mínimo y el más probable. Obsérvese en el **(ANEXO IX)**.

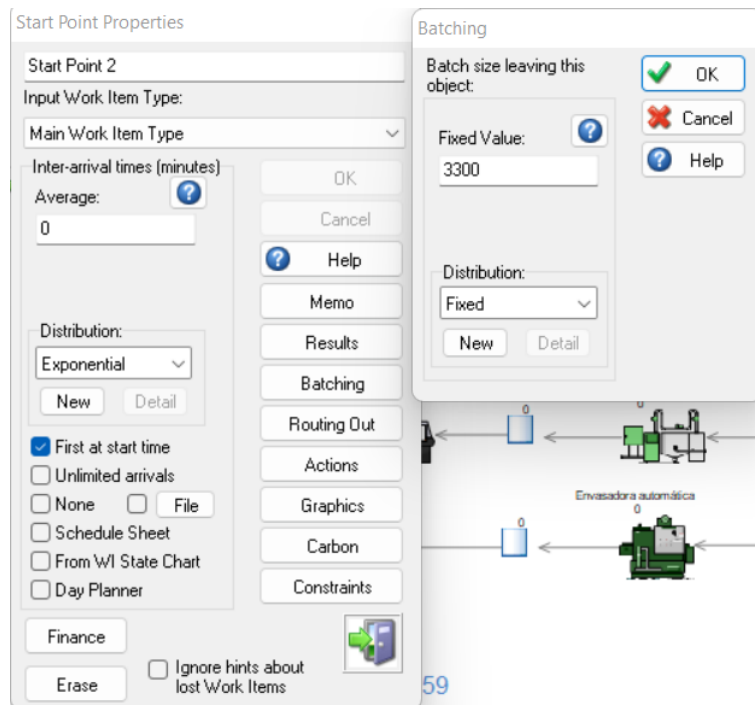


Figura 32: Distribución y batching de entrada de materias primas al proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

En la **Figura 32**, se puede observar el modelo en el Layout diseñado para la empresa PROALVA

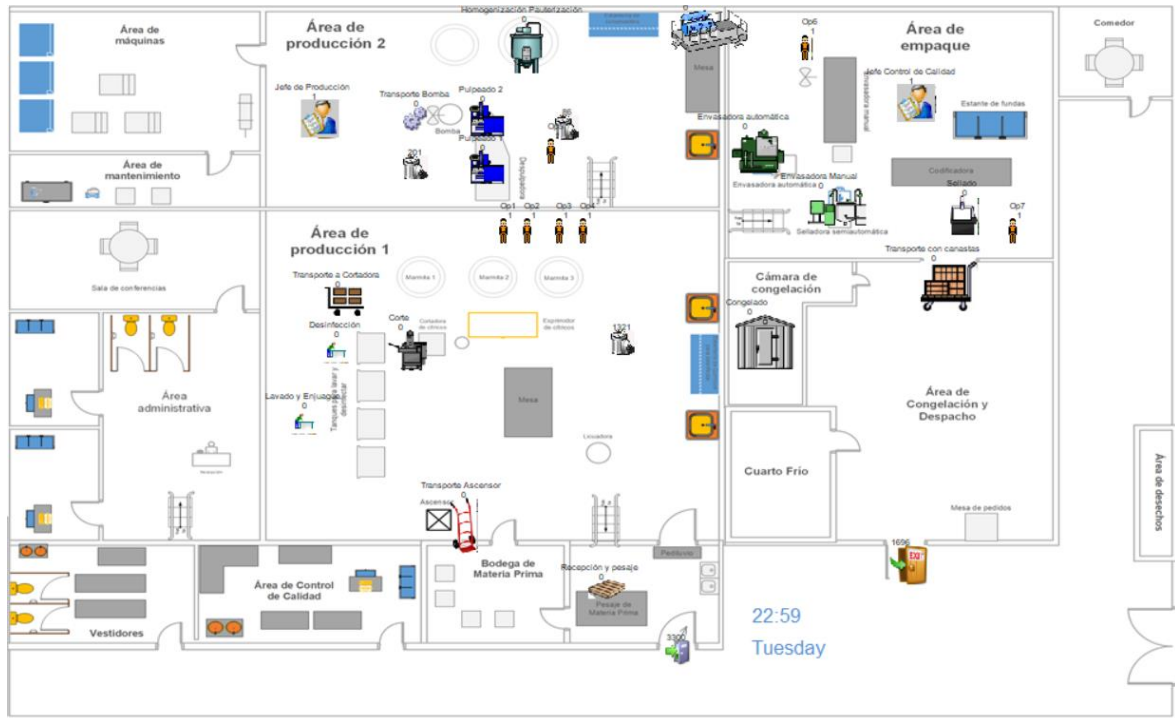


Figura 33: Modelo de simulación del área operativa de PROALVA en SIMUL8

Fuente: Elaboración propia

2.9.6. Paso 6: Propuestas de mejoras del proceso

Después de haber validado el modelo de Simulación, se procedió a realizar cambios en el sistema actual, con la finalidad de buscar alternativas o escenarios viables de acuerdo con las necesidades de la organización.

El cuello de botella del proceso productivo se basa en las actividades de lavado, enjuague y desinfección. Estas actividades implican cuatro tanques de acero inoxidable, dos operarios y cuatro horas. En el proceso, los operarios toman la fruta en jabs y las colocan en los tanques, este proceso es repetitivo hasta que se desinfecte toda la materia prima. Las impurezas son retiradas de manera manual, el operario se agacha para fregar la fruta y sacar la suciedad más notoria. Finalmente, se coloca toda la fruta en un tanque con desinfectante para eliminar de manera más minuciosa los microorganismos que puede contener la fruta, para después pasarlas al proceso de corte. Con base a estas consideraciones se plantean dos escenarios posibles, que implica la adquisición de nueva maquinaria especializada para disminuir el tiempo y la cantidad de operadores.

Escenario 1:

En este caso se propone adquirir dos lavadoras, esta máquina puede lavar externamente frutas de tamaño mediano y pequeño. Además, tiene un sistema de agua a presión que permite eliminar de manera rápida las impurezas y es de acero inoxidable. (COLUMBEC, 2022). . El precio de esta máquina varía entre \$550 – \$800 dependiendo de la capacidad de esta.

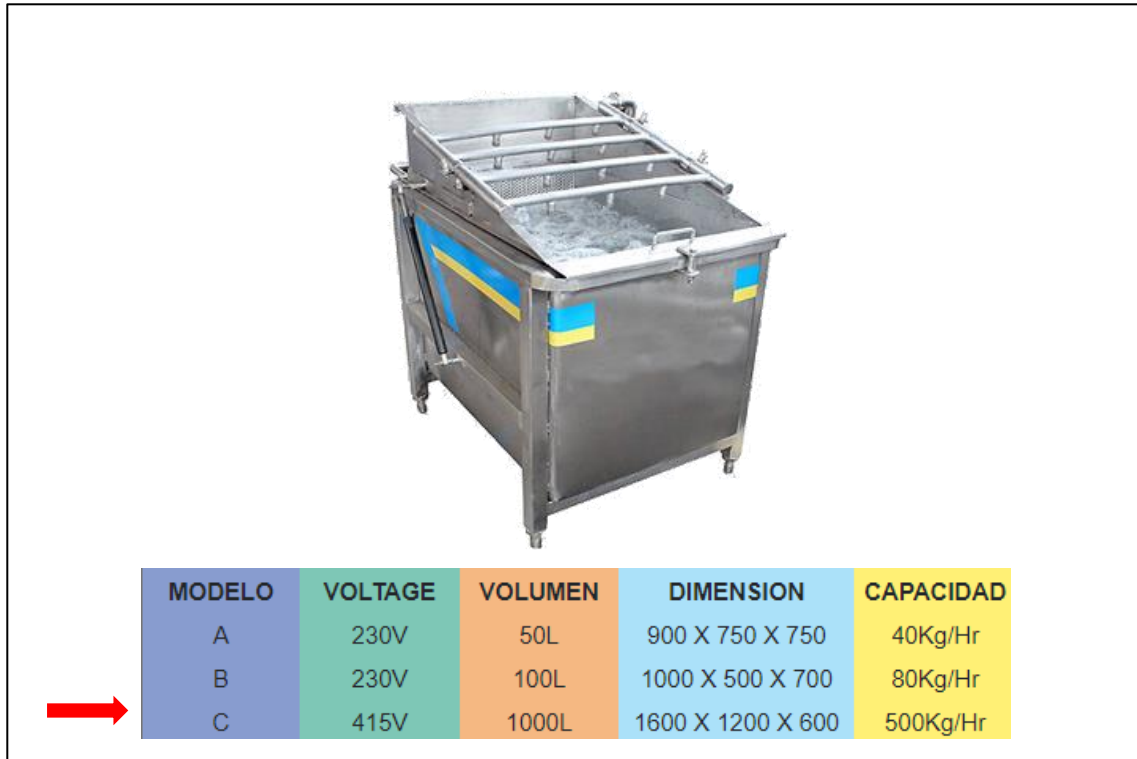


Figura 34: Lavadora de verduras industrial

Fuente: (COLUMBEC, 2022)

Escenario 2:

En este caso se propone invertir en una máquina con tecnología actual, en este caso una máquina de lavado de frutas y vegetales de acero inoxidable. Algunas de las características de esta máquina son: el flujo de agua de alta presión para eliminar impurezas, un cepillo adicional para remover suciedad, de fácil uso y bajo consumo de energía. Además, contiene una cinta transportadora para mover las frutas. (Alibaba.com, 2022). El precio de esta máquina varía entre \$1300 – \$3800 dependiendo de la capacidad de esta.



Descripción general

Detalles rápidos

Industrias aplicables:	Planta de fabricación, Alimentos y Bebidas de la fábr...	Exposición de ubicación:	None
Video saliente de inspección:	Siempre	: Informe de prueba:	Siempre
Garantía de los componentes principales.:	2 años	Marketing tipo:	Producto ordinario
Lugar del origen:	China	Los componentes principales.:	Motor
Tipo:	Bubble Leaf Vegetable Washing Machine	Condición:	Nuevo
Energía (W):	3.25kw	Marca:	Grande
Dimensión (L*W*H):	2100*1460*1590mm	Voltaje:	220V/380V
Tipo de:	Burbuja hoja lavadora de verduras	Peso:	330 KG
Rango de uso:	Proceso de fábrica	Garantía:	1 año
Función:	Lavar las frutas y verduras	Material:	304 de acero inoxidable
Característica:	De alta eficiencia	Nombre:	Ozono frutas y verduras lavadora
MOQ:	1 SET	Principio de trabajo:	La burbuja de aire
		La capacidad de:	500 kg/h-6000 kg/h
		Después de servicio de garantía:	Apoyo en línea

Modelo	POver	WOcho	CApacidad de	DDimensión que
GD500	3 75KW/380V	350KG	500-1000 KG/H	2500*1000*1300mm
GD1000	4 1KW/380V	580KG	1000-1500 KG/H	4000*1200*1300mm
GD2000	5 1KW/380V	680KG	2000-2500 KG/H	5000*1200*1300mm
GD3000	5 5KW/380V	780KG	3000-3500 KG/H	6000*1200*1300mm

Figura 35: Especificaciones técnicas de máquina de lavado de vegetales

Fuente: (Alibaba.com, 2022)

2.9.7. Paso 7: Simulación en base a las mejoras

Escenario 1:

En este caso es necesario adquirir dos lavadoras de frutas del modelo C, para mejorar el tiempo de las actividades. Aquí se consideró una mejora del tiempo en un 30%. En la **Tabla**

33, podemos observar el tiempo de mejora en las actividades de lavado, enjuague y desinfección de maracuyá.

Tabla 33: Mejora de tiempo de actividades

ACTIVIDAD	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
Lavado/ enjuague de maracuyá	84	126	140
Desinfección de maracuyá	32	42	63

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la **Figura 36** se presenta el modelo lógico del primer escenario. En el cuadro rojo se puede observar el cambio de lavado y desinfección manual a uno con máquinas industriales de lavado de frutas.

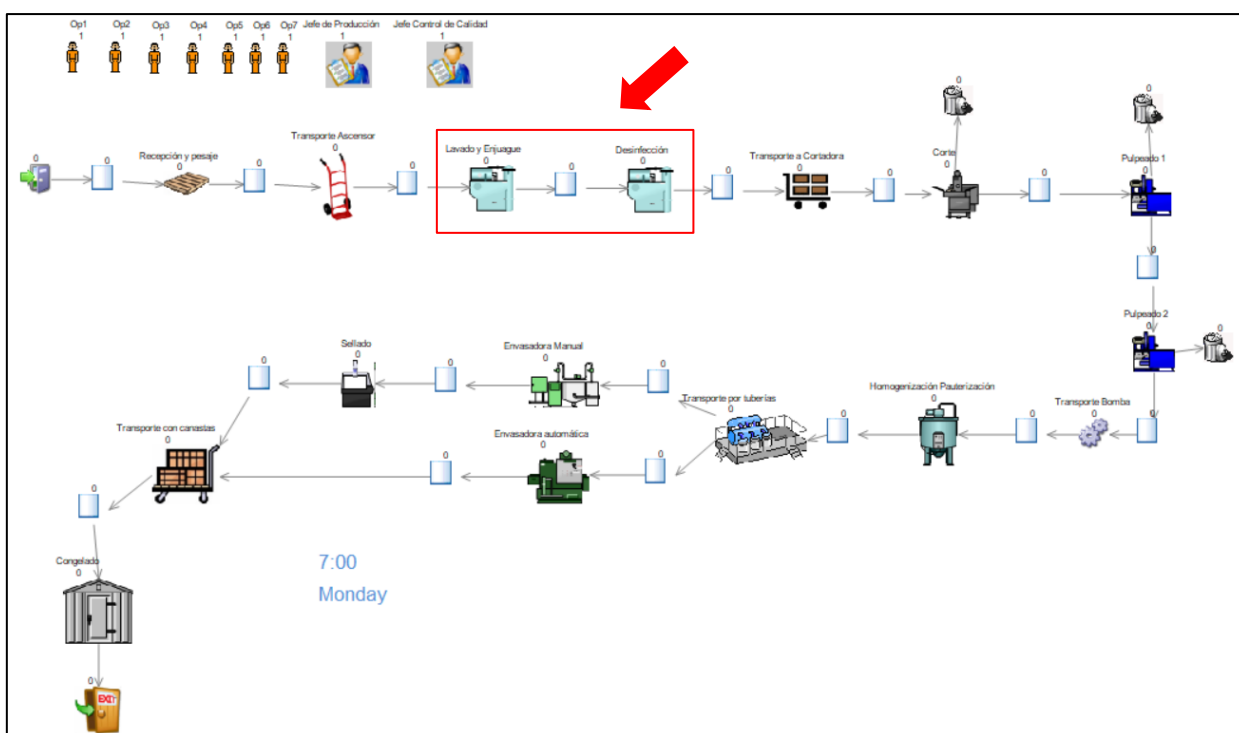


Figura 36: Modelo lógico del escenario 1 para mejora del proceso en SIMUL8

Fuente: Elaboración propia

Escenario 2:

En este caso es necesario adquirir una máquina de lavado de frutas y vegetales más automatizada, con una capacidad de 2000 a 2500 kg/h, del modelo GD2000, para mejorar el tiempo de las actividades. Aquí se consideró que se mejora el tiempo en un 60%.

En la **Tabla 34**, podemos observar el tiempo de mejora en las actividades de lavado, enjuague y desinfección de maracuyá.

Tabla 34: Mejora de tiempo de actividades

ACTIVIDAD	MÍNIMO	PROMEDIO	MÁXIMO
Lavado/ enjuague de maracuyá	48	72	80
Desinfección de maracuyá	18	24	36

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la **Figura 37** se muestra el modelo lógico del segundo escenario. En el cuadro rojo se puede observar el cambio de lavado y desinfección manual a uno con maquinaria automatizada.

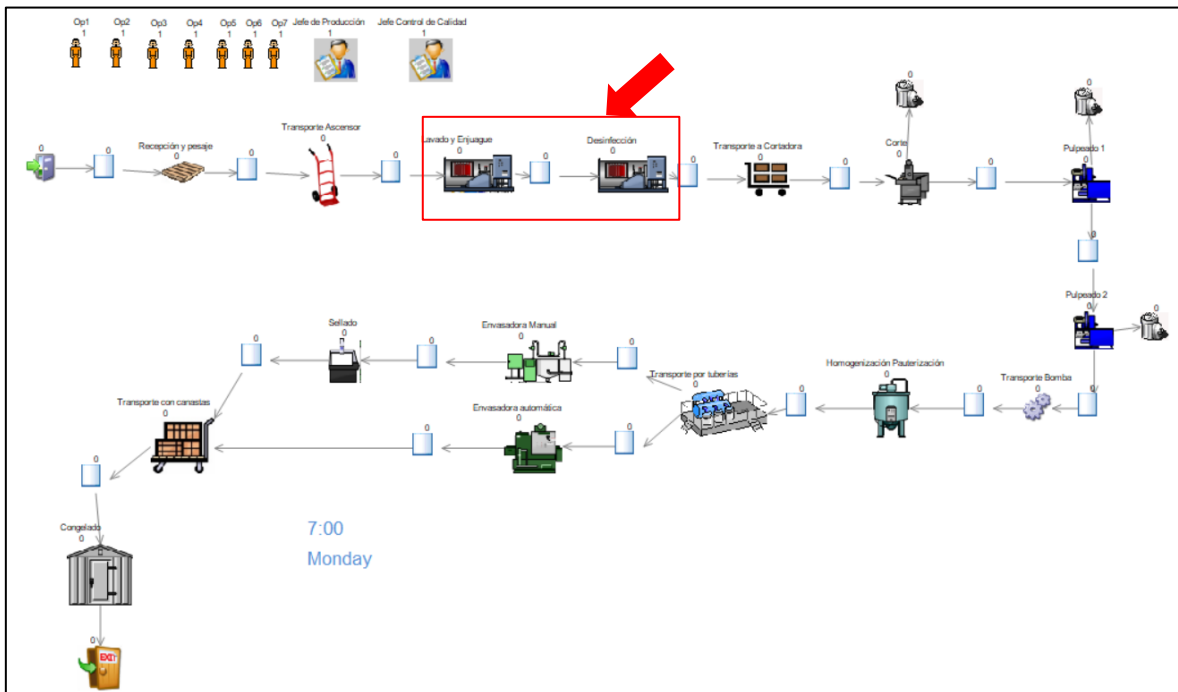


Figura 37: Modelo lógico del escenario 2 para mejora del proceso en SIMUL8

Fuente: Elaboración propia

3 RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1 Resultados de entrevistas

Se realizó un análisis del cuestionario, en donde se observó de manera breve cada pregunta respondida por la propietaria de la empresa, dándonos una visión general de la organización. Observe el (ANEXO X)

3.2 Resultados del método para la planificación de la producción

3.2.1. Pronóstico de la demanda

Para la ejecución del pronóstico de la demanda se utilizó el software Risk Simulator, el cual seleccionó de forma automática el modelo óptimo que se ajusta a los datos reales de demanda histórica. Observe el (ANEXO XI)

3.2.2. Modelo de programación lineal

3.2.3. Comparación de los planes agregados de producción

- Planes agregados para pulpa de fruta congelada de 1 kg

Después de obtener el costo de cada uno de los planes agregados de producción para la pulpa de fruta congelada de presentación 1kg, es necesario compararlos para identificar la mejor opción que se puede aplicar en la empresa PROALVA. En la **Tabla 37**, se puede observar el costo total y la utilidad que se obtuvo de cada plan.

Tabla 35: Resultados de planes agregados para pulpa de fruta de 1kg

	PLANES AGREGADOS PARA PULPA DE FRUTA DE 1KG				
	PLAN PROGRAMACIÓN LINEAL EN SOLVER	PLAN 1: PRODUCCIÓN EXACTA Y MANO DE OBRA VARIABLE	PLAN 2: MANO DE OBRA CONSTANTE E INVENTARIO VARIABLE	PLAN 3: MANO DE OBRA CONSTANTE CON SUBCONTRATACIÓN	PLAN 4: MANO DE OBRA CONSTANTE CON TIEMPO EXTRA
Costo Total	\$ 291.888,91	\$ 296.053,28	\$ 326.783,88	\$ 298.288,32	\$ 317.790,00
Utilidad Total	\$ 102.884,93	\$ 98.720,56	\$ 67.989,96	\$ 96.485,52	\$ 76.983,84

Fuente: Elaboración propia

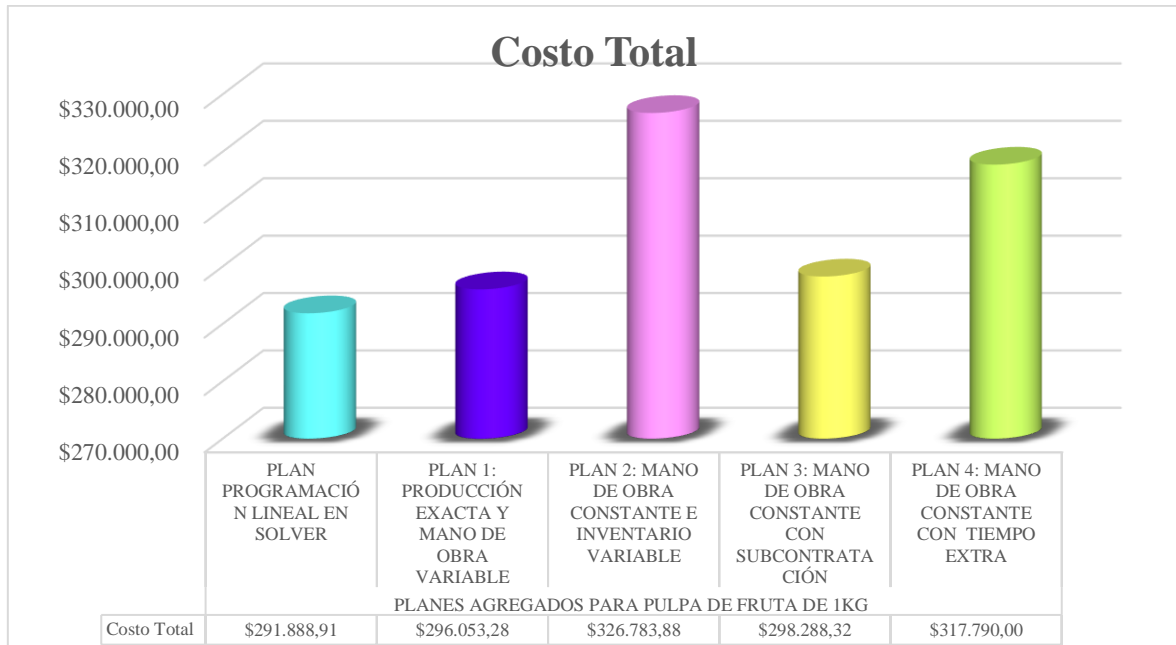


Figura 38: Costo total de planes agregados de producción para pulpa de 1 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este caso, el plan agregado que minimiza los costos de producción es el plan agregado basado en programación lineal con un costo total de \$291 888,91; seguido de un plan tradicional basado en producción exacta y mano de obra variable con un costo total de \$296 053,28. Los dos planes tienen costos muy parecidos y se podría considerar también esta posibilidad. Sin embargo, nos trasladaremos al mundo laboral, en donde la opción de escoger el segundo plan es complicada, debido a que contratar y despedir personas implican costos y también tiempo, por ejemplo, costos de capacitación, costos de despido, adecuación de la persona al nuevo ambiente laboral, distracciones, menos capacidad productiva hasta que un nuevo operario se adapte y se acople al ritmo que llevan los otros operarios. Los planes restantes tienen un costo alto debido a que implican costos de inventario variable, costos de subcontratación y costos tiempo extra.

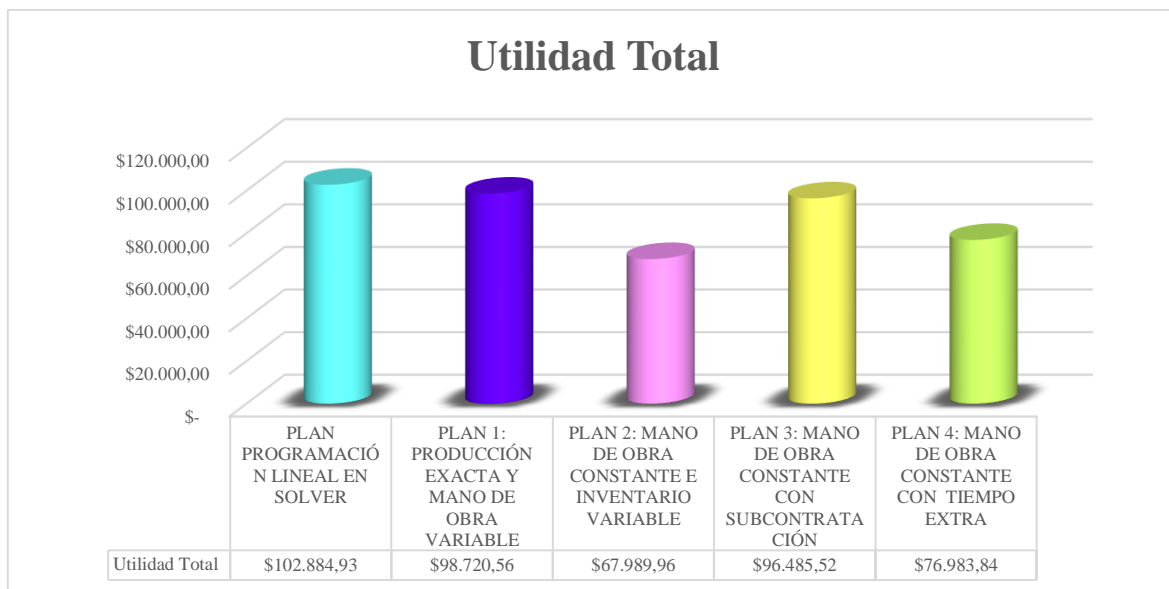


Figura 39: Utilidad total de planes agregados de producción para pulpa de 1 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la **Figura 41**, se observa la utilidad total de cada plan agregado de producción en este caso el plan que obtuvo mayor utilidad es el plan basado en programación lineal con un valor de \$102 884,93, seguido del plan basado en producción exacta con mano de obra variable con un valor de \$98 720,56. Los planes de inventario variable, subcontratación y tiempo extra generan menos utilidad, debido a que implican mayores costos de producción.

- **Planes agregados para pulpa de fruta congelada de 100 g**

Después de obtener el costo de cada uno de los planes agregados de producción para la pulpa de fruta congelada de presentación 100 g, es necesario compararlos para identificar la mejor opción que se puede aplicar en la empresa PROALVA. En la **Tabla 38**, se puede observar el costo total y la utilidad que se obtuvo de cada plan.

Tabla 36: Resultados de planes agregados para pulpa de fruta de 100 g

	PLANES AGREGADOS PARA PULPA DE FRUTA DE 100 G				
	PLAN PROGRAMACIÓN LINEAL EN SOLVER	PLAN 1: PRODUCCIÓN EXACTA Y MANO DE OBRA VARIABLE	PLAN 2: MANO DE OBRA CONSTANTE E INVENTARIO VARIABLE	PLAN 3: MANO DE OBRA CONSTANTE CON SUBCONTRATACIÓN	PLAN 4: MANO DE OBRA CONSTANTE CON TIEMPO EXTRA
Costo Total	\$ 171.515,53	\$ 176.408,49	\$ 1.296.491,05	\$ 758.479,73	\$ 2.255.923,89
Utilidad Total	\$ 118.863,08	\$ 113.970,12	\$ -1.006.112,45	\$ -468.101,12	\$ -1.965.545,29

Fuente: Elaboración propia

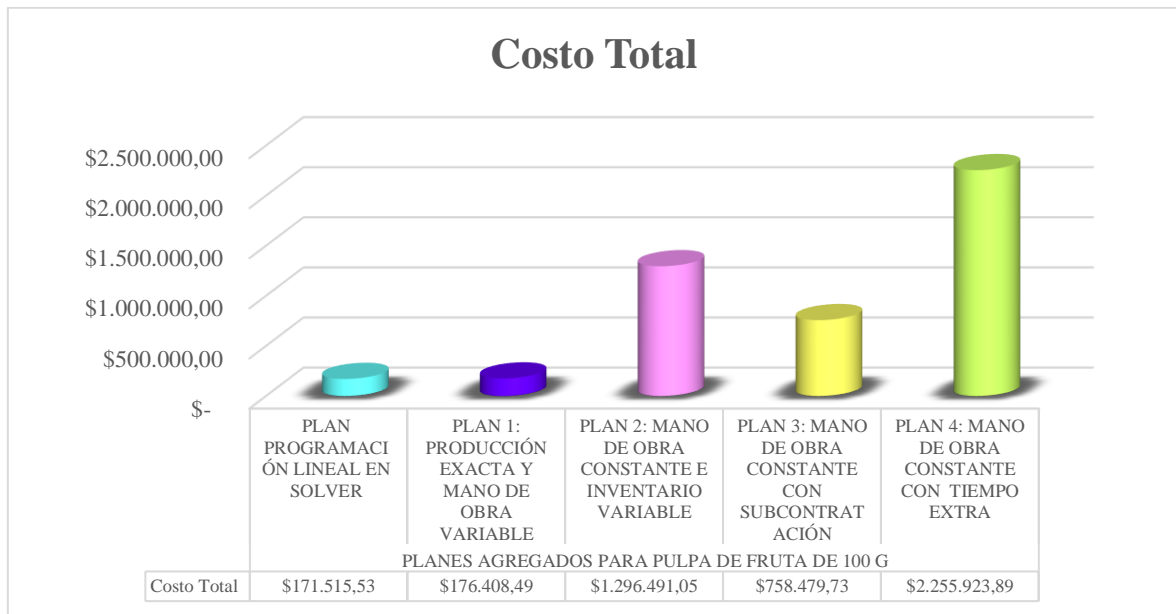


Figura 40: Costo total de planes agregados de producción para pulpa de 100 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En este caso, el plan agregado que minimiza los costos de producción es el plan agregado basado en programación lineal con un costo total de \$171 515,53; seguido de un plan tradicional basado en producción exacta y mano de obra variable con un costo total de \$176 408,49. Los dos planes tienen costos muy parecidos y se podría considerar también esta posibilidad. Los planes restantes tienen un costo alto debido a que implican costos de inventario variable, costos de subcontratación y costos tiempo extra.

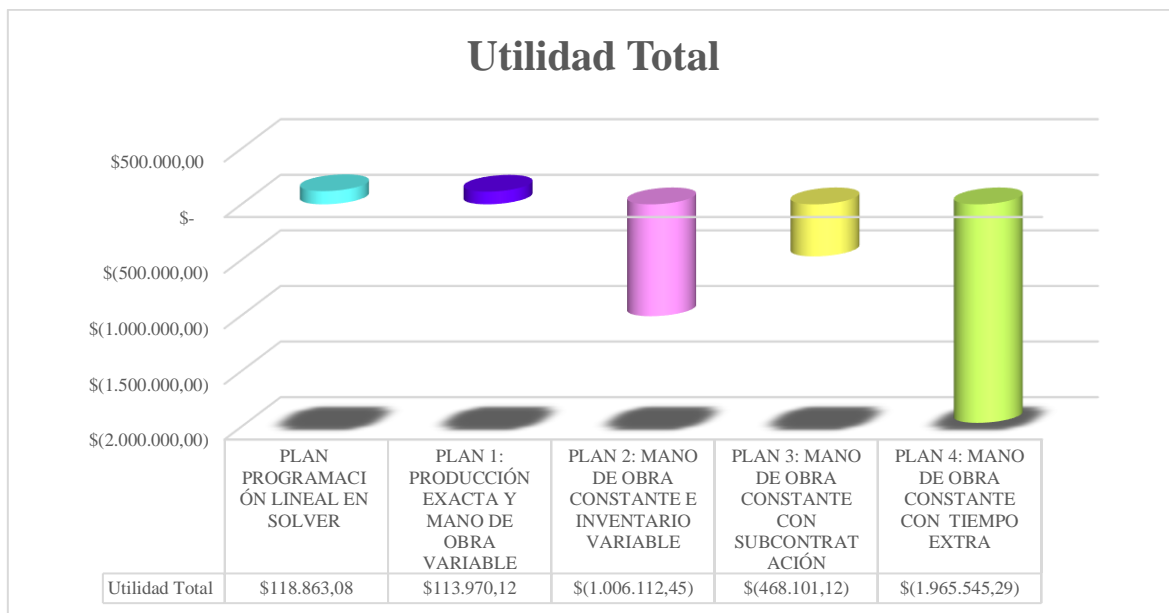


Figura 41: Utilidad total de planes agregados de producción para pulpa de 100 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la **Figura 43**, el plan que obtuvo mayor utilidad es el plan basado en programación lineal con un valor de \$118 863,08, seguido del plan basado en producción exacta con mano de obra variable con un valor de \$113 970,12. Los planes de inventario variable, subcontratación y tiempo extra generan menos utilidad, debido a que implican mayores costos de producción e incluso generan una utilidad negativa dejando como pérdida para el producto final.

3.3 Resultados del método para la mejora del proceso productivo de la elaboración de pulpa de maracuyá

Después de simular el proceso de elaboración de pulpa de maracuyá en el software SIMUL8, se obtuvieron los siguientes resultados para el modelo actual de la empresa PROALVA.

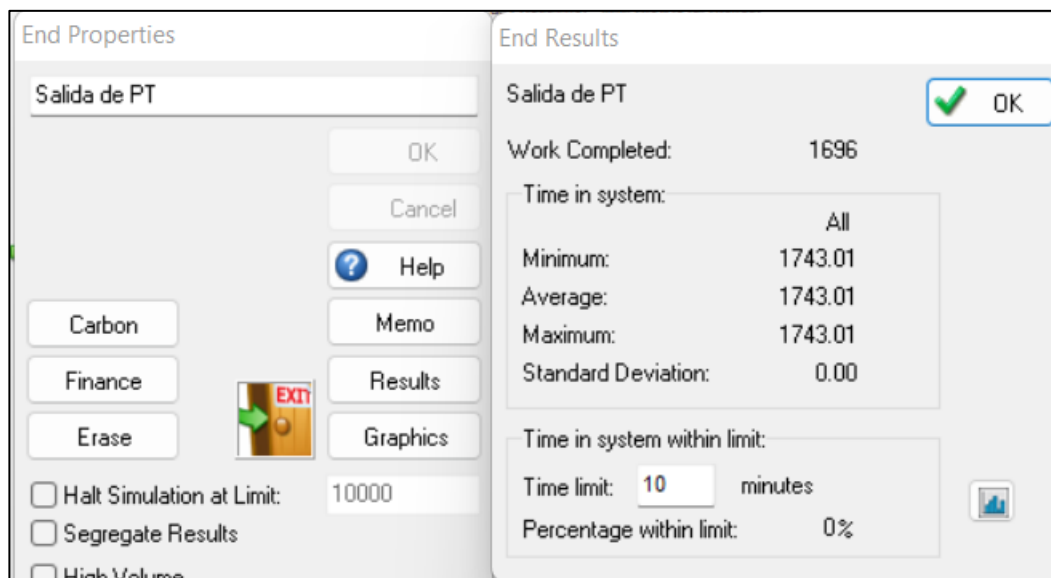


Figura 42: Resultados del modelo actual

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: El tiempo total de todas las tareas del proceso productivo es de 1743,01 minutos durante una corrida de dos días de producción. Se obtiene 513 unidades de pulpa de fruta de presentación de 1 kg y 1183 unidades de pulpa de 100 g. Es importante destacar que este proceso tiene mucho desperdicio del peso inicial de la fruta ya que se va perdiendo cascara, pepas, fibras y demás elementos que conforman una fruta sin procesar, el desperdicio es de un 50% aproximadamente durante el proceso.

3.3.1. Comparación de tiempos de cursogramas analíticos

Tabla 37: Comparación de tiempos de proceso productivo

Tiempo de proceso de elaboración de pulpa de maracuyá		
Cursograma analítico con T. aleatorios	Cursograma analítico con T. empiricos	Simulación de modelo actual
1744,06	1720,00	1743,01

Fuente: Elaboración propia

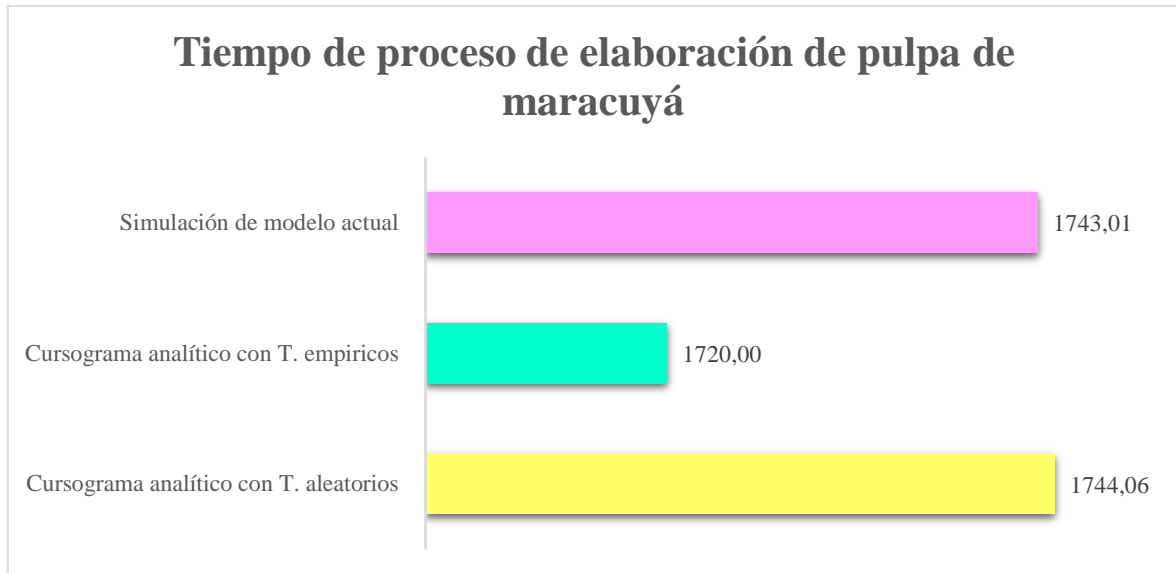


Figura 43: Comparación de tiempos de proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la **Tabla 39**, se observa el tiempo en minutos del cursograma analítico con tiempos aleatorios tomados del estudio de tiempos, el cursograma analítico con tiempos empíricos y el tiempo de la simulación del modelo actual.

El tiempo total del cursograma analítico con tiempos empíricos es el menor con un tiempo de 1720 minutos a comparación de los otros, esto se da debido a que se toma el valor más probable de ocurrencia de cada actividad, pero no tiene una base científica y más bien se basan en la experiencia de los expertos del proceso, por lo que tiene un grado de error bastante grande. El cursograma analítico con tiempos aleatorios es más apegado a la realidad ya que se toma los tres rangos de tiempo posible (mínimo, máximo y más probable), dando como resultado un tiempo de 1744,06 minutos y esto se comprueba con el tiempo de la simulación con un tiempo total de 1743,01 minutos con una diferencia mínima.

3.3.2. Comparación de escenarios de simulación

Escenario 1:

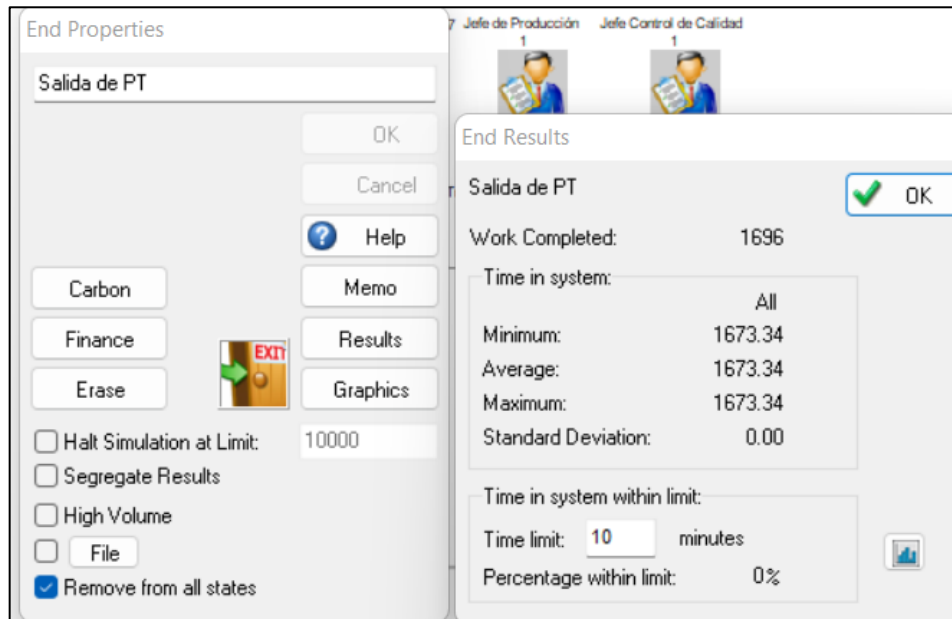


Figura 44: Resultados de escenario 1

Fuente: Elaboración propia

Escenario 2:

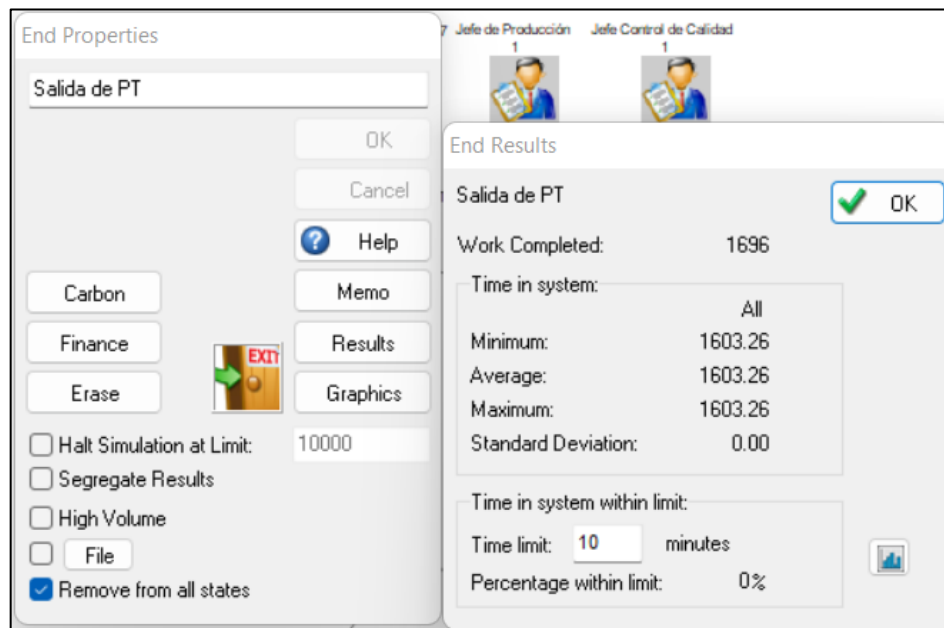


Figura 45: Resultados de escenario 2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38: Comparación de tiempos de proceso productivo

Tiempo de proceso de elaboración de pulpa de maracuyá		
Simulación de modelo actual	Escenario 1	Escenario 2
1743,01	1673,34	1603,26

Fuente: Elaboración propia

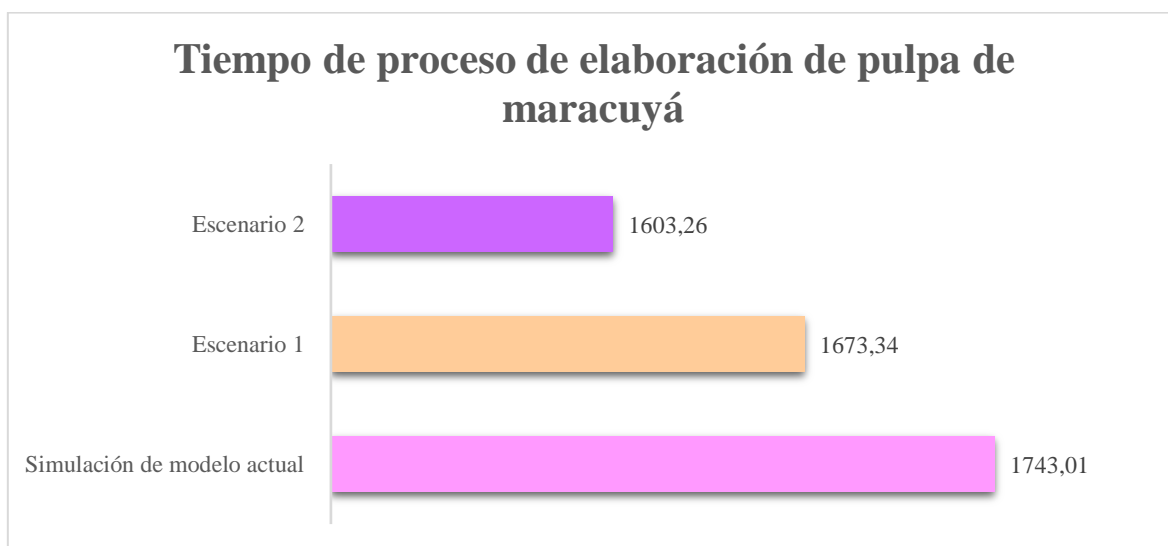


Figura 46: Comparación de tiempos de proceso productivo

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: En la **Tabla 40**, se puede observar el tiempo en minutos de la simulación actual y el tiempo en minutos de los escenarios de simulación. En la **Figura 48**, se puede observar de una manera gráfica que el tiempo mínimo de proceso productivo se obtiene al escoger el escenario 2.

El escenario 2 implica una inversión para adquirir una máquina automatizada y de gran capacidad que cumpla con las actividades de limpieza, enjuague y desinfección, dando como resultado un tiempo de proceso productivo de 1603,26 minutos, reduciendo así 139,75 minutos a comparación del proceso actual. Mientras que el escenario 1, tienen un tiempo total de 1673,34 minutos e implica la adquisición de dos máquinas con menos capacidad y sin bandas transportadoras, mejorando el proceso actual en 69,67 minutos.

3.4 Resultados de productividad

Para calcular la productividad, se toma los datos de los costos de producción obtenidos en el plan agregado con el modelo matemático de programación, debido a que es el mejor entre todos los modelos. En la **Tabla 41**, se muestran los valores pertenecientes a costos y ventas de cada presentación.

Tabla 39: Datos de costos y ventas para pulpa de fruta

PULPA DE 100 G		PULPA DE 1KG	
Ventas totales en el año 2020 =	\$ 207.433,80	Ventas totales en el año 2020 =	\$ 729.576,00
Ventas totales en el año 2021 =	\$ 372.136,80	Ventas totales en el año 2021 =	\$ 807.204,00
Costo total =	\$ 341.851,06	Costo total =	\$ 582.597,82
Costo de materia prima =	\$ 277.051,06	Costo de materia prima =	\$ 517.797,82
Costo de mano de obra =	\$ 64.800,00	Costo de mano de obra =	\$ 64.800,00

Fuente: Elaboración propia

- Productividad Parcial para el año 2020

Se considera los costos más importantes que afectan directamente en la fabricación del producto. En este caso el costo de mano de obra y el costo de materia prima.

$$Productividad\ parcial\ de\ MO_{1kg} = \frac{\$729\ 576,00}{\$64\ 800} = 11,26 \quad (14)$$

$$Productividad\ parcial\ de\ MO_{100\ g} = \frac{\$207\ 433,80}{\$64\ 800} = 3,2 \quad (15)$$

$$Productividad\ parcial\ de\ MP_{1kg} = \frac{\$729\ 576,00}{\$517\ 797,82} = 1,41 \quad (16)$$

$$Productividad\ parcial\ de\ MP_{100\ g} = \frac{\$207\ 433,80}{\$277\ 051,06} = 0,75 \quad (17)$$

- Productividad Total para el año 2020

Para calcular la productividad total, es necesario tomar los datos de ventas totales y los costos o gastos generales de la organización.

$$Productividad\ Total_{1kg} = \frac{\$729\ 576,00}{\$582\ 597,82} = 1,25 \quad (18)$$

$$Productividad\ Total_{100\ g} = \frac{\$207\ 433,80}{\$341\ 581,06} = 0,61 \quad (19)$$

- Productividad Parcial para el año 2021

Se considera los costos más importantes que afectan directamente en la fabricación del producto. En este caso el costo de mano de obra y el costo de materia prima.

$$\text{Productividad parcial de } MO_{1kg} = \frac{\$807\,204,00}{\$64\,800} = 12,46 \quad (20)$$

$$\text{Productividad parcial de } MO_{100g} = \frac{\$372\,136,80}{\$64\,800} = 5,74 \quad (21)$$

$$\text{Productividad parcial de } MP_{1kg} = \frac{\$807\,204,00}{\$517\,797,82} = 1,56 \quad (22)$$

$$\text{Productividad parcial de } MP_{100g} = \frac{\$372\,136,80}{\$277\,051,06} = 1,34 \quad (23)$$

- Productividad Total para el año 2021

Para calcular la productividad total, es necesario tomar los datos de ventas totales y los costos o gastos generales de la organización.

$$\text{Productividad Total}_{1kg} = \frac{\$807\,204,00}{\$582\,597,82} = 1,39 \quad (24)$$

$$\text{Productividad Total}_{100g} = \frac{\$372\,136,80}{\$341\,581,06} = 1,09 \quad (25)$$

Interpretación: Con los cálculos realizados anteriormente, se puede observar un mínimo aumento de productividad del año 2020 al año 2021. En el caso de la pulpa de 1 kg se tiene un aumento de productividad de 1,106% y en el caso de la pulpa de 100 g un aumento de productividad de 1,794%. Los porcentajes de aumento de productividad están en el rango de 1 % al 2% lo que es muy bajo, se necesita hacer cambios significativos dentro de la organización para que la productividad aumente, en este caso se necesita vender más, pero tener menos costos de producción para que la utilidad de la empresa crezca. Es importante enfatizar en la planificación de la producción para no gastar más de lo que se gana.

3.5 Análisis costo beneficio

Para el análisis de costo beneficio, se usaron los datos mencionados en la etapa de productividad. Con el fin de determinar si es viable una inversión y el proceso de planificación para la mejora de la empresa.

Tabla 40: Ingresos y costos estimados

Conceptos	2020	2021	Año 1
Costo de mano de obra	\$ 64.800,00	\$ 64.800,00	\$ 64.800,00
Costo de materia prima	\$794.848,88	\$ 794.848,88	\$ 794.848,88
Costo Total	\$859.648,88	\$ 859.648,88	\$ 859.648,88
Ingresos Totales	\$937.009,80	\$1.179.340,80	\$1.421.671,80
Benficio Total	\$ 77.360,92	\$ 319.691,92	\$ 562.022,92

Fuente: Elaboración propia

Para mejorar el tiempo del proceso productivo es necesario hacer una inversión en máquinas especializadas para el lavado, enjuague y desinfección. En fases anteriores se mencionó que existen dos posibilidades de inversión, el primer referente a la compra de dos máquinas COLUMBEC de modelo C y la otra posibilidad una maquina más automatizada y con más capacidad de modelo GD2000.

En las **Tablas 44 y 45**, se plantea un análisis de evaluación de las dos inversiones para determinar la viabilidad de la compra.

Tabla 41: Datos para análisis costo beneficio del proyecto de inversión en nueva maquinaria

DATOS	ESPERADOS		
Volumen de ventas en unidades	269068		
Precio unitario	\$ 3,0		
Costo unitario	\$ 1,3		
Costo fijo	\$ 10.000		
Valor residual al final de los 10 años de inversión	\$ 5.000		
Inversión inicial	\$ 1.600		
Crecimiento en ventas	2,50%		

Variables de entrada	Escenarios		
	bajo	medio	alto
Volumen de ventas	134534	269068	538136
Precio unitario	\$ 1,50	\$ 3,00	\$ 4,00
Costo de producción	\$ 0,90	\$ 1,27	\$ 2,00

Fuente: Elaboración propia

Tabla 42: Costo Beneficio haciendo una inversión en las dos máquinas del modelo C

% de crecimiento volumen en ventas		2,50%					
Unidades vendidas		269.068	275.794	282.688	289.755	296.998	304.422
Costo unitario	\$	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
Precio unitario	\$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Rubros								
Periodos	0	1	2	3	4	5	6	
Ingresos	-	\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	
Ventas		\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	
Valor residual								
Egresos	\$ 1.600	\$ 351.716	\$ 360.258	\$ 369.014	\$ 377.989	\$ 387.187	\$ 396.616	
Costo fijo		\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	
Costo variable		\$ 341.716	\$ 350.258	\$ 359.014	\$ 367.989	\$ 377.187	\$ 386.616	
Inversión	\$ 1.600							
Flujo neto	\$ (1.600)	\$ 455.488	\$ 467.124	\$ 479.050	\$ 491.276	\$ 503.807	\$ 516.650	
VAN	\$ (1.600)	\$ 455.488	\$ 467.124	\$ 479.050	\$ 491.276	\$ 503.807	\$ 516.650	\$ 2.911.794,25

Indicadores de evaluación

Variables de salida	
VAN	\$ 2.911.794,25

Razon beneficio costo								VAN
Ingresos	\$ -	\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	\$ 5.156.175
Egresos	\$ 1.600	\$ 351.716	\$ 360.258	\$ 369.014	\$ 377.989	\$ 387.187	\$ 396.616	\$ 2.244.381
								\$ 2,297

Fuente: Elaboración propia

Tabla 43: Costo Beneficio haciendo una inversión en la máquina del modelo GD2000

% de crecimiento volumen en ventas		2,50%					
Unidades vendidas		269.068	275.794	282.688	289.755	296.998	304.422
Costo unitario	\$	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
Precio unitario	\$	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00

Rubros								
Periodos	0	1	2	3	4	5	6	
Ingresos	-	\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	
Ventas		\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	
Valor residual								
Egresos	\$ 2.900	\$ 351.716	\$ 360.258	\$ 369.014	\$ 377.989	\$ 387.187	\$ 396.616	
Costo fijo		\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	\$ 10.000	
Costo variable		\$ 341.716	\$ 350.258	\$ 359.014	\$ 367.989	\$ 377.187	\$ 386.616	
Inversión	\$ 2.900							
Flujo neto	\$ (2.900)	\$ 455.488	\$ 467.124	\$ 479.050	\$ 491.276	\$ 503.807	\$ 516.650	
VAN	\$ (2.900)	\$ 455.488	\$ 467.124	\$ 479.050	\$ 491.276	\$ 503.807	\$ 516.650	\$ 2.910.494,25

Indicadores de evaluación

Variables de salida	
VAN	\$ 2.910.494,25

Razon beneficio costo								VAN
Ingresos	\$ -	\$ 807.204	\$ 827.382	\$ 848.064	\$ 869.265	\$ 890.994	\$ 913.266	\$ 5.156.175
Egresos	\$ 2.900	\$ 351.716	\$ 360.258	\$ 369.014	\$ 377.989	\$ 387.187	\$ 396.616	\$ 2.245.681
								\$ 2,296

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Después de haber hecho una evaluación de escenarios, se identifica algunos datos relevantes, como: el VAN de la primera inversión \$2 911 794,25 y el VAN de la segunda inversión \$2 910 494,25, en este caso se debe cumplir con el criterio de que $VAN > 0$, por lo que sí es factible realizar ambas inversiones. Otro factor importante es la razón de costo beneficio, el criterio se basa en que la razón sea mayor que uno, para este caso $2,29 > 1$, por lo tanto, el proyecto es económicamente factible. En conclusión, la inversión en nueva maquinaria para mejorar el ritmo de producción es factible y necesaria.

3.6 Conclusiones

Producto de la investigación descrita se logró diseñar dos métodos para mejorar la productividad en la empresa PROALVA. El primer método, está enfocado en la planeación agregada, desarrollando planes de producción tradicionales y uno basado en modelística matemática con programación lineal. El segundo método, se enfoca en mejorar el tiempo del proceso productivo de la fabricación de pulpa de maracuyá, presentando simulaciones por computador.

Actualmente la empresa PROALVA no realiza un proceso de planificación de la producción de manera técnica, ya que sus órdenes de compra son bajo pedido, razón por la cual a lo largo de los años han venido produciendo de manera empírica y en base a la experticia de sus propietarios.

La empresa no realiza ninguna metodología para hacer un cálculo de pronóstico de la demanda, ya que su producción se basa solamente en la experiencia adquirida por el jefe de producción y propietario.

La organización mantiene un sistema computacional que permite registrar la producción, ventas, costos que implica la producción, entre otros. Estos datos fueron clave para lograr la caracterización de parámetros y variables que intervienen en los modelos.

Los cálculos de los diferentes modelos de planeación agregada de la producción, con métodos tradicionales y un modelo matemático basado en programación lineal, permiten conocer diferentes alternativas que la empresa puede utilizar para cumplir con la producción y satisfacer la demanda del cliente. Un modelo de programación lineal es más preciso y efectivo, se pudo comprobar que este es el modelo que menos costos incurre para la producción. Además, es una herramienta técnica e innovadora que conjuga todas las variables y restricciones que afectan en la producción de pulpas de frutas, ya que optimiza los requerimientos que utiliza PROALVA para la elaboración de su producto.

3.7 Recomendaciones

Se recomienda realizar un análisis de tiempos y movimientos que describa meticulosamente a detalle cada tarea que interviene en el proceso productivo para poder estandarizar los procesos. Para el estudio de tiempos se recomienda dar la oportunidad a los estudiantes universitarios con pasantías, que beneficien mutuamente a ambas partes.

Es necesario realizar un modelo de pronóstico de la demanda para establecer un número de unidades posibles para un periodo de tiempo. En este caso se puede hacer uso de las ventas o de la producción histórica de pulpas de fruta. En base a este criterio es importante elaborar planes agregados de producción.

La empresa debería invertir en maquinaria automatizada para reducir cuellos de botella y reducir tiempos de producción. En este caso se recomienda la adquisición de una máquina para las actividades de lavado, enjuague y desinfección de frutas.

La organización debe hacer un análisis exhaustivo sobre estos modelos propuestos en comparación al desempeño actual, para incentivar la mejora continua y de adaptarse a los cambios tecnológicos de la nueva era.

4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aldana, H., & Ospina, J. (1995). *Terranova Enciclopedia Agropecuaria, Ingeniería y Agroindustria* (Segunda ed.). Bogotá: Terranova editores.
2. Alibaba.com. (2022). *Lavadora Industrial de ozono para vegetales*. Obtenido de Alibaba.com: <https://spanish.alibaba.com/p-detail/Industrial-60752615859.html?spm=a2700.7724857.0.0.7e1761bfMsB5AG>
3. Arias, A. (2016). *Productividad*. Obtenido de <https://economipedia.com/definiciones/productividad.html>
4. Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Vol. Tercera edición). Colombia : PEARSON EDUCACIÓN.
5. Buxey, G. (2005). Aggregate planning for seasonal demand: reconciling theory with practice. *International Journal of Operations & Production Management*, 1083-1100.
6. Cáceres, D., Reyes, J., García, M., & Sánchez, C. (2015). Modelo de Programación Lineal para Planeación de Materiales . *Revista Tecnológica ESPOL*, 24-33.
7. Camacho. (2005). *Obtención de Pulpa de Frutas* .
8. Carro, R., & Gonzáles, D. (2012). *Administración de las Operaciones Productividad y Competitividad* . Facultad de Cs. Económicas y Sociales > Areas > Administración.
9. Carvajal, L. (2006). *Metodología de la Investigación Científica. Curso general y aplicado* (28 ed.). Santiago de Cali: U.S.C.
10. Cervantes, L. (2015). *Modelización matemática Principios y aplicaciones* . México : Benemerita Universidad Autónoma de Puebla.
11. Chapman, S. (2006). *Planificación y control de la Producción* . México : Pearson Educación .
12. Chase, R. (2014). *Administración de Operaciones Producción y cadena de suministros* . México : Mc Graw Hill Education .
13. Chopra, S. (2008). *Administración de la cadena de suministro* (Tercera edición ed.). México: PEARSON EDUCACIÓN.
14. COLUMBEC. (2022). *COLUMBEC* . Obtenido de EQUIPOS Y SOLUCIONES INDUSTRIALES CON SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO: <http://www.columbec.com/equipos-y-soluciones-industriales/lineas-automaticas-lavado/398-verduras-limpieza-automatica>
15. Covalada, H. (2006). *Agroindustria y competitividad Estructura y dinámica en Colombia 1992 - 2005*. Bogotá: DISEÑO Y COORDINACIÓN EDITORIAL MUNDO 3D .
16. Creswell, J. (2009). *RESEARCH DESIGN Qualitative. Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (Vol. THIRD EDITION). United States of America: SAGE.

17. EcuadorLegal. (7 de Mayo de 2022). *Ecuador Legal Online Su asesor legal especializado*. Obtenido de <http://www.ecuadorlegalonline.com/laboral/horas-extras/>
18. Ekon. (8 de Septiembre de 2021). *Ekon* . Obtenido de <https://www.ekon.es/blog/metricas-indicadores-de-productividad-empresa/>
19. Fernández, H. (2019). *¿Qué es productividad?* Obtenido de <https://economyatic.com/que-es-la-productividad/>
20. Figueroa, & Rojas. (1993). *Procesamiento de frutas y hortalizas, mediante métodos artesanales y de pequeña escala* .
21. Fullana, C., & Urquía, E. (2009). LOS MODELOS DE SIMULACIÓN: UNA HERRAMIENTA MULTIDISCIPLINAR DE INVESTIGACIÓN. *Encuentros multidisciplinares*, 37-48.
22. García, E., García, H., & Cárdenas, L. (2013). *Simulación y análisis de sistemas con ProModel*. México : PEARSON.
23. Google. (s.f.). *PROALVA*. Recuperado el 10 de agosto de 2022, de <https://www.google.com/maps/place/PROALVA/@-0.1007255,-78.4774711,16z/data=!4m5!3m4!1s0x0:0x86e1b1fd3f54c4e6!8m2!3d-0.1012871!4d-78.4766051>
24. Heizer, J., & Render, B. (2009). *Administración de operaciones* (Séptima ed.). México : PEARSON Educación .
25. Hung, M., Medina, A., & Comas, R. (2014). *PLANEACIÓN AGREGADA: EL CONCEPTO Y LAS ESTRATEGIAS* . Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”.
26. Jiménez, Á., Delgado, E., & Gaona, G. (2001). Modelo de productividad de David Sumanth aplicado a una empresa del sector de maquinaria no eléctrica.
27. Jordi, S. (2006). *Pulpa de Fruta Congelada* .
28. KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., & MALHOTRA, M. (2008). *ADMINISTRACIÓN DE OPERACIONES Procesos y cadenas de valor* (8 ed.). México: Pearson Educación.
29. Meneses, S. (2009). *Propuesta para la Planeación Táctica y operativa del Departamento de Producción de Urbano Express* . Quito : Universidad San Francisco de Quito .
30. Merlo, S. (2009). *Desarrollo de un plan de implementación de buenas prácticas de manufactura en una planta procesadora de pulpa de frutas* . Quito .
31. Miranda, J., & Toirac, L. (2010). INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD PARA LA INDUSTRIA DOMINICANA. *Ciencia y Sociedad*, 235-290.
32. Molina, C. (Noviembre de 2013). *Repositorio de la Universidad Técnica de Ambato*. Obtenido de https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/5841/1/Tesis_t844id.pdf
33. Monks, J. (1999). *Administración de operaciones* . México : McGRAW-Hill .

34. Mun, J. (2012). *SIMULADOR DE RIESGO*. Dublin California : Real Options Valuation, Inc. Obtenido de Manual de Usuario en Español .
35. Mun, J. (s.f.). Software Risk Simulator. Recuperado el 15 de Agosto de 2022
36. NTC404. (1998). *Norma Técnica Colombiana 404*. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
37. Pana. (2008). *Pulpa de Fruta Porceso Productivo* .
38. Paredes, J. (2001). *Planificación y control de la producción*. Obtenido de <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Ecuador/diuc-ucuenca/20121115114754/teoria.pdf>
39. Pineda. (2003). *Proceso de Elaboración de Alimentos y Bebidas* . Madrid : Ediciones Mundi .
40. Prado, R. (1992). *La planeación y el control de la Producción* . México : Universidad autónoma metropolitana .
41. Puente, M., & Gavilánez, Ó. (2018). *Programación lineal para la toma de decisiones* . Riobamba : Aval ESPOCH.
42. Salett, M., & Hein, N. (2004). *Modelación matemática y los desafíos*. Universidad Regional de Blumenau-FURB, Blumenau, Brasil.
43. Solar, R., Chacón, I., & Ponce, M. (2008). PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN EN BARRACAS MADERERAS. ESTUDIO DE CASO PARA UNA PEQUEÑA INDUSTRIA. *Maderas. Ciencia y Tecnología*, 77-92.
44. Sumanth, D. (1992). *Ingeniería y administración de la Productividad* . México : McGraw-Hill .
45. Telsang, M. (2018). *Industrial Engineering and Production Management* (Third Revised Edition ed.). S. CHAND PUBLISHING.
46. Ulrich, K., & Eppinger, S. (2013). *Diseño y desarrollo de productos* . México : McGRAW-HILL.
47. Weber. (1984). *Matemática para administración y economía*. México: Editorial Hala.

5 ANEXOS

5.1 ANEXO I

Acuerdo de confidencialidad con la empresa participante

ACUERDO DE RESERVA DE INFORMACIÓN

La empresa PROALVA con razón social ALVAREZ RUIZ PABLO EDUARDO y RUC 1802068120001, a quien para efectos del presente instrumento se le denominará “LA EMPRESA, por una parte; y, por otra parte DANIELA RAQUEL CHANGO HINOJOSA, con cédula de ciudadanía número 1750117010, debidamente designado como practicante de (institución) ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL como parte de los requisitos de cumplimiento para sus estudios universitarios, a quien se le denominará como “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA”, convienen libre y voluntariamente en celebrar el presente Acuerdo Reserva de Información al tenor de las siguientes cláusulas:

CLÁUSULA PRIMERA: ANTECEDENTES. -

LA EMPRESA acepta colaborar con el trabajo de Investigación solicitada por estudiantes de la Escuela Politécnica Nacional relacionada a Procesos, ventas, demanda, producción, capacidad, costos de mano de obra, entre otros.

Durante la mencionada relación, las partes intercambiarán o crearán información que están interesadas en regular su confidencialidad y secreto mediante las siguientes condiciones que se detallan a continuación:

CLÁUSULA SEGUNDA: OBJETO. -

A través del presente instrumento “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” se obliga expresamente a mantener total y absoluta reserva sobre la información y/o documentación que se genere, conozca o maneje, dentro de las competencias y ámbito de su participación, de forma indefinida tras la finalización del presente Acuerdo.

El uso y custodia de la información y/o documentación reservada a la que tenga acceso “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” sobre los procesos de producción, información relacionada con Ventas, demanda de productos, formulaciones, clientes y otros será manejada de conformidad con lo dispuesto en la cláusula tercera del presente instrumento.

CLAUSULA TERCERA: ASPECTOS GENERALES DE USO Y CUSTODIA DE DOCUMENTOS E INFORMACIÓN

1. Toda documentación e información que se maneje en el marco de las reuniones, procesos, datos que se generen, y se proporcionen al Servidor será de forma obligatoria no divulgada bajo cualquier forma a persona alguna sea natural o jurídica, pública o privada o de cualquier otra naturaleza, y a no utilizar para su propio beneficio o para beneficio de un tercero, toda la información generada será de EXCLUSIVIDAD de la EMPRESA.

2. El Servidor no podrá reproducir, modificar, hacer pública, divulgar o utilizar de cualquier forma conocida o por conocerse a terceros o para su propio beneficio, se mantendrá en absoluta reserva y, bajo ningún concepto, podrá ser transferida y divulgada a persona natural o jurídica alguna.

3. “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” harán sus mayores esfuerzos para que la información y/o documentación declarada como reservada, sea manejada con toda la cautela y medidas de seguridad.

4. “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” se obliga a utilizar la información y/o documentación dispuesta como reservada, únicamente para los fines para los que le haya sido proporcionada, esto es, en ejercicio de sus funciones, realizando la gestión que corresponda en absoluta reserva.

5. “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” deberá responder judicial y extrajudicialmente respecto de los perjuicios causados por la divulgación no autorizada de información y/o documentación reservada.

6. “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” se compromete a no emitir, fuera de su ámbito de trabajo, juicio de valor alguno, ni comentario de ninguna naturaleza, respecto de información verbal o documental que haya llegado a su conocimiento en razón de las funciones que ejerce en el marco del proceso de sus prácticas profesionales.

“EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” expresamente declara que se obliga a no revelar, difundir o hacer uso en beneficio propio o de terceros, la información y/o documentación reservada que le haya sido confiada.

CLÁUSULA QUINTA: SANCIONES. -

El incumplimiento de las obligaciones de uso y reserva de la información y documentación clasificada como reservada, de conformidad con lo establecido en la cláusula tercera, de este Acuerdo, “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” será objeto de las sanciones que impone la Ley ecuatoriana sobre la divulgación de información privilegiada; y por ello declara entender y conocer que de darse el caso, se pueden iniciar las acciones legales de las que la parte perjudicada se crea asistida, incluyendo la reclamación de daños y perjuicios y, la acción penal por haber incurrido en el delito de divulgación de secreto, tipificado y sancionado por el artículo 179 del Código Integral Penal.

CLÁUSULA SEXTA: DISPOSICIÓN GENERAL. -

La Empresa, “EL SERVIDOR” o “LA SERVIDORA” reconoce que la solución para cualquier incumplimiento de los términos de este Acuerdo se realizará en conformidad con la Ley, y se tendrá especial atención a las disposiciones establecidas en el Código Integral Penal y demás normativa civil, administrativa y tratados internacionales ratificados por el Ecuador;

EL SERVIDOR o “LA SERVIDORA” han sido informados del contenido y los efectos del presente instrumento.

Para constancia de lo acordado, las partes en forma libre y voluntaria declaran expresamente que aceptan y se ratifican en el contenido del presente Acuerdo, a cuyas estipulaciones se someten y firman para constancia de lo convenido en tres ejemplares de igual tenor y valor.

Quito, a los 29 días del mes Julio del 2022



Nombre: Daniela Raquel Chango Hinojosa

Nombre de la institución universitaria: Escuela Politécnica Nacional

Cedula: 1750117010

5.2 ANEXO II

Entrevista realizada a la Ing. Mayra Mena



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
FACULTAD DE CIENCIAS ADMINISTRATIVAS
INGENIERÍA DE LA PRODUCCIÓN
VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO: ENTREVISTA



OBJETIVO: Analizar la información obtenida mediante la entrevista realizada a la Ing. Mayra Mena, para tener un diagnóstico inicial o línea base de la situación de la empresa.

INSTRUCCIONES: Lea detenidamente cada una de las preguntas y responda.

GUÍA DE ENTREVISTA

1. ¿Cómo afectó la pandemia a las ventas de la empresa?

A pesar de que muchos negocios tuvieron pérdidas significativas durante la pandemia, no fue el caso de PROALVA, la empresa se mantuvo operando en los meses de pandemia para abastecer a los pedidos de sus clientes.

2. ¿Cómo planifican la producción en la empresa?

Se puede decir que la planificación es de manera empírica, debido a que se produce de acuerdo con los requerimientos de los clientes y a la estacionalidad de las frutas. Por la estacionalidad de la fruta es necesario abastecer lo más que se pueda, producir y mantener congelado el producto terminado hasta su distribución.

3. ¿Cuál es el método de gestión del sistema de almacenaje FIFO o LIFO?

Se usa el método FIFO (first-in, first-out, “primero en entrar, primero en salir”), porque es utilizado habitualmente para la gestión de productos perecederos con fecha de caducidad, en este caso alimentos. Para la distribución de pulpa de fruta congelada es necesario enviar primero los productos que primero entraron al cuarto frío de almacenaje.

4. ¿Cuánto dura la jornada laboral?

La jornada laboral es de 8 horas diarias.

5. ¿Cómo nació el emprendimiento?

PROALVA nace como un emprendimiento familiar en el año 2022. El propietario como ingeniero en alimentos y con experiencia en la industria de procesados, se enfocó en la producción y comercialización de pulpas de fruta inocuas y de primera de calidad.

6. ¿Tienen algún estudio de tiempos del proceso productivo?


No se tiene un estudio de tiempos de cada actividad del proceso productivo, pero el jefe de producción gracias a la experiencia sabe cómo organizar las actividades para completar la jornada laboral.

7. ¿Cómo adquieren la materia prima?

La fruta es la principal materia prima que se adquiere en la empresa. El jefe de producción se encarga de ir a mercados mayoristas y comprar la fruta que se necesite basándose en el precio, la estacionalidad y la cantidad a comprar. También hay proveedores que han trabajado algunos años con la empresa gracias a la calidad de la fruta y son ellos quienes van y entregan directamente en la planta.

5.3 ANEXO III

Estudio de tiempos aleatorios

 PROALVA	<i>Departamento</i>	<i>Nombre del producto</i>	<i>Orden N°</i>	1	<i>Código</i>	REG-EST-001
	<i>PRODUCCIÓN</i>	<i>Pulpa de maracuyá</i>	<i>Centro de costo</i>		<i>Fecha</i>	21/7/2022
	<i>Número del estudio</i>	<i>Código del producto</i>	<i>Cliente</i>		<i>Elaborado por</i>	<i>Analista de Procesos</i>
	1	K15012	<i>N° Página</i>	1	<i>Aprobado por</i>	<i>Gerencia de Producción</i>

N°	Elemento	Descripción de la actividad	Nombre del Operario	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Sacos de maracuyá	Recepción y pesaje de maracuyá	Operario 1	81,888	107,005	117,760	91,057	118,813	79,734	76,057	105,812	80,079	100,567	113,059	80,117	97,442
2	Sacos de maracuyá en pallets	Traslado de maracuyá por medio del ascensor hasta el equipo de lavado	Operario 2	16,897	24,700	17,142	15,786	26,878	21,002	30,429	19,918	16,595	23,800	23,861	26,785	20,307
3	Maracuyá	Lavado y enjuague de maracuyá	Operario 3 y 4	158,285	126,086	173,601	181,461	152,337	176,783	140,615	159,613	164,776	172,112	124,338	197,081	183,244
4	Maracuyá	Desinfectado de maracuyá	Operario 3 y 4	78,505	71,699	81,124	75,071	88,589	71,947	69,694	68,320	79,277	71,234	46,532	54,113	48,933
5	Maracuyá	Tranporte de maracuyá hasta la cortadora de cítricos	Operario 3 y 4	18,395	18,759	17,290	28,917	15,953	22,175	18,182	15,811	15,986	21,733	20,218	20,808	20,636
6	Maracuyá	Cortado de maracuyá	Operario 4	151,346	172,775	145,607	140,734	178,389	148,818	185,592	190,200	153,056	168,523	156,152	173,021	183,388
7	Pulpa de maracuyá	Pulpeado 1 de maracuyá en despulpadora	Operario 5	125,056	166,523	181,500	137,424	194,181	200,792	178,397	156,197	192,612	147,144	154,912	197,531	198,349
8	Pulpa de maracuyá	Pulpeado 2 o refinado de pulpa de maracuyá	Operario 5	91,142	83,368	76,887	98,891	79,387	79,648	100,454	92,349	90,117	60,744	84,436	73,730	71,447
9	Pulpa de maracuyá	Transporte por tuberías a marmita utilizando una bomba	Operario 5	13,458	14,046	14,211	15,878	9,254	14,253	11,591	15,474	10,646	10,816	15,905	8,468	15,307
10	Pulpa de fruta refinada, conservantes	Homogenización / pateurización en marmita	Operario 5	30,472	33,877	34,710	32,298	29,494	31,049	34,821	28,605	23,151	34,304	25,906	26,945	20,397
11	Pulpa de maracuyá	Transporte por tuberías a envasadora semiautomática y automática	Operario 5	7,624	15,571	10,289	11,453	12,055	9,152	13,894	13,613	7,531	13,144	8,515	9,785	13,359
12	Fundas de polipropileno 1 kg y pulpa	Envasado semiautomático en fundas 1kg de polipropileno	Operario 6	67,216	99,386	86,241	93,805	81,251	62,593	74,492	69,875	98,457	63,907	61,739	66,913	53,545
13	Fundas de polipropileno 100 g y pulpa	Envasado en máquina automática en fundas 100 g de polipropileno	Operario 6	54,549	31,248	40,586	47,646	41,148	30,357	44,991	36,675	44,476	30,222	54,939	40,979	42,746
14	Fundas con pulpa	Sellado en selladora semiautomática	Operario 7	24,104	21,228	26,801	27,353	16,940	29,093	17,739	21,080	27,222	24,713	27,689	18,496	17,905
15	Pulpa de maracuyá en sus diferentes presentaciones, canastas	Transporte de la pulpa de maracuyá utilizando canastas	Operario 6 y 7	15,440	15,099	13,899	12,353	13,375	20,621	13,331	11,233	13,189	15,892	20,622	17,015	19,992
16	Pulpa de maracuyá en sus presentaciones	Congelación en cámara de congelado	Operario 1	841,084	606,810	724,469	688,076	824,826	818,702	608,707	696,694	731,810	723,950	604,408	837,209	732,511
17	Pulpa de maracuyá en sus presentaciones	Almacenamiento final en cuarto frío hasta el despacho del producto	Operario 1													El producto final

14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	Tiempo observado (min)	Tiempo observado (h)
20,578	90,470	80,199	76,410	91,661	85,682	103,705	84,954	120,341	90,175	81,257	120,594	86,484	101,018	114,870	99,197	75,778	95,759	1,596
23,655	29,720	26,944	23,243	20,570	30,290	26,611	19,021	22,244	20,327	18,093	20,124	24,802	16,329	23,923	24,412	28,395	22,760	0,379
68,943	133,556	130,208	147,999	138,306	140,730	131,750	142,224	134,081	200,208	187,169	193,724	150,726	165,576	170,858	182,601	143,702	159,090	2,651
37,786	72,215	89,521	48,658	72,480	86,643	49,141	48,985	67,015	60,098	48,440	76,326	56,119	52,729	57,959	87,999	82,315	67,649	1,127
30,779	23,288	30,198	19,410	23,905	21,408	24,598	24,390	21,811	23,101	17,156	20,257	22,151	24,698	23,434	20,621	23,776	21,661	0,361
49,187	153,047	178,787	141,691	154,292	160,086	162,773	142,561	148,082	165,213	161,664	185,277	159,086	148,954	190,929	181,634	171,563	163,414	2,724
39,348	148,409	133,029	180,373	163,008	139,000	167,304	160,376	158,552	199,218	130,192	129,310	149,628	185,172	129,033	145,183	195,125	162,763	2,713
39,369	77,284	95,155	80,251	79,451	92,366	66,357	62,019	98,005	86,713	74,267	96,662	82,323	74,055	90,385	64,312	96,118	82,256	1,371
12,197	8,448	8,127	11,552	9,838	13,515	11,830	12,889	14,648	11,126	13,804	8,081	14,089	8,964	12,952	9,250	15,328	12,198	0,203
24,184	22,954	35,416	31,052	31,635	26,240	24,137	21,429	27,693	23,078	23,689	35,908	32,995	27,494	32,745	24,382	23,697	28,492	0,475
14,551	10,642	10,075	8,115	9,535	8,742	11,253	8,526	7,409	7,948	13,626	12,915	14,660	12,369	12,583	15,936	10,915	11,193	0,187
56,687	75,132	69,520	54,058	52,806	75,772	76,794	86,062	97,520	70,201	98,663	49,991	43,343	78,264	67,391	74,497	90,372	73,217	1,220
11,525	34,456	38,470	48,854	60,636	36,529	50,160	34,599	60,005	57,804	44,122	60,992	57,219	44,153	54,121	49,297	37,025	45,018	0,750
15,397	23,931	25,770	30,845	18,401	16,917	15,225	23,099	22,645	21,221	27,561	24,465	21,964	17,032	29,984	22,234	15,144	22,407	0,373
11,731	11,667	20,677	15,024	20,887	18,377	11,519	19,421	17,633	18,026	16,883	14,445	18,002	13,126	17,497	13,260	13,234	15,782	0,263
34,093	718,358	634,323	876,838	640,307	832,847	811,693	860,108	680,910	719,374	726,343	865,100	707,561	648,207	740,312	609,165	803,790	738,286	12,305
mantiene congelado en el cuarto frío hasta su distribución final																		
TOTAL																		
1721.944																		
28,699																		

Fuente: Elaboración propia en base a los tiempos empíricos

5.4 ANEXO IV

Ventas por producto

Cantidad Item	Unidad	Año	Mes	Día	NOMBRE	Código Sabor	Nombre Sabor	GRUPO O CLASIFICACION	SUB CLASIFICACION
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAMARINDO 100g	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA GUAYABA 100g	7	GUAYABA	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MORA 100g	16	MORA	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MIX TROPICAL 100g	15	MIX TROPICAL	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJILLA 100g	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	100g
90	UNIDAD	2021	12	01	PULPA COCO 100g	3	COCO	Pulpa de fruta	100g
1	UNIDAD	2021	12	01	PULPA DURAZNO 500g	4	DURAZNO	Pulpa de fruta	500g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA FRUTILLA 100g	5	FRUTILLA	Pulpa de fruta	100g
1	UNIDAD	2021	12	01	PULPA GUANABANA 1kg	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	1kg
120	UNIDAD	2021	12	01	PULPA GUANABANA 100g	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	100g
40	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MANGO 100g	10	MANGO	Pulpa de fruta	100g
2	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MARACUYA 1kg	12	MARACUYA	Pulpa de fruta	1kg
60	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MARACUYA 100g	12	MARACUYA	Pulpa de fruta	100g
130	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MORA 100g	16	MORA	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJA 100g	17	NARANJA	Pulpa de fruta	100g
5	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJILLA 1kg	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	1kg
120	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJILLA 100g	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	100g
2	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAMARINDO 1kg	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	1kg
60	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAMARINDO 100g	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	100g
1	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAMARINDO 500g	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	500g
30	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TOMATE 100g	24	TOMATE	Pulpa de fruta	100g
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA ARAZA 1kg	1	ARAZA	Pulpa de fruta	1kg
6	UNIDAD	2021	12	01	PULPA BABACO 1kg	2	BABACO	Pulpa de fruta	1kg
8	UNIDAD	2021	12	01	PULPA COCO 1kg	3	COCO	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	01	PULPA FRUTILLA 1kg	5	FRUTILLA	Pulpa de fruta	1kg
11	UNIDAD	2021	12	01	PULPA GUANABANA 1kg	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	1kg
16	UNIDAD	2021	12	01	PULPA GUAYABA 1kg	7	GUAYABA	Pulpa de fruta	1kg
24	UNIDAD	2021	12	01	PULPA LIMON 1kg	8	LIMON	Pulpa de fruta	1kg
19	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MANGO 1kg	10	MANGO	Pulpa de fruta	1kg
7	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MANZANA 1kg	11	MANZANA	Pulpa de fruta	1kg
14	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MARACUYA 1kg	12	MARACUYA	Pulpa de fruta	1kg
4	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MELON 1kg	13	MELON	Pulpa de fruta	1kg
23	UNIDAD	2021	12	01	PULPA MORA 1kg	16	MORA	Pulpa de fruta	1kg
10	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJA 1kg	17	NARANJA	Pulpa de fruta	1kg
17	UNIDAD	2021	12	01	PULPA NARANJILLA 1kg	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	1kg
8	UNIDAD	2021	12	01	PULPA PAPAYA 1kg	19	PAPAYA	Pulpa de fruta	1kg
14	UNIDAD	2021	12	01	PULPA PIÑA 1kg	20	PIÑA	Pulpa de fruta	1kg
9	UNIDAD	2021	12	01	PULPA SANDIA 1kg	21	SANDIA	Pulpa de fruta	1kg
17	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAMARINDO 1kg	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	1kg
14	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TAXO 1kg	23	TAXO	Pulpa de fruta	1kg
13	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TOMATE 1kg	24	TOMATE	Pulpa de fruta	1kg
9	UNIDAD	2021	12	01	PULPA TORONJA 1kg	25	TORONJA	Pulpa de fruta	1kg
8	UNIDAD	2021	12	02	PULPA ARAZA 1kg Happy	1	ARAZA	Pulpa de fruta	1kg
25	UNIDAD	2021	12	02	PULPA COCO 1kg Happy	3	COCO	Pulpa de fruta	1kg
40	UNIDAD	2021	12	02	PULPA FRUTILLA 1kg Happy	5	FRUTILLA	Pulpa de fruta	1kg
40	UNIDAD	2021	12	02	PULPA GUANABANA 1kg Happy	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	1kg
35	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MANGO 1kg Happy	10	MANGO	Pulpa de fruta	1kg
35	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MARACUYA 1kg Happy	12	MARACUYA	Pulpa de fruta	1kg
60	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MORA 1kg Happy	16	MORA	Pulpa de fruta	1kg
25	UNIDAD	2021	12	02	PULPA NARANJILLA 1kg Happy	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	1kg
20	UNIDAD	2021	12	02	PULPA TAXO 1kg Happy	23	TAXO	Pulpa de fruta	1kg
4	UNIDAD	2021	12	02	PULPA COCO 1kg Happy	3	COCO	Pulpa de fruta	1kg
4	UNIDAD	2021	12	02	PULPA GUANABANA 1kg Happy	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	1kg
2	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MARACUYA 1kg Happy	12	MARACUYA	Pulpa de fruta	1kg
3	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MORA 1kg Happy	16	MORA	Pulpa de fruta	1kg
2	UNIDAD	2021	12	02	PULPA NARANJILLA 1kg Happy	18	NARANJILLA	Pulpa de fruta	1kg
3	UNIDAD	2021	12	02	PULPA TAMARINDO 1kg Happy	22	TAMARINDO	Pulpa de fruta	1kg
2	UNIDAD	2021	12	02	PULPA TOMATE 1kg Happy	24	TOMATE	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA ARAZA 1kg Happy	1	ARAZA	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA BABACO 1kg Happy	2	BABACO	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA FRUTILLA 1kg Happy	5	FRUTILLA	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA GUANABANA 1kg Happy	6	GUANABANA	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA GUAYABA 1kg Happy	7	GUAYABA	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MANGO 1kg Happy	10	MANGO	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MANZANA 1kg Happy	11	MANZANA	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA MELON 1kg Happy	13	MELON	Pulpa de fruta	1kg
15	UNIDAD	2021	12	02	PULPA PAPAYA 1kg Happy	19	PAPAYA	Pulpa de fruta	1kg

Fuente: Datos emitidos por la organización

5.5 ANEXO V

Procedimiento de elaboración de pulpa congelada de maracuyá:

1. **Recepción y pesaje de materia Prima:** en esta actividad se recibe la materia prima requerida (fruta), de acuerdo con las especificaciones de la empresa. Es necesario observar que la fruta se encuentre en buenas condiciones, después de recibir la fruta es necesario pesar la cantidad que ingresa y registrarla.



Figura 47: Recepción y pesaje de materia prima (fruta)

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

2. **Traslado de fruta para la producción:** la fruta que está en pallets es trasladada mediante un montacargas manual al ascensor, es importante destacar que el ascensor únicamente sirve para la fruta, ningún operario puede trasladarse con este medio.



Figura 48: Ascensor para trasladar fruta

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

3. **Lavado y desinfección:** es indispensable disponer de agua potable para iniciar el lavado de las frutas, el objetivo es retirar la tierra que contiene la corteza de las frutas, en este paso se usa DM-500 en H₂O (detergente concentrado con alta formación de espuma). Después es necesario usar ácido peracético para desinfectar y eliminar microorganismos. Las dos sustancias químicas que se emplean en estas actividades deben estar supervisadas para controlar la concentración.



Figura 49: Lavado y desinfección de fruta

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

4. **Corte:** algunas frutas deben ser cortadas para sacar la masa interior, en la empresa se dispone de una cortadora para cítricos en donde es se corta la fruta ya desinfectada.



Figura 50: Proceso de corte de maracuyá

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

5. **Exprimido:** después de realizar el corte es necesario sacar toda la masa que se encuentra dentro de la fruta, en este caso se dispone de una maquina exprimidora de cítricos.



Figura 51: Proceso de exprimido de maracuyá

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

6. **Pulpeado:** la empresa dispone de una maquina pulpeadora que se encarga de separar la pulpa de semillas y fibra. En la empresa generalmente se realiza dos pulpeados para que la pulpa de la fruta sea muy refinada.

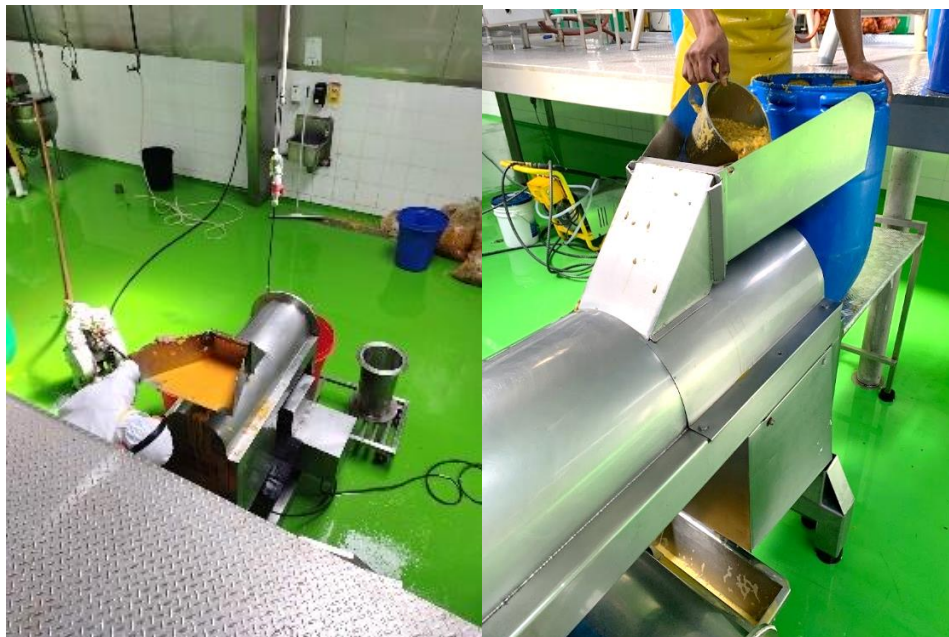




Figura 52: Proceso de Pulpeado de fruta

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

- 7. Pasteurizado:** la pulpa de fruta se calienta a temperaturas que provoquen la destrucción de microorganismos patógenos, en este caso se tiene que calentar a temperaturas mayores a 90°C, este tratamiento térmico se aplica para aumentar la vida útil del producto. La empresa dispone de dos marmitas para realizar este proceso.



Figura 53: Proceso de homogenización y pasteurización de la pulpa

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

8. **Envasado y codificado:** se da por terminado el ciclo productivo, para esta fase es necesario usar fundas de polipropileno con estándares alimenticios, se pesa el producto verificando el peso neto de cada presentación (1 kg, 500 g, 100g). Para codificar el producto se verifica el lote de producción, la fecha de elaboración, fecha de vencimiento y precio de venta.



Figura 54: Envasado de pulpa

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

9. **Congelamiento:** para esta fase se tiene una cámara de congelamiento en donde el producto terminado debe permanecer al menos 12 horas.
10. **Almacenamiento:** el producto terminado es almacenado en jabas limpias ordenadas en el cuarto frío, en donde se espera para su distribución.



Figura 55: Almacenamiento de pulpa de fruta en cuarto frío

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

11. **Comercialización y despacho:** los pedidos son enviados y aprobados desde el área administrativa hasta el área de despacho, en donde se prepara el pedido y en algunos casos el propio cliente lo retira de la planta o se le envía mediante el transporte de la empresa.



Figura 56: Despacho de pedidos

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

12. **Desecho:** para una buena gestión ambiental es necesario un área de desechos. Los desechos se gestionan de diferentes maneras, en algunos casos son enviados a personas que usan los desperdicios para alimentar a sus animales o se envía al camión de basura.



Figura 57: Área de desechos

Fuente: Fotografías tomadas en la planta productiva

Fuente: Elaboración propia en base al proceso productivo de pulpa de maracuyá

5.6 ANEXO VI

Datos de la producción de pulpa congelada de maracuyá

Período:		Dic2021-Jun2022		
Tipo de Movimiento:		INGRESO A BODEGA (Producción)		
Fecha	Producto	Cantidad	Unidad	
08/06/2022 9:08:	PULPA MARACUYA 100G	2.473,00	UNIDAD	
07/06/2022 8:31:	PULPA MARACUYA 1KG	623,00	UNIDAD	
07/06/2022 8:31:	PULPA MARACUYA 100G	240,00	UNIDAD	
02/06/2022 18:34:	SABOR MARACUYA	998,00	GRAMO	
25/05/2022 12:33:	PULPA MARACUYA 100G	1.982,00	UNIDAD	
25/05/2022 12:33:	PULPA MARACUYA 1KG	15,00	UNIDAD	
24/05/2022 7:49:	PULPA MARACUYA 1KG	300,00	UNIDAD	
19/05/2022 9:40:	PULPA MARACUYA 100G	631,00	UNIDAD	
18/05/2022 9:35:	PULPA MARACUYA 100G	616,00	UNIDAD	
17/05/2022 13:46:	PULPA MARACUYA 100G	1.494,00	UNIDAD	
16/05/2022 21:22:	PULPA MARACUYA 100G	142,00	UNIDAD	
16/05/2022 21:22:	PULPA MARACUYA 1KG	7,00	UNIDAD	
16/05/2022 8:51:	PULPA MARACUYA 100G	100,00	UNIDAD	
16/05/2022 8:51:	PULPA MARACUYA 1KG	400,00	UNIDAD	
13/05/2022 15:23:	PULPA MARACUYA 1KG	40,00	UNIDAD	
12/05/2022 9:32:	PULPA MARACUYA 1KG	63,00	UNIDAD	
10/05/2022 8:46:	PULPA MARACUYA 1KG	80,00	UNIDAD	
10/05/2022 8:46:	PULPA MARACUYA 100G	477,00	UNIDAD	
26/04/2022 9:14:	PULPA MARACUYA 1KG	119,00	UNIDAD	
21/04/2022 7:08:	PULPA MARACUYA 100G	1.620,00	UNIDAD	
20/04/2022 7:40:	PULPA MARACUYA 1KG	327,00	UNIDAD	
14/04/2022 14:34:	PULPA MARACUYA 100G	1.620,00	UNIDAD	
13/04/2022 7:05:	PULPA MARACUYA 100G	621,00	UNIDAD	
12/04/2022 7:07:	PULPA MARACUYA 1KG	100,00	UNIDAD	
07/04/2022 15:22:	PULPA MARACUYA 100G	1.795,00	UNIDAD	
07/04/2022 7:11:	PULPA MARACUYA 1KG	201,00	UNIDAD	
04/04/2022 14:34:	PULPA MARACUYA 1KG	67,00	UNIDAD	
04/04/2022 14:34:	PULPA MARACUYA 100G	788,00	UNIDAD	
29/03/2022 7:17:	PULPA MARACUYA 100G	217,00	UNIDAD	
29/03/2022 7:17:	PULPA MARACUYA 1KG	90,00	UNIDAD	
28/03/2022 9:09:	PULPA MARACUYA 100G	1.052,00	UNIDAD	
28/03/2022 8:44:	PULPA MARACUYA 1KG	125,00	UNIDAD	
28/03/2022 8:39:	PULPA MARACUYA 100G	898,00	UNIDAD	
23/03/2022 12:38:	ABOR AROMCOLOR MARACUY.	10.000,00	GRAMO	
23/03/2022 7:07:	PULPA MARACUYA 1KG	199,00	UNIDAD	
23/03/2022 7:07:	PULPA MARACUYA 100G	316,00	UNIDAD	
22/03/2022 11:57:	ABOR AROMCOLOR MARACUY.	10,00	UNIDAD	
18/03/2022 10:54:	PULPA MARACUYA 1KG	40,00	UNIDAD	
18/03/2022 10:54:	PULPA MARACUYA 100G	300,00	UNIDAD	
18/03/2022 9:49:	ABOR AROMCOLOR MARACUY.	100,00	UNIDAD	
17/03/2022 11:29:	PULPA MARACUYA 100G	4.448,00	UNIDAD	
17/03/2022 11:29:	PULPA MARACUYA 1KG	719,00	UNIDAD	
16/03/2022 7:06:	PULPA MARACUYA 1KG	91,00	UNIDAD	
16/03/2022 7:06:	PULPA MARACUYA 100G	500,00	UNIDAD	
14/03/2022 7:29:	PULPA MARACUYA 1KG	91,00	UNIDAD	
14/03/2022 7:29:	PULPA MARACUYA 100G	108,00	UNIDAD	

Fuente: Datos emitidos por la organización

5.7 ANEXO VII

Validación superficial del proceso productivo con el jefe de producción y propietario de PROALVA

Fecha de la visita a la empresa: Quito, 14 de julio del 2022

Primero, para entrar a la planta productiva se siguieron todos los parámetros de calidad que implican ingresar a una planta procesadora de alimentos. Fue necesario que la vestimenta esté adecuada a la ocasión, en este caso se usó correctamente: botas, mandil y cofia.

Después, se hizo un recorrido total por toda la planta y se pudo observar el proceso productivo, el funcionamiento de las maquinas y como se desenvuelven los operarios al momento de fabricar las pulpas de frutas.

Más tarde, nos reunimos con el jefe de producción y propietario de la empresa PROALVA, el cual nos facilitó un diagrama del proceso de elaboración de pulpa de maracuyá. Principalmente, el proceso se compone de: recepción y pesaje de materia prima, lavado y enjuague, desinfección, cortado, dos despulpados, homogenización o pasteurización, empaçado, congelado y almacenado.

Finalmente, después de analizar en conjunto el proceso productivo se encontró demoras en el proceso de lavado, enjuague y desinfección del maracuyá, debido a que esta actividad se demora desde las 7:00 AM -12:00 PM, dando como resultado 4 horas de la jornada laboral, debido a que el proceso es completamente manual y dos operarios deben encargarse de colocar jabas de maracuyá en los tanques con agua e ir moviendo las mismas para eliminar impurezas.

Es un proceso muy largo que implica recursos de tiempo, mano de obra y demoras en el proceso productivo, mencionó el jefe de producción.

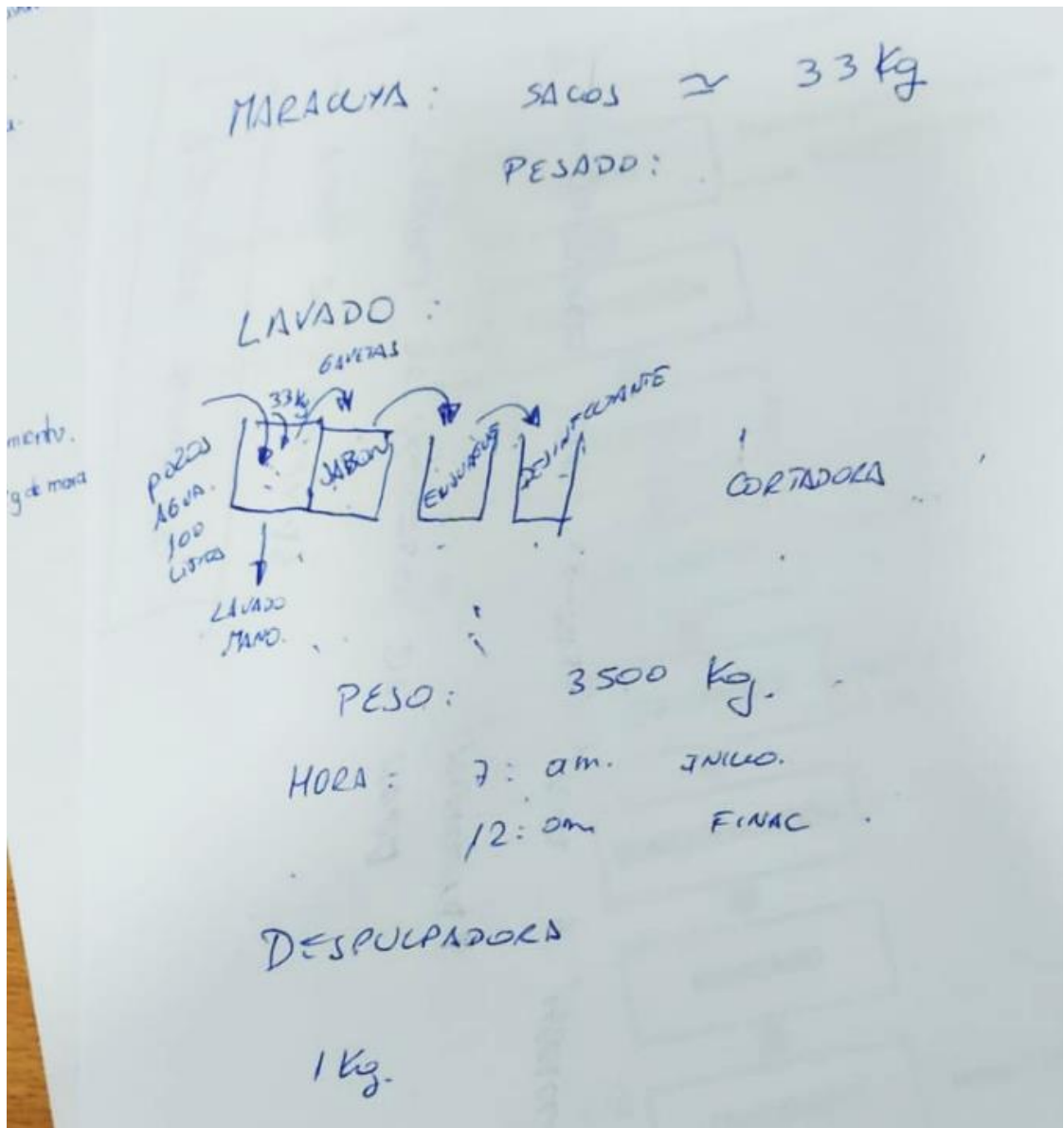


Figura 58: Foto del proceso de lavado y desinfectado de maracuyá

Fuente: Elaboración propia

5.8 ANEXO VIII

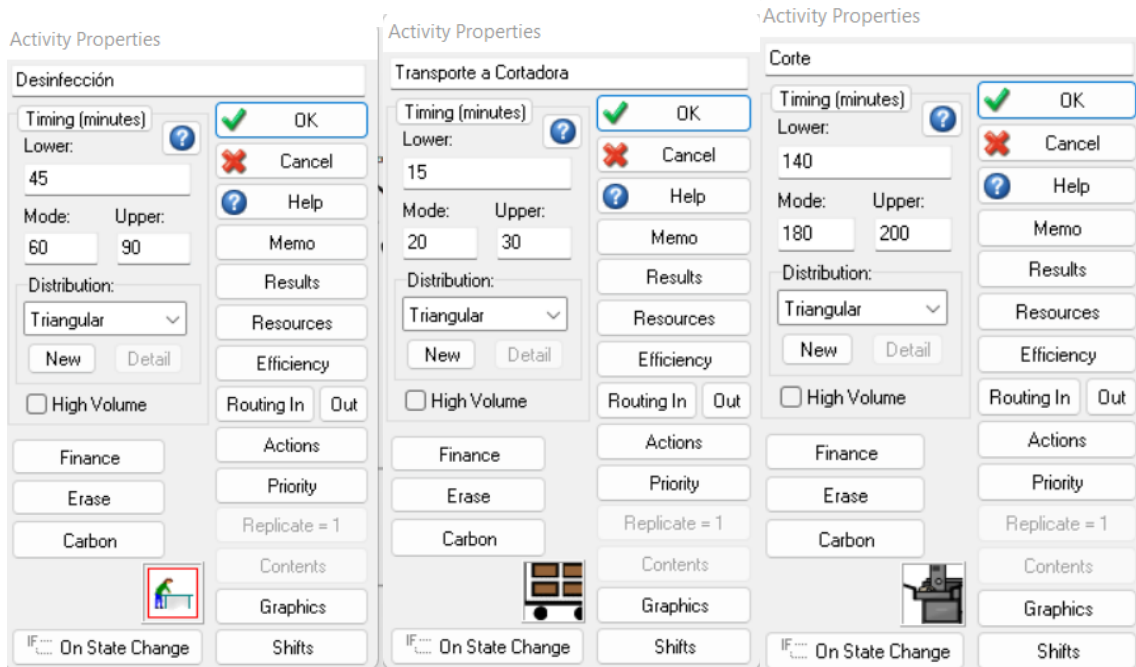
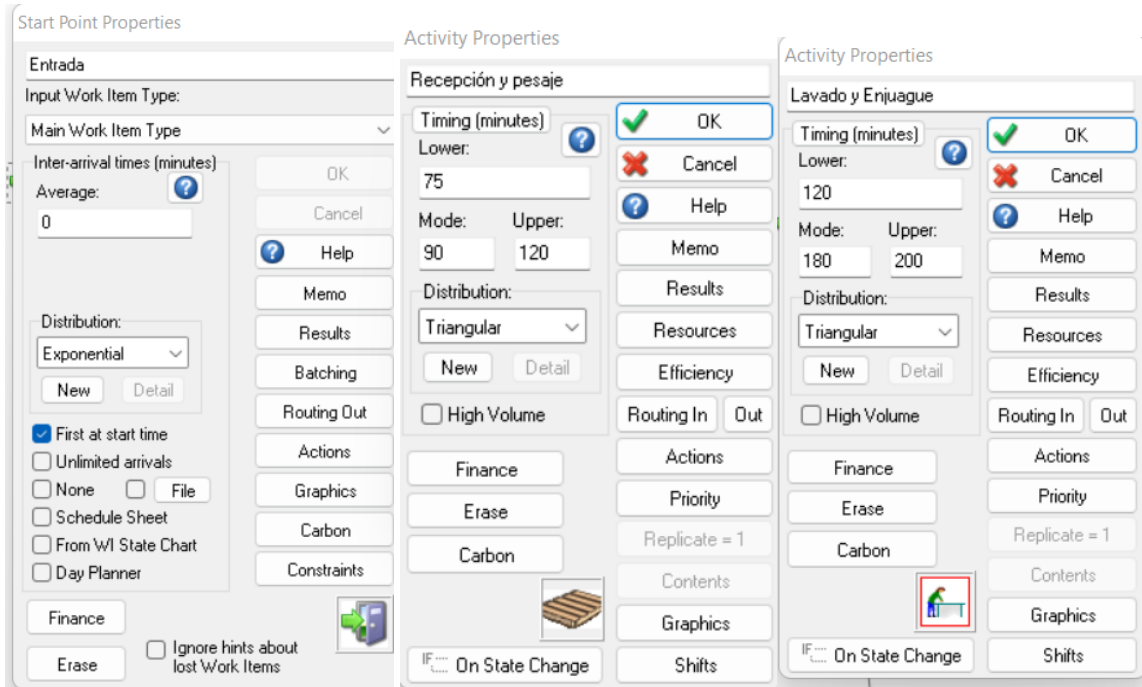
Evidencia de visita en la empresa PROALVA



Fuente: Elaboración propia. Fotografía tomada en el celular REDMI NOTE 9S

5.9 ANEXO IX

SIMUL8 distribuciones de las actividades del modelo actual



Activity Properties

Pulpeado 1

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change

Activity Properties

Pulpeado 2

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change

Activity Properties

Transporte Bomba

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change

Activity Properties

Homogenización Pauterización

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change

Activity Properties

Envasadora Manual

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change

Activity Properties

Transporte por tuberías

Timing (minutes) OK
 Cancel
 Help

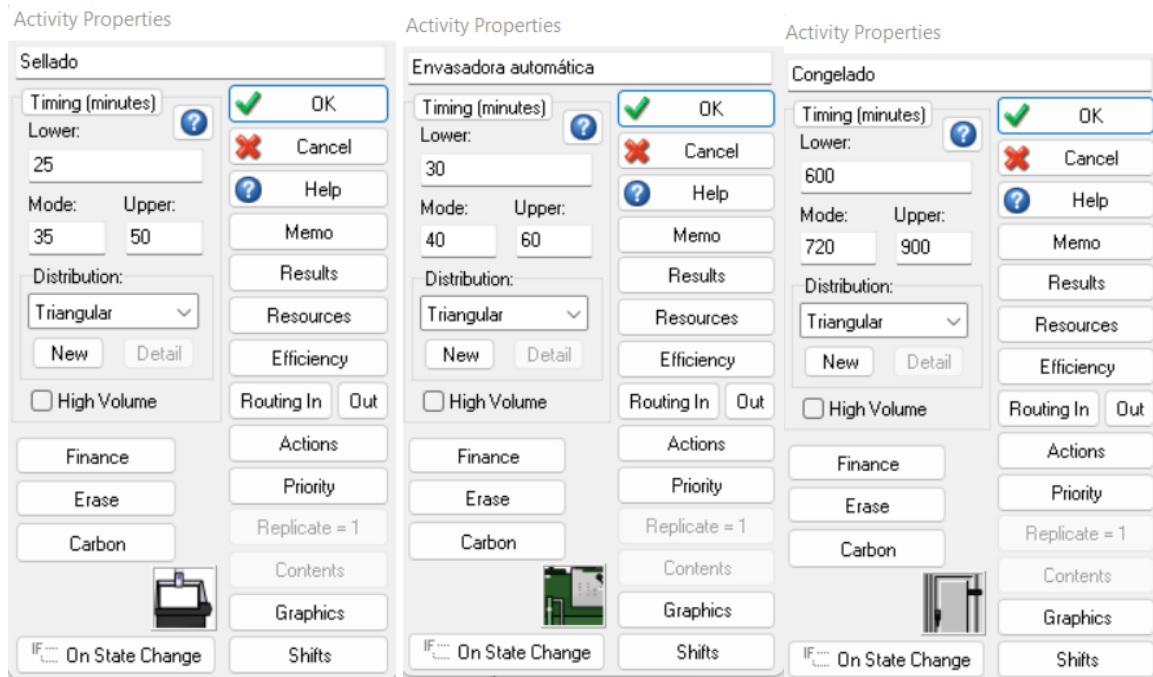
Lower:

Mode: Upper:

Distribution:

High Volume

On State Change



Fuente: Elaboración propia en SIMUL 8

5.10 ANEXO X

Resultados de la entrevista

Pregunta 1: ¿Cómo afectó la pandemia a las ventas de la empresa?

PROALVA se mantuvo operando en los meses de pandemia para abastecer a los pedidos de sus clientes frecuentes.

Pregunta 2: ¿Cómo planifican la producción en la empresa?

La planificación es de manera empírica, debido a que se produce bajo pedido.

Pregunta 3: ¿Cuál es el método de gestión del sistema de almacenaje FIFO o LIFO?

Se usa el método FIFO para la gestión de productos perecederos con fecha de caducidad.

Pregunta 4: ¿Cuánto dura la jornada laboral?

La jornada laboral es de 8 horas diarias.

Pregunta 5: ¿Cómo nació el emprendimiento?

PROALVA nace como un emprendimiento familiar y por la carrera de formación de los propietarios.

Pregunta 6: ¿Tienen algún estudio de tiempos del proceso productivo?

No se tiene un estudio de tiempos.

Pregunta 7: ¿Cómo adquieren la materia prima?

Diferentes proveedores dependiendo del precio que ofrecen.

5.11 ANEXO XI

Resultados del pronóstico de la demanda

En la **Tabla 35**, se puede observar el pronóstico de la demanda de pulpa de fruta en presentación de 100 g, para 6 periodos siguientes.

Tabla 44: Pronóstico de la demanda de pulpa de fruta congelada de 100 g

PRONÓSTICO					
1	2	3	4	5	6
41147,24	43125,08	45102,92	47080,77	49058,61	51036,45

Fuente: Elaboración propia

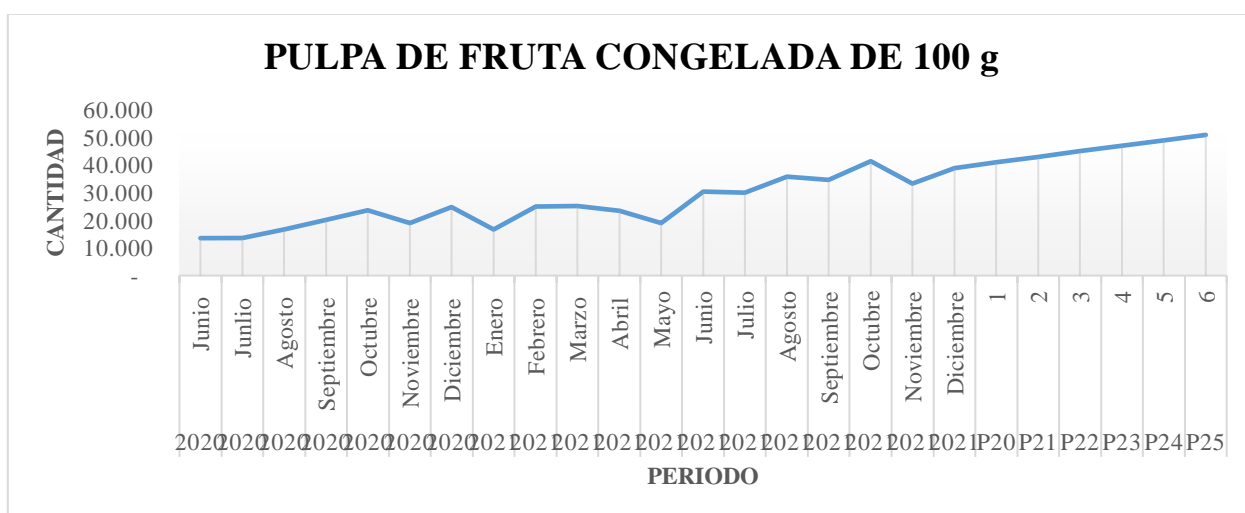


Figura 59: Datos históricos y pronóstico de la demanda de pulpa de fruta de 100 g

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se tomó como base datos históricos del año 2020 y 2021, en la **Figura 38** se puede observar que en este periodo las ventas de pulpa de fruta de presentación de 100 g fueron aumentando, mejorando así la rotación de esta presentación. Al ser una presentación pequeña se acopla a las necesidades personales de cada cliente y es una manera innovadora de adquirir diferentes sabores de fruta. El pronóstico sigue una tendencia creciente con un modelo de suavizamiento exponencial doble escogido por el software en base a los datos históricos. Dando como resultado una previsión positiva para esta presentación.

En la **Tabla 36**, se puede observar el pronóstico de la demanda de pulpa de fruta en presentación de 1 kg, para 6 periodos siguientes

Tabla 45: Pronóstico de la demanda de pulpa de fruta congelada de 1 kg

PRONÓSTICO					
1	2	3	4	5	6
21931,88	21931,88	21931,88	21931,88	21931,88	21931,88

Fuente: Elaboración propia

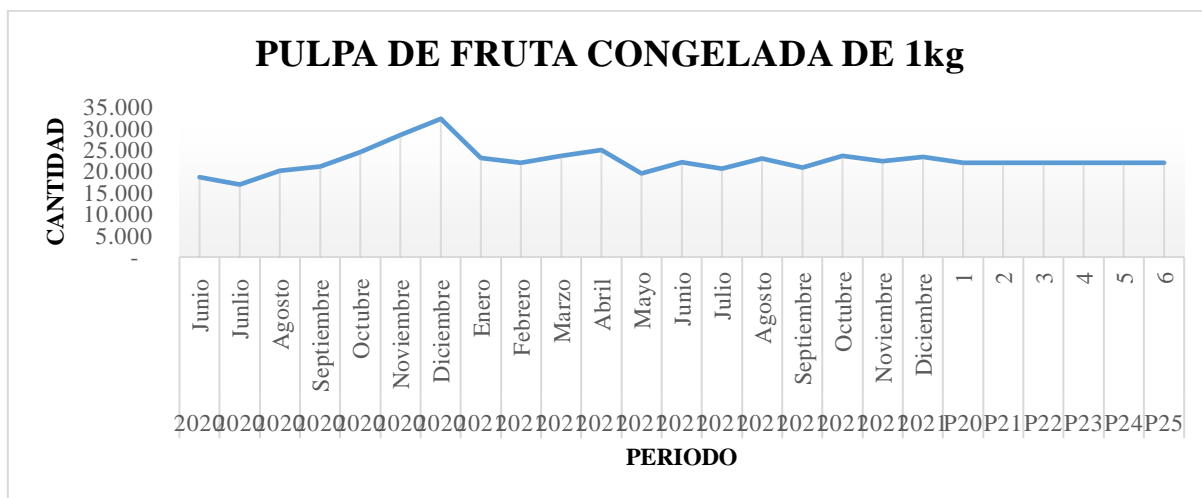


Figura 60: Datos históricos y pronóstico de la demanda de pulpa de fruta de 1 kg

Fuente: Elaboración propia

Interpretación: Se tomó como base datos históricos del año 2020 y 2021, en la **Figura 39** se puede observar que en este periodo las ventas de pulpa de fruta de presentación de 1 kg tuvieron un pico alto en el último mes del año 2020, pero desde el año 2021 las ventas mantienen cierta constancia, la rotación del producto es regular de un periodo a otro. Al ser una presentación grande se acopla a las necesidades de clientes que tengan esa capacidad de producción estándar, por ejemplo, un restaurante que maneje grandes volúmenes de comensales y se disponga de un solo sabor de jugo diario. El pronóstico sigue una tendencia constante con un modelo de promedio móvil simple escogido por el software en base a los datos históricos. Dando como resultado una previsión constante y regular para esta presentación.